

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

1/2 2021

12+

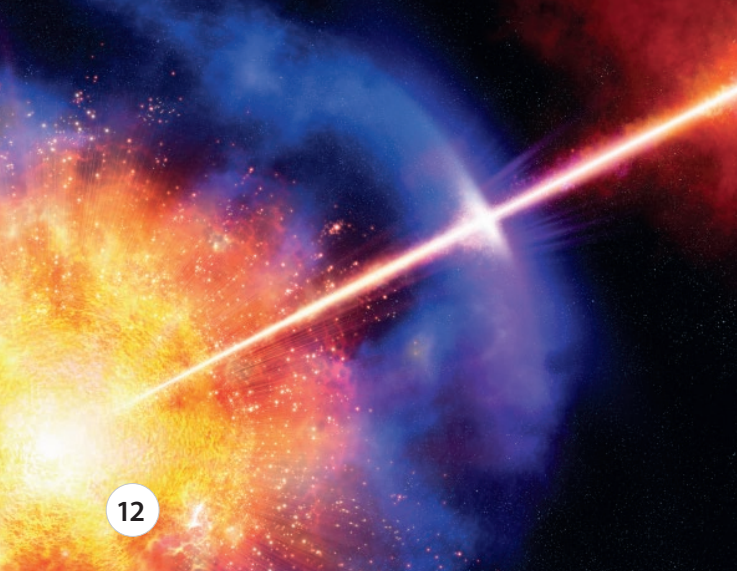
ТРАНСПЛАНТАТЫ РУК // ITER: НАЧАЛО // ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ФОРТОВА

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СВЕРХНОВЫЕ

Странные звездные вспышки бросают
вызов нашим представлениям
о жизни и гибели светил

С НОВЫМ ГОДОМ!





12



4

СОДЕРЖАНИЕ

Январь/февраль 2021

Темы номера

IN MEMORIAM

«Истинно велики те, чье сердце бьется для всех»

29 ноября 2020 г. ушел из жизни наш главный редактор, выдающийся ученый, экс-президент РАН академик **Владимир Фортов**

АСТРОНОМИЯ

Взрывы на самом краю

Анна Хо

Большинство звезд умирают предсказуемым путем, однако астрономы обнаружили растущее число необычных сверхновых, ставящих под сомнение общепринятую картину

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ

Лучшая десятка технологий 2020 года 22

Эксперты выделяют достижения, способные совершить революцию в промышленности и здравоохранении и изменить общество

ФИЗИКА

«Между поэзией и наукой нет противоречия» 40

Янина Хужина

Один из самых цитируемых российских ученых академик **Владимир Захаров** — о созданном им новом разделе физики, сходстве поэзии и математики, гениях в науке и научных проблемах, ждущих решения

4



КОСМОНАВТИКА

«Космос снился мне много лет» 48

Наталья Лескова

Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза **Владимир Джанибеков** — о проблемах космической науки и будущем космонавтики

12



ХРОНОЛОГИЯ

Год на год не приходится 56

Валерий Чумаков

Наш сегодняшний григорианский календарь значительно точнее своих прародителей, однако не очень удобен, поэтому уже скоро мы, возможно, будем жить по новому летоисчислению



48



94



КОСМОС

Орбитальная агрессия

Энн Финкбайнер

Как решить проблему уязвимости спутников?

НЕЙРОНАУКИ

Новые связи

Скотт Фрей

Что мы узнаем о мозге благодаря трансплантации рук

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Расстройство мозга и психики

Дайана Квон

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

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ

Противостоять дезинформации

Мы часто страдаем от воздействия нашей информационной среды. Что могло бы сделать общество менее уязвимым?

СОЦИАЛЬНЫЕ МЕДИА

Цена бесплатной информации

Филиппо Менцер и Томас Хиллс

Необходимо понять, как алгоритмы и манипуляционные технологии используют наши когнитивные искажения и предубеждения: только так можно их победить

СОЦИОЛОГИЯ

62 Забытая пандемия

126

Скотт Хершбергер

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

74 АРХЕОЛОГИЯ

Древние эпидемии, изменившие мир

132

Джеймс Клоуз

Исследование ДНК бактерий и вирусов, выделенной из останков людей далекого прошлого, свидетельствует о влиянии патогенов на судьбы империй и целых цивилизаций

ФИЗИКА

Мечты о синтезе

140

Клара Московиц

Началась сборка ITER — самого большого в мире термоядерного реактора

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Сколько должен стоить CO₂?

150

Гилберт Меткалф

Сочетание математики и верной политики поможет определить адекватный налог для снижения выбросов CO₂

Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

39, 160



В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ



Сибирское отделение РАН



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



ВЛАДИМИР ЕВГЕНЬЕВИЧ ФОРТОВ (23.01.1946 — 29.11.2020) —
главный редактор журнала «В мире науки» с 2012 г. по 2020 г.,
советский и российский физик, академик,
президент Российской академии наук с 2013 г. по 2017 г.

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство
распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортвов

Главный научный консультант:

президент РАН акад. А.М. Сергеев

Ответственный секретарь:

О.Л. Беленицкая

Шеф-редактор иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

Выпускающий 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:

З.Х. Мусина

Научные консультанты:

акад. В.Е. Захаров; д.ф.-м.н. В.Г. Сурдин

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, А.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова, А.И. Прокопенко, В.И. Сидорова,
Д.С. Хованский, Я.Р. Хужина, Н.Н. Шафрановская, А.В. Щеглов

Дизайнер:

Д.А. Гранков

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

М.А. Янушкевич

Фотографы:

Н.Н. Малахин, Н.А. Мохначев

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

В.Е. Фортвов

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.oaompk.ru, www.oaompk.pf, тел.: 8 (495) 745-84-28, 8 (4963) 82-06-85

Заказ № 0340

© 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.



Осознать реальность

Коронавирус унес жизнь нашего главного редактора, выдающегося физика академика Владимира Евгеньевича Фортова. О том, каким он был человеком и насколько велика эта утрата для нас и для всего научного сообщества, читайте в посвященном его памяти материале «Истинно велики те, чье сердце бьется для всех».

Многие эпидемии повлияли на ход истории, и ученые во всем мире тщательно их исследуют: извлекают у погибших генетический материал патогенов, чтобы выяснить, какие болезни вызвали наибольшее количество смертей, как микробы и вирусы распространялись по миру и т.д. Автор статьи «Древние эпидемии, изменившие мир» надеется, что изучение истории эпидемий минувших лет поможет нам понять пандемию COVID-19, которую удастся остановить только благодаря достижениям науки, мерам общественного здравоохранения и общему осознанию действительности.

Осознать действительность, понять, как устроен мир, — в конечном счете именно этим занимаются ученые, а задача научных журналистов — донести до людей результаты их исследований. Главная статья

этого номера посвящена новым открытиям в астрофизике. Большинство звезд умирают предсказуемым путем, однако астрономы обнаружили растущее число необычных сверхновых, которые ставят под сомнение общепринятую картину. Подробности — в материале «Взрывы на самом краю».

«Космос снился мне много лет» — так озаглавлено интервью с летчиком-космонавтом СССР В.А. Джанибековым, который летал в космос пять раз. В.А. Джанибеков рассказывает о том, зачем нужны полеты в космос, какими сверху видятся Земля и ее проблемы, какие научные исследования проводятся в космосе и т.д.

«Физика опять сталкивается с тем, что она не до конца понимает мироздание», — отмечает ученый и поэт академик В.Е. Захаров. Известный исследователь рассказал нашему корреспонденту о созданной им теории волн в нелинейных средах, о нерешенных научных проблемах, о сходстве поэзии и математики и обо многом другом. Читайте об этом в статье «Между поэзией и наукой нет противоречия». ■

Редакция журнала «В мире науки / Scientific American»

Дорогие друзья!

Наступил новый год. Хочется верить, что он принесет нам удачу, благоденствие и хорошие новости из мира науки. С Новым годом!



IN MEMORIAM

**« ИСТИННО ВЕЛИКИ ТЕ,
ЧЬЕ СЕРДЦЕ
БЬЕТСЯ
ДЛЯ ВСЕХ »**

**ПАМЯТИ
ВЛАДИМИРА ЕВГЕНЬЕВИЧА
ФОРТОВА**

1946—2020

29 ноября 2020 г. ушел из жизни наш главный редактор, выдающийся ученый, экс-президент Российской академии наук академик **Владимир Евгеньевич Фортов**.

23 января 2021 г. ему должно было исполниться 75 лет.

Мы много лет работали с Владимиром Евгеньевичем, видели его в самых разных ситуациях — на съемках в программе его близкого друга Сергея Петровича Капицы «Очевидное — невероятное», в его институте во время проведения экспериментального взрыва, помним, как В.Е. Фортов возглавил созданный С.П. Капицей журнал «В мире науки / *Scientific American*», фактически «подхватив знамя», как он стал президентом Российской академии наук — именно в тот момент, когда она нуждалась в защите, и он с честью это делал.

Во всех этих ситуациях восхищали его человеческие качества — доброта, благородство, скромность, истинная интеллигентность, его образованность, эрудиция, начитанность, владение словом, любовь к хорошей шутке. При этом мы всегда помнили, что перед нами всемирно известный ученый, для которого наука — главное и любимое занятие в жизни. Мы благодарны Владимиру Евгеньевичу Фортovu за уроки мужества, мудрости и доброты, которые он нам дал.

Владимир Евгеньевич любил вставлять в свои выступления и статьи высказывания великих людей. Мы нашли цитату, которая, на наш взгляд, очень точно отражает его суть: «Истинно велики те, чье сердце бьется для всех» (Ромен Роллан).

Редакция журнала «В мире науки /
Scientific American»

ВСПОМИНАЮТ КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ



**Владимир
Евгеньевич
Захаров,**

академик, профессор Скол-техе, профессор Арizonского университета (США), заведующий сектором математической физики в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН:

В нем было редкое сочетание крупного ученого, замечательного человека и друга. Очень отзывчивый, очень яркий человек, талантливый спортсмен — яхтсмен, теннисист. Однажды я ему позвонил по мобильному телефону. «Привет, — говорю, — Володя!» Он отвечает: «Привет! Знаешь, где я? Огибаю мыс Горн!» Уже во время учебы в Физтехе он стал мастером спорта по баскетболу и кандидатом в мастера по шахматам. Уникальная комбинация, и она характеризует широту этого человека, его талантов и способностей.



**Александр
Михайлович
Сергеев,**
президент РАН:

Владимир Евгеньевич в последние годы по своему весу и влиянию был лидером номер один в российской науке. Он был настоящим ее рыцарем, кристально чистым и близким к примеру идеала научной и человеческой нравственности. Владимир Евгеньевич завещал нам быть преданными идеалам науки. Я надеюсь, что в конце концов то, о чем он мечтал, о чем думал — и в науке, и в организации науки, — обязательно сбудется.



1



**Юрий
Юрьевич
Балега,**
вице-президент РАН:

Владимир Евгеньевич — человек широчайшего научного кругозора в области физики, техники и точных наук в целом. Он знал все, что происходит в мире в области физики и высоких энергий, написал великолепную монографию на эту тему. Его уход — величайшая потеря для физики. Без всякого преувеличения, он был крупнейшим физиком современности.



**Александр
Григорьевич
Чучалин,**
академик:

Меня в нем поражала его цельность. Она проявлялась абсолютно во всем. Он хранил свой семейный очаг и делал все, чтобы члены его семьи были счастливы. Владимир Евгеньевич очень много значил для нашей страны в области этики. Он представлял нашу страну в ЮНЕСКО, читал замечательные доклады по проблеме «Наука и этика». Из наших ученых, по всей видимости, он единственный, кто эту проблему так глубоко понимал.



2

1. Через Атлантику на яхте Yanosha, 2012 г.
2. У взрывной установки в ОИВТ РАН





**Талия
Ярулловна
Хабриева,**
академик, директор Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ:

Владимиру Евгеньевичу — ученому с мировым именем и яркому государственному деятелю — выпала судьба организатора научной жизни в самые сложные, даже переломные годы для отечественной науки. В.Е. Фортов был не из тех, кого страшили сложные задачи, поэтому он и был лидером научного сообщества. Он верил в потенциал РАН, в возможности эффективного выполнения ее исторической миссии. Я всегда буду помнить его душевную щедрость и деликатность — эти качества далеко не всегда сопровождают жизненный путь людей такого масштаба. А Владимир Евгеньевич был именно таким — личностью редких человеческих качеств.



1. С академиком Ж.И. Алферовым
2. С японским ученым Акирой Есино на Петербургском международном экономическом форуме, июнь 2013 г.
3. Вручение В.Е. Фортву Международной энергетической премии «Глобальная энергия» за 2013 г. Часть премии была передана фонду «Подари жизнь».
4. Со своей монографией «Физика высоких плотностей энергии»
5. Главный вопрос общего собрания — принятие нового устава РАН
6. С папой римским Иоанном Павлом II
7. Диплом почетного доктора Университета Тюбу (Япония), 2019 г.



**Александр
Леонидович
Асеев,**
академик:

Академик Владимир Евгеньевич Фортов — выдающийся и талантливый ученый, высокопорядочный человек с безупречной репутацией, известный всему миру. Он много сделал для науки, в том числе и на посту президента РАН. Он был одним из моих надежных друзей. К сожалению, был практически буквально растерзан реформаторами и ушел из жизни обидно рано. Его уход — большая трагедия. Светлая ему память.



**Сергей
Михайлович
Алдошин,**
академик, научный руководитель Института проблем химической физики РАН:

Какие бы посты Владимир Евгеньевич ни занимал, в пятницу он, как правило, приезжал в Черноголовку, встречался со своими учениками, обсуждал различные проблемы, очень интересовался жизнью института. Он был человеком очень тонкого ума, энциклопедических знаний, с отличным чувством юмора, много путешествовал. С ним было очень приятно и интересно беседовать.

Память о Владимире Евгеньевиче будет всегда жить в Черноголовке.





**Валерий
Анатольевич
Рубаков,**

академик, главный научный сотрудник отдела теоретической физики Института ядерных исследований РАН:

Он был замечательным человеком, потрясающе мощным и сильным — настоящая глыба! Когда речь шла о каких-то нападках на РАН, на российскую науку, Фортов стоял грудью, защищая своих; причем даже после того, как перестал быть президентом академии. Нам будет очень не хватать его мощи, его мудрости и понимания.



**Николай
Николаевич
Колачевский,**

член-корреспондент РАН, директор Физического института им. П.Н. Лебедева РАН:

Владимир Евгеньевич Фортов прожил большую, яркую и достойную жизнь. Ему удалось объехать почти весь свет на парусной яхте, побывать на Эвересте, опуститься под воды Байкала, побывать на Северном и Южном полюсах. Он сумел добиться впечатляющих успехов в науке, был руководителем интересных коллективов — ведь РАН была и остается интересным коллективом людей. Его авторитет в науке совершенно незыблем. Так было при его жизни, так будет и после...



**Олег
Федорович
Петров,**

академик, директор Объединенного института высоких температур РАН:

Он нес на себе колоссальный груз административной ответственности, организационной работы, но всегда оставался ученым. У него был необычайный и совершенно искренний интерес к науке, ко всему новому, что в ней возникает. Мы всегда будем благодарны нашему Владимиру Евгеньевичу за многолетнюю работу на благо института и отечественной науки.



**Эвелина
Закамская,
телеведущая:**

Я многое у него не спросила из того, что оставалось за кадром наших событийных, политических интервью.

В них Владимир Евгеньевич — дипломат и политик от науки, взвешенный, внимательный к словам, ведь тогда от него зависели будущее академии наук и исход лечения «реформами». Но с выключенным микрофоном — мгновенная перемена! Ему было интересно узнавать и рассказывать про все! Про то, как комета Шумейкеров — Леви столкнулась с Юпитером, как здорово спать в снегу в Антарктиде... Есть люди, которые творят историю. Владимир Евгеньевич, конечно, один из них, но его след останется в разных мирах, о которых мы все еще так мало знаем.

1. В.Е. Фортов, 1990-е гг.
2. С почетным секретарем Французской академии наук профессором Катрин Брешиньяк. Подписание совместного Обращения к научной общественности, 16 ноября 2016 г.
3. С профессором С.П. Капицей
4. С премьер-министром Д.А. Медведевым на общем собрании членов РАН, март 2015 г.
5. Президент Российской академии наук (2013–2017)
6. С телеведущей Эвелиной Закамской
7. Награды академика В.Е. Фортова



1



2



3



4



5



6



7



АСТРОНОМИЯ

ВЗРЫВЫ НА САМОМ КРАЮ

Большинство звезд умирают предсказуемым путем, однако астрономы обнаружили растущее число необычных сверхновых, которые ставят под сомнение общепринятую картину

Анна Хо

ОБ АВТОРЕ

Анна Хо (Anna Y.Q. Ho) — стипендиат Института фундаментальных исследований в науке им. Адольфа Миллера, ведет научную работу на факультете астрономии Калифорнийского университета в Беркли. Она изучает космические катастрофы, причина которых — взрывы массивных звезд.



9 сентября 2018 г. телескоп-робот во время рутинной процедуры сканирования ночного неба обнаружил нечто похожее на новую звезду. В течение нескольких следующих часов яркость «звезды» возросла в десять раз, и программа, написанная мною для выявления необычных событий в космосе, подала сигнал. В Калифорнии была ночь, я спала, но мои коллеги на другом конце света быстро отреагировали на полученное уведомление. 12 часов спустя мы получили достаточное количество дополнительных данных с телескопов на Земле и в космосе, чтобы подтвердить, что взорвалась звезда — сверхновая — в далекой галактике. Но это была не просто сверхновая.

Объединив данные с разных телескопов, мы пришли к выводу, что после того как звезда сияла миллионы лет, она совершила нечто удивительное и загадочное: внезапно извергла со своей поверхности слой газа, образовав вокруг себя кокон. Спустя примерно неделю звезда взорвалась. Продукты взрыва столкнулись с коконом, вызвав необычайно яркую и короткую вспышку света. Поскольку взрыв произошел в далекой галактике (свету потребовался почти 1 млрд лет, чтобы достичь Земли), он был слишком тусклым, чтобы его можно было увидеть невооруженным глазом, но достаточно ярким для наших обсерваторий. Путем ретроспективного поиска данных телескопа нам даже удалось обнаружить эту звезду в процессе разлета за две недели до того, как она взорвалась, когда ее яркость была в 100 раз меньше яркости самого взрыва.

Это было лишь одно из нескольких недавних открытий, которые показали нам, что звезды умирают удивительно по-разному. Иногда, например, фрагмент ядра звезды, оставшийся после взрыва сверхновой, сохраняет активность и после ее коллапса — он может испускать струю вещества, движущуюся с гиперрелятивистскими

скоростями, а сама релятивистская струя может вызвать взрыв звезды с энергией большей, чем у обычной сверхновой. Иногда в последние дни или годы жизни звезда выбрасывает значительную часть своего газа в серии сильнейших извержений. Судя по всему, такие крайние проявления смерти редки, но тот факт, что они вообще имеют место, говорит нам о том, что мы многого еще не понимаем в фундаментальных принципах того, как живут и умирают звезды.

В настоящее время мы с коллегами собираем коллекцию необычных звездных финалов, которые подвергают сомнению наши традиционные представления. Мы постепенно получаем возможность задавать фундаментальные вопросы и отвечать на них. Какие факторы определяют то, как умирает звезда? Почему одни звезды заканчивают свою жизнь извержениями или релятивистскими струями, а другие просто взрываются?

Новая звезда

История рождения, жизни и смерти звезды — это повествование о противоборствующих силах. Звезды образуются в межзвездных облаках газообразного водорода, когда силы гравитации притягивают

частицы облака друг к другу достаточно сильно, чтобы преодолеть препятствующее этому давление магнитных полей и движущихся с высокими скоростями частиц газа. Когда фрагмент облака сжимается, его плотность возрастает на 20 порядков и он нагревается до миллионов градусов — температур достаточно высоких, чтобы атомы водорода сталкивались и соединялись друг с другом, образуя гелий. Началась реакция синтеза, и новая звезда родилась.

Как и облако, звезда сама по себе поле битвы: сила тяжести стремится ее сжать, а вызванное ядерным синтезом давление препятствует этому. Характер эволюции звезды зависит от ее температуры, которая, в свою очередь, зависит от ее массы. Чем тяжелее звезда, тем тяжелее элементы, которые она может выковать, и тем быстрее она сжигает свое топливо. Самые легкие звезды превращают водород в гелий и на этом останавливаются — Солнцу более 4 млрд лет, и оно все еще сжигает свой водород. Жизненный цикл более массивных звезд намного короче, всего примерно 10 млн лет, но при этом они производят гораздо более длинную цепочку элементов: кислород, углерод, неон, азот, магний, кремний и даже железо.

От массы звезды зависит также и то, как она умрет. Легкие звезды — те, что в 10 раз меньше приблизительно восьмикратной массы Солнца, — умирают относительно мирно. После того как запасы ядерного топлива израсходованы, эти звезды выбрасывают свои внешние слои в космос, образуя красивые планетарные туманности и оставляя ядра обнаженными в виде белых карликов — горячих плотных объектов с массой примерно в половину солнечной и размером лишь слегка больше Земли.

Однако более массивные звезды из-за огромных температуры и давления в их ядрах ожидают неистовый финал. Примерно к тому времени, когда цепочка ядерных превращений внутри них доходит до железа, температура там становится настолько высокой, что все рушится: ядра атомов железа могут начать распадаться на более мелкие части. Цепочка реакций синтеза обрывается, и давление внутри звезды падает. Гравитация берет верх, и ядро сжимается до тех пор, пока составляющие его атомы не оказываются настолько близко друг к другу, что в действие вступают другие препятствующие дальнейшему сжатию силы — ядерные. На этом этапе ядро звезды превратилось в нейтронную звезду — экзотическое плотное состояние материи, главным образом

состоящей из нейтронов. Если масса звезды достаточно велика (скажем, в 20 раз больше массы Солнца), гравитация преодолевает даже ядерное взаимодействие и нейтронная звезда продолжит сжиматься и превратится в черную дыру. В любом случае часть энергии, высвобождаемой при коллапсе ядра, выбрасывает внешние слои звезды в космос, вызывая настолько яркий взрыв, что он на несколько дней затмевает все остальные звезды в галактике.

Люди наблюдали сверхновые невооруженным глазом на протяжении тысяч лет. В 1572 г. датский астроном Тихо Браге заметил новую звезду в созвездии Кассиопея. Она была столь же яркой, как Венера,

В прошлом веке астрономы начали использовать телескопы для поиска сверхновых за пределами Млечного Пути при помощи многократных наблюдений за одним и тем же набором галактик и поиска изменений, называемых транзиентами. Сегодня наши телескопы роботизированы и оснащены новейшими камерами, что позволяет нам ежегодно обнаруживать тысячи сверхновых

и оставалось такой же яркой в течение нескольких месяцев, прежде чем навсегда померкнуть. Он написал, что был настолько потрясен, что не верил собственным глазам. Сегодня отголоски взрыва — то, что от него осталось, — все еще видны и получили название Остаток сверхновой Тихо Браге.

Чтобы сверхновая была достаточно яркой, так что ее можно было бы увидеть невооруженным глазом, она должна находиться в Млечном Пути, как сверхновая Тихо Браге, или же в одной из ее галактик-спутников, а это случается редко. Возможно, при жизни мне не удастся увидеть сверхновую без телескопа, хотя я надеюсь на это.

Неожиданные сверхновые

Долгое время история смерти звезд представлялась простой: считалось, что жизнь и судьба звезды зависят исключительно от ее массы **А**. Но открытие в минувшем десятилетии и особенно в последние несколько лет странных сверхновых показало, что история эта намного сложнее. Иногда ядро умирающей звезды становится причиной выброса релятивистской струи или ветра, которые взрывают звезду с дополнительной энергией **В**. В других случаях звезды накануне финальной катастрофы сбрасывают вещество как знамение смерти, предвещающее надвигающийся взрыв **С**.

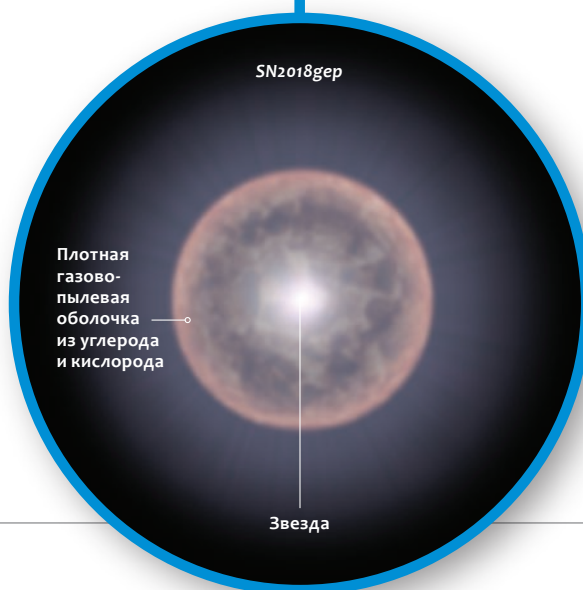
А Классическая модель

Традиционно считалось, что характер смерти звезды диктует ее масса. Разным диапазонам массы звезды соответствуют разные типы взрывов сверхновых, что приводит к различным конечным продуктам, остающимся после взрыва. Хотя в целом это так, но иногда процесс идет не обычным путем, и в результате мы видим разные финалы (показаны зелеными, оранжевыми, синими и желтыми кругами).



С Странность: знамения смерти

Астрономы обнаружили, что некоторые массивные звезды теряют значительную часть своей атмосферы в последние дни или недели жизни. Когда звезда наконец взрывается, продукты взрыва сталкиваются с недавно выброшенным веществом, рождая красочную картину. Почему одни звезды ведут себя таким образом, а другие нет, неизвестно. Возможно, это результат быстрого вращения или взаимодействия с другой звездой? Возможно, это происходит из-за изменений глубоко внутри звезды на последних стадиях ядерного горения? Один из примеров, основанный на недавно наблюдаемой сверхновой SN2018ger, показан здесь (обведено синим).



В Странность: взрывы, обусловленные внутренним механизмом

По-видимому, иногда труп умершей звезды — черная дыра или нейтронная звезда — остается активным и формирует механизм, испускающий мощную релятивистскую струю или звездный ветер. Скорее всего, это происходит, когда во время коллапса ядро звезды очень быстро вращается. Возможно, звезда быстро вращалась с самого начала или же набрала обороты за счет взаимодействия со второй звездой-спутником. Примеры взрывов в результате внешнего воздействия показаны здесь (обведены зеленым, оранжевым и желтым).



В прошлом веке астрономы начали использовать телескопы для поиска сверхновых за пределами Млечного Пути при помощи многократных наблюдений за одним и тем же набором галактик и поиска изменений, называемых переходными явлениями — транзиентами. Сегодня наши телескопы роботизированы и оснащены новейшими камерами, что позволяет нам ежегодно обнаруживать тысячи сверхновых.

Первым признаком того, что некоторые звезды умирают экстремальным образом, было открытие в 1960-х гг. гамма-всплесков (GRB), названных так из-за сопутствующих этому ярких вспышек гамма-излучения. Мы полагаем, что наблюдаем это явление, когда

**Не исключено, что
гамма-всплески
представляют собой те
редкие случаи, когда
релятивистские струи
проходят через свои
звезды, не слишком
замедлившись. Если бы
дело обстояло так, было
бы огромное количество
экстремальных
финалов звезд, которые
никогда бы не заметили
космические
гамма-телескопы**

массивная звезда коллапсирует в нейтронную звезду или в черную дыру, при этом новорожденный компактный объект испускает узкую струю вещества, которая успешно выходит из ядра сквозь то, что осталось от звезды, и по чистой случайности направлена в сторону Земли.

Что могло стать причиной такой струи? Основная идея в следующем. Когда у обычной звезды заканчивается топливо и она умирает, ее ядро схлопывается в нейтронную звезду или черную дыру, и это конец. Однако в случае гамма-всплеска «мертвец» остается активным. Может быть, нарождающаяся черная дыра поглощает массу

из диска окружающего вещества, высвобождая при этом энергию. Возможно также, что вновь образовавшаяся нейтронная звезда быстро вращается, а мощное магнитное поле действует как тормоз, высвобождая энергию по мере замедления вращения звезды. В любом случае этот механизм выбрасывает наружу энергию, которая, «сворачиваясь» в релятивистскую струю чрезвычайно горячей плазмы, выходит из центра звезды через падающее на нее вещество и сияет гамма-лучами.

Прохождение релятивистской струи через звезду приводит к тому, что она взрывается особого рода сверхновой, получившей название «тип Ic-BL», энергия взрыва которой в десять раз больше, чем у обычной сверхновой. Когда струя рассекает окружающие газ и пыль, она излучает во всем спектре электромагнитных волн; это явление называют «послесвечением». Его трудно заметить, поскольку хотя оно и в 1 тыс. раз ярче, чем типичная сверхновая, но в 100 раз более быстротечно: появляется и исчезает всего за несколько часов. Лучший способ попытаться обнаружить послесвечение — дожидаться, когда спутник зафиксирует гамма-всплеск, и сразу же направить телескоп на область всплеска, указанную спутником.

Однако, дожидаясь, пока спутник зарегистрирует гамма-всплеск, вы ограничиваете виды явлений, которые можете обнаружить. Для формирования гамма-всплеска необходимо, чтобы многое пошло именно так, а не иначе: нужно, чтобы образовалась релятивистская струя, нужно, чтобы она прошла через звезду, а также чтобы она была направлена на вас. На самом деле рождение гамма-всплесков кажется крайне маловероятным: гамма-фотоны, испускаемые релятивистской струей, не выйдут наружу, если скорость струи будет меньше 99,995% скорости света. Но чтобы достичь таких скоростей, струе необходимо каким-то образом пройти через звезду, не увлекая за собой звездное вещество. А что если большая часть релятивистских струй действительно замедляются звездой и мы видим только небольшую их часть, те, которые проходят сквозь нее неослабленными? Другими словами, не исключено, что гамма-всплески представляют собой те редкие случаи, когда релятивистские струи проходят через свои звезды, не слишком замедлившись. Если бы дело обстояло так, было бы огромное количество экстремальных финалов звезд, которые никогда бы не заметили космические гамма-телескопы.

Для своей диссертации я намеревалась найти послесвечение, не полагаясь на сигнал со спутника. Мой план состоял в том, чтобы использовать Установку для поиска транзиентов им. Фрица Цвикки, роботизированный телескоп Паломарской обсерватории в Калифорнии, чтобы сканировать небо в поисках необычайно скоротечных, необычайно ярких световых точек, а затем действовать оперативно. Когда в мае 2018 г. я представила план работы над своей диссертацией, мои научные руководители предупредили, что, скорее всего, я не найду то, что ищу. Они убеждали меня не делать поспешных шагов, потому что могут возникнуть новые пути исследования. Спустя месяц именно это и произошло. И через два года, когда я закончила учебу, моя диссертация выглядела совсем не так, как я предполагала.

Священная корова

Начиная свою работу, я написала программу для поиска небесных явлений, яркость которых изменяется быстрее, чем у обычных сверхновых. Каждый день я рассматривала от десяти до ста разных кандидатов и пришла к выводу, что ни один из них не был тем, что я искала. Однако время от времени я сталкивалась с чем-то таким, что заставляло меня задуматься.

В июне 2018 г. я увидела отчет с роботизированного телескопа *ATLAS*, в котором сообщалось о странном событии, получившем название *AT2018cow*. *AT* означало «астрономический транзиент» (префикс, автоматически присваиваемый всем новым транзиентам), 2018 — год открытия, *cow* — это уникальная строка букв. Через пару дней появились сообщения о сходстве между этим событием и гамма-всплесками, но самих гамма-всплесков обнаружено не было. «Ага, — подумала я, — вот оно!» Поскольку объект *AT2018cow* был таким ярким и находился так близко, он вызвал пристальный интерес во всем мире и астрономы вели наблюдение за ним во всем электромагнитном спектре. Я сразу же решила провести наблюдения *AT2018cow* с помощью радиотелескопа Антенная решетка субмиллиметрового диапазона на острове Гавайи.

Объект *AT2018cow* ошеломил практически всех. Он развивался абсолютно не так, как любой наблюдаемый ранее космический взрыв. Мы были похожи на людей из классической притчи, которые пытаются распознать слона в темноте: один ощупывает его хобот и говорит, что это водосточная

труба, другой ощупывает ухо и думает: это, должно быть, веер, а третий ощупывает ногу и говорит, что это дерево. Точно так же *AT2018cow* имеет общие характеристики с несколькими различными классами явлений, но составить полную картину было трудно.

Я и мои сотрудники проводили долгие дни и ночи, многократно просматривая наши данные, пытаюсь понять, как их объяснить. Некоторые из этих моментов — коллективное вычисление свойств ударной волны на классной доске; член нашей команды, бегущий по коридору и размахивающий листом бумаги с новыми результатами; а также ошарашенный взгляд коллеги, когда мы получили изумительные данные новых измерений, — остаются бесценными воспоминаниями о моей учебе в аспирантуре. В итоге мы пришли к выводу, что у объекта *AT2018cow* есть два важных компонента. Первое — механизм передачи энергии, как при гамма-всплеске, но работающий гораздо дольше: недели, а не дни, как в обычном случае; сияние рентгеновских лучей, исходящее из эпицентра взрыва, оставалось ярким гораздо дольше, чем ожидалось. Второе — по какой-то причине в момент взрыва звезда была окружена коконом из газа и пыли, масса которого составляла около одной тысячной массы Солнца. Свидетельства существования кокона, полученные нами, — косвенные: когда звезда взорвалась, мы увидели вспышку излучения в оптическом и радиодиапазонах, которая, по всей видимости, указывает на то, что продукты взрыва столкнулись с веществом, окружающим звезду. Такие коконы были замечены и при взрывах других типов, но мы не знаем, откуда они там берутся, — возможно, сама звезда выбрасывает вещество незадолго до взрыва.

Если теория верна, это первый случай, когда астрономы стали непосредственными свидетелями рождения компактного объекта вроде нейтронной звезды или черной дыры; большую часть времени «мертвец» полностью покрыт тем, что осталось от звезды. В случае *AT2018cow* мы полагаем, что действительно можем проследить события до компактного объекта, который породил это удивительно изменчивое и яркое рентгеновское излучение. Тем не менее у нас остается еще множество вопросов. Какого типа была взорвавшаяся звезда? Была ли источником энергии нейтронная звезда или черная дыра? Почему незадолго до взрыва звезда выбросила часть своего

вещества? Для дальнейшего продвижения вперед нам нужно было найти похожие события, поэтому я и мои коллеги решили попытаться найти еще одну *AT2018cow* с помощью Установки для поиска транзиентов им. Фрица Цвикки.

Три месяца спустя, 9 сентября 2018 г., я подумала, что мы нашли его — яркий быстроразвивающийся взрыв. Сначала он очень походил на *AT2018cow*. Однако не прошло и недели, когда стало ясно, что это сверхновая типа *Ic-BL*, источник гамма-всплесков. Ее имя было *SN2018ger*. Я была взволнована. Конечно, это не был еще один из объектов типа *AT2018cow*, зато у нас наконец-то появилось нечто, что выглядело как гамма-всплеск. За пять дней мы собрали подробные данные наблюдений во всем спектре электромагнитного излучения. Мы

**Наше открытие
указывает на то, что
на пороге смерти звезды
чаще выбрасывают газ,
чем мы считали ранее.
Это означает, что звезда
утратила значительную
часть своей атмосферы
в последние дни или
недели своей жизни,
после того как сияла
миллионы или даже
десятки миллионов лет**

изучали данные в поисках свидетельств существования релятивистской струи — но ничего не нашли. Вместо этого мы с коллегами снова пришли к выводу, что наблюдаем яркое, быстроразвивающееся оптическое излучение, вызванное столкновением продуктов взрыва с коконом из вещества.

Это стало сюрпризом. Хотя коконы были замечены вокруг звезд других типов, они обычно не наблюдаются у сверхновых — источников гамма-всплесков. Наше открытие означает, что на пороге смерти звезды чаще выбрасывают газ, чем мы считали ранее. Мы знаем, что газ был утрачен в последние моменты жизни звезды, потому что

во время взрыва он находился очень близко к звезде; если бы он был выброшен раньше, у него было бы время улететь подальше. Это означает, что звезда утратила значительную часть своей атмосферы в последние дни или недели своей жизни, после того как сияла миллионы или даже десятки миллионов лет. Таким образом, похоже, что сброс внешних слоев атмосферы знаменует смерть звезды.

И снова остались без ответа вопросы. Как широко эти предсмертные знаменья распространены среди звезд различных типов? Каков их физический механизм? Я поняла, что у меня появилось новое направление исследований — не только гамма-всплески и релятивистские струи, но и признаки, предупреждающие о скором взрыве массивных звезд. Не исключено даже, что эти разные явления связаны между собой.

И лишь за шесть месяцев до защиты диссертации я наконец обнаружила послесвечение гамма-всплеска. 28 января 2020 г. проводился обычный обзор кандидатов для дальнейшего изучения, когда я заметила нечто многообещающее. Я понимала, что горячиться не стоит: за эти годы было очень много напрасных ожиданий. Я сразу же запросила проведение дополнительных наблюдений с помощью телескопа на острове Пальма (Канарские острова), и они подтвердили, что яркость этого источника быстро ослабевает, как и следовало ожидать от послесвечения. Той же ночью я запросила срочные наблюдения на 200-дюймовом Телескопе Хейла Паломарской обсерватории, которые показали, что источник все еще угасает. Следующей ночью я получила время для наблюдения с помощью рентгеновского космического телескопа «Свифт» и зарегистрировала рентгеновское излучение, исходящее от этого события, практически подтвердив, что это действительно послесвечение гамма-всплеска. На третью ночь я получила короткое окно для наблюдений на телескопе Обсерватории Кека на горе Мауна-Кеа (остров Гавайи) в надежде измерить, насколько далек был взрыв.

Я дремала в спальном мешке в зале дистанционных наблюдений в моем вузе, Калифорнийском технологическом институте, поставив будильник на четыре часа ночи. Но, когда пришло время, впала в панику: мне удалось выбить себе время для наблюдения в самом конце ночи, небо быстро становилось все ярче, источник был очень слабым и я жутко боялась опоздать. Я сделала все что могла. Когда для продолжения

наблюдений стало слишком светло, я позвонила по скайпу своему коллеге Дэну Перли (Dan Perley) из Ливерпульского университета им. Джона Мурса и мы вместе просмотрели данные. Мне повезло. Источник был слабым, но в его спектре была заметна четкая деталь, позволившая нам измерить расстояние, которое оказалось гигантским: красное смещение составляло 2,9, то есть его свет во время путешествия через космос значительно покраснел. Когда взорвалась эта звезда, возраст Вселенной был всего 2,3 млрд лет. Фотонам, родившимся в результате взрыва, потребовалось 11,4 млрд лет, чтобы достичь Земли. Сегодня место вспышки находится от нас на расстоянии 21 млрд световых лет — взрыв произошел так давно, что с тех пор Вселенная значительно расширилась. Это было настоящей удачей.

Через несколько месяцев после обнаружения нашего первого послесвечения мы нашли второе. Чтобы объективно оценить этот результат, вспомним, что до того как вступила в строй Установка для поиска транзиентов им. Цвикки, только три послесвечения были обнаружены без регистрации гамма-всплеска, который и указывал астрономам, где нужно искать, а мы отыскиали два всего за несколько месяцев. Теперь, когда наша стратегия поиска отработана и дала результаты, я надеюсь, мы сможем находить их регулярно. Тем не менее, даже имея на счету два события, я не могу окончательно дать ответ на вопросы, на которые собиралась ответить в самом начале. Трудно определить, представляет ли собой данное послесвечение нечто новое или же это просто обычный гамма-всплеск, который случайно пропустили спутники, регистрирующие гамма-излучение. Нам необходимо будет найти больше объектов такого рода, прежде чем мы сможем сказать, действительно ли наблюдаем разные явления.

Расширение каталога

С момента обнаружения неожиданного типа взрывов с новым механизмом иницирования, *AT2018cow*, мои поиски позволили выявить множество необычных звездных событий. Например, странная сверхновая типа Ic-BL (связанного с гамма-всплесками), продукты взрыва которой столкнулись с веществом кокона, не наделенная никакими признаками существования мощной релятивистской струи (приметы гамма-всплеска). Потом было еще одно событие, похожее

на *AT2018cow*. Были обнаружены еще две сверхновые типа Ic-BL, которые, вероятно, испускали релятивистские струи, но менее мощные и более широкие, чем у традиционных гамма-всплесков. И, наконец, накануне окончания аспирантуры — два настоящих космологических послесвечения, одно из которых, как выяснилось, сопровождалось гамма-всплеском.

До сих пор мы, астрономы, ходили на зоологов, которые вышли на относительно неизведанную территорию и описывают все виды животных (в данном случае взрывов), которых они видят. Следующим этапом будет систематика. Какова относительная частота взрывов каждого из типов? Происходят ли они в галактиках лишь одного определенного типа? Действительно ли эти разные категории взрывов — совершенно разные «виды» или просто разные проявления одного и того же явления?

Чтобы ответить на эти вопросы, нам понадобится гораздо более обширный каталог. Через несколько лет Обсерватория им. Веры Рубин, строительство которой в настоящее время ведется в Чили, с помощью самой большой в мире цифровой камеры (3 млрд пикселей) каждую ночь будет фиксировать 10 млн потенциальных транзиентов — в десять раз больше, чем Установка для поиска транзиентов им. Цвикки регистрирует сейчас. Имея больше данных, я хотела бы исследовать вопрос, какие звезды прямо перед смертью теряют часть своей массы и как часто это происходит. Я хочу выяснить, как понять, что релятивистская струя «застряла» внутри звезды, и как распознать то слабое излучение, которое звезда испускает во время предсмертной агонии, чтобы предсказать, где и когда она взорвется. В конечном итоге я хотела бы прояснить вопросы о факторах, которые приводят к этим необычным финалам: возможно, такая впечатляющая и редкая смерть как-то связана со скоростью вращения звезды или историей ее взаимодействий с другими светилами. ■

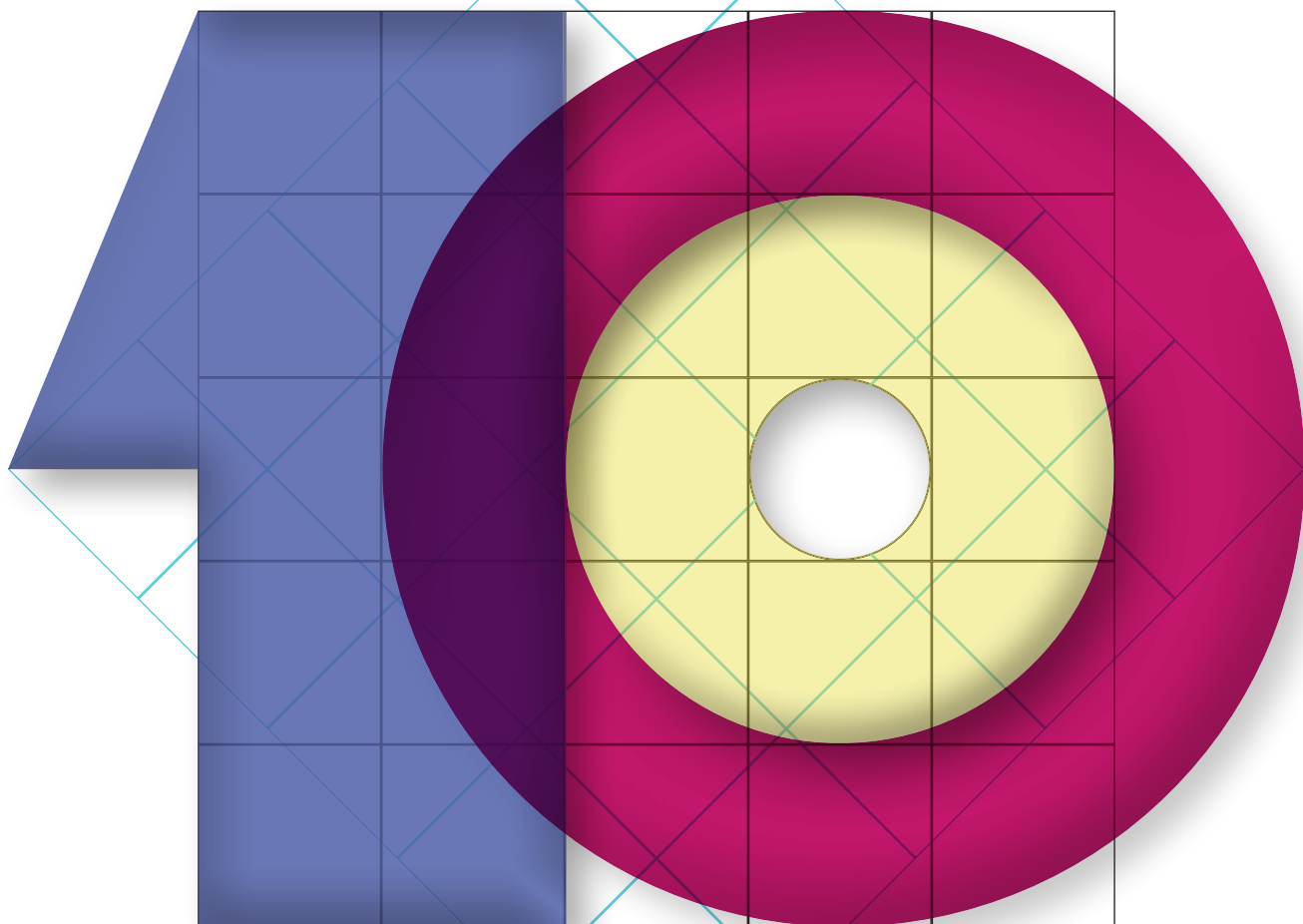
Перевод: А.П. Кузнецов

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Stellar Fireworks. Daniel Kasen; June 2016.



СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ



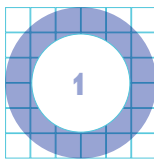
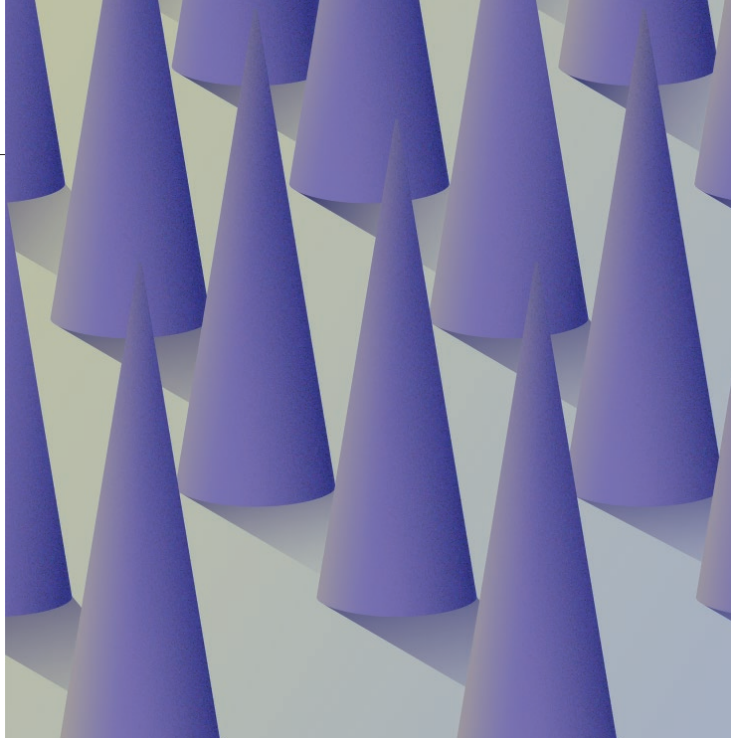
ЛУЧШАЯ ДЕСЯТКА ТЕХНОЛОГИЙ 2020 ГОДА

Эксперты выделяют достижения, способные совершить революцию в промышленности и здравоохранении и изменить общество

Если бы сотни тысяч людей-добровольцев, необходимых для проверки вакцины от коронавируса, можно было заменить цифровыми копиями (а это одна из новых технологий, вошедших в лучшую десятку этого года), вакцины от COVID-19 можно было бы разработать еще быстрее и спасти множество жизней. Виртуальные клинические исследования для проверки новых вакцин и методов лечения, возможно, скоро станут реальностью. Другие технологии, вошедшие в топ-лист, могут снизить выбросы парниковых газов за счет электрификации воздушных путешествий и непосредственного использования энергии солнечного света для производства химических веществ в промышленных масштабах. В «пространственных» информационных системах цифровой и физической миры будут интегрированы таким образом, что значительно превзойдут достижения виртуальной реальности. А сверхчувствительные сенсоры, в которых используются квантовые процессы, подготовят основу для создания таких устройств, как портативные индивидуальные сканеры мозга и автомобили, которые «видят» ситуацию за углом.

Эти и другие новые технологии были отобраны международной руководящей группой экспертов, созданной журналом *Scientific American* и Всемирным экономическим форумом, которая рассмотрела более 75 претендентов. Чтобы получить одобрение экспертов, технологии должны способствовать прогрессу общества и экономики, поскольку превосходят традиционные способы действий. Необходимо также, чтобы это были новые технологии (то есть не имеющие широкого применения сейчас), но такие, что, вероятно, окажут серьезное влияние на развитие общества через три-пять лет. Во время виртуальной встречи руководящая группа сократила число кандидатов и провела тщательную оценку лидеров, перед тем как принять окончательное решение.

Мы надеемся, что следующие репортажи покажутся вам такими же вдохновляющими, как и нам.



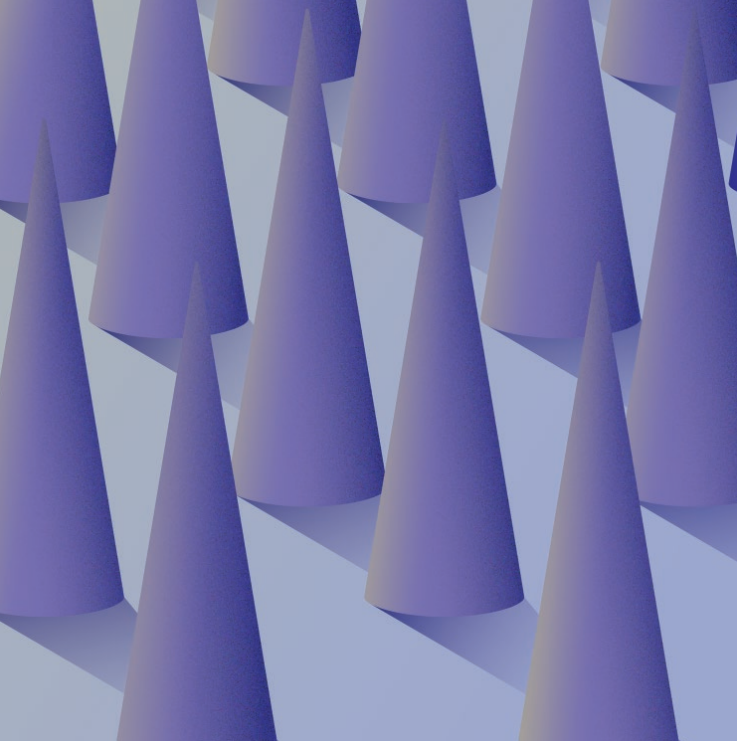
МЕДИЦИНА

Микроиглы для безболезненных инъекций и тестов

Снижение количества посещений медицинских лабораторий делает медицину более доступной

Элизабет О'Дэй

Появление едва видимых игл, или микроигл, возвещает о наступлении эры безболезненных инъекций и анализов крови. Надетые на шприц или прикрепленные к пластырю микроиглы предотвращают боль за счет исключения контакта с нервными окончаниями. Длина таких игл обычно составляет от 50 до 2 тыс. мкм (примерно толщина листа бумаги), а ширина — от 1 до 100 мкм (примерно толщина человеческого волоса), поэтому они проникают через верхний, мертвый слой кожи и достигают нижнего слоя эпидермиса, состоящего из живых клеток и интерстициальной жидкости. Но большинство игл едва касаются или



не достают дермы, состоящей из соединительной ткани, где расположены нервные окончания, кровеносные и лимфатические сосуды.

В настоящее время доступно множество шприцев и медицинских пластырей с микроиглами для введения вакцин и еще больше подобных изделий для применения при лечении диабета, рака и нейропатической боли находятся на стадии клинических испытаний. Поскольку такие устройства доставляют лекарства непосредственно в нижний слой эпидермиса или дерму, они более эффективны, чем обычные трансдермальные пластыри, действие которых основано на диффузии препарата через кожу. В этом году исследователи представили новый метод лечения кожных болезней, таких как псориаз, бородавки и определенные виды рака, — смешивание звездообразных микроигл с лекарственным кремом или гелем. Прокалывание микроиглами временных вспомогательных отверстий в коже улучшает проникновение лекарственного средства.

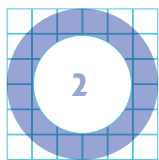
Множество продуктов с микроиглами, предназначенных для быстрого и безболезненного забора крови и интерстициальной жидкости, а также для применения в диагностических исследованиях и мониторинга состояния здоровья, находятся на пути к серийному производству. Крошечные отверстия, создаваемые иглами, вызывают локальные изменения давления в эпидермисе или дерме, заставляя интерстициальную жидкость или кровь поступать в устройство для забора образцов. Если иглы сочетать с биосенсорами, то устройства в течение нескольких минут могут определить концентрацию биомаркеров, свидетельствующих

о состоянии здоровья, таких как глюкоза, холестерин, спирт, побочные продукты лекарств или количество иммунных клеток.

Некоторые изделия позволят проводить забор образцов дома для последующей отправки в лабораторию или проведения анализа на месте. По меньшей мере одно изделие, предназначенное для такого применения, уже преодолело нормативно-правовые барьеры: США и Европа недавно одобрили устройство для забора крови TAP, выпускаемое фирмой *Seventh Sense Biosystems*, которое позволяет лежачим больным самим отбирать небольшой образец крови для отправки в лабораторию или для проведения самостоятельного мониторинга. В исследовательских установках микроиглы используются в комплексе с беспроводными устройствами связи: сначала измеряется концентрация биологических молекул, по полученным результатам определяется точная доза лекарства и затем вводится препарат. Такой подход может ускорить приход персонализированной медицины.

Устройства с микроиглами могут предоставить возможность для проведения диагностики и лечения в местах с недостаточной обеспеченностью услугами, поскольку для применения подобных изделий не требуются дорогостоящее оборудование или серьезная подготовка. *Micron Biomedical* создали одно из таких простых в использовании устройств — пластырь размером с бинт, который может использовать каждый. Другая компания, *Vaxxas*, разрабатывает вакцину, выпускаемую в форме пластыря с микроиглами. Исследования на животных и первые испытания с участием людей показали, что применение такого препарата вызывает усиленный иммунный ответ, когда доза вакцины составляет всего лишь небольшую долю от обычной. При использовании микроигл также снижаются риск заражения вирусами, передающимися через кровь, и объем опасных отходов, образующихся в результате применения обычных игл для инъекций.

Крошечные иглы не всегда обладают преимуществом: например, они не подходят, когда требуется введение больших доз лекарств. Через микроиглы способны проходить не все лекарственные препараты, и не все биомаркеры можно определить в образцах, отобранных с помощью этих устройств. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы разобраться, как влияют на эффективность технологий с использованием микроигл целый ряд факторов: возраст и вес пациента, место инъекции и способ доставки лекарства. Тем не менее можно предположить, что подобные безболезненные средства для уколов значительно расширят возможности для введения лекарств и диагностики и что появятся новые области применения, когда исследователи придумают, как использовать такие иглы в других органах, помимо кожи. ■



ХИМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Химия на энергии Солнца

Видимый свет может быть движущей силой процессов, в которых диоксид углерода превращается в обычные материалы

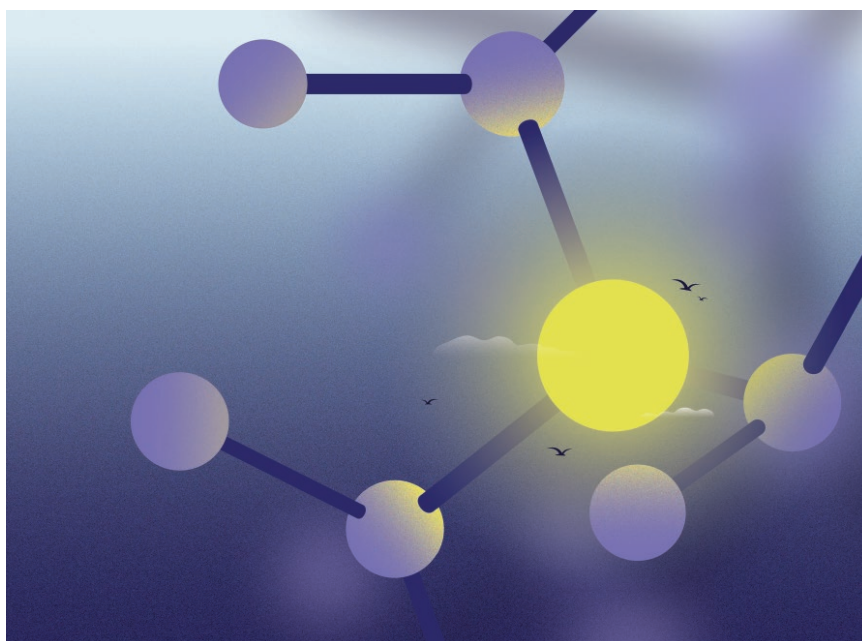
Хавьер Гарсиа Мартинес

Производство многих химических веществ, важных для здоровья и комфорта человека, потребляет ископаемое топливо и, следовательно, вносит свой вклад в увеличение объемов его добычи, выбросов углекислого газа и изменение климата. Новый подход предполагает использование солнечного света для превращения CO_2 в необходимые химические вещества, таким образом появляется возможность снизить выбросы за счет применения нежелательного газа в качестве исходного материала и солнечного света, а не ископаемого топлива, в качестве источника энергии, необходимой для производства.

Подобный процесс становится все более осуществимым благодаря достижениям в области катализаторов, активируемых солнечным светом, или фотокатализаторов. За последние годы исследователи разработали фотокатализаторы, разрушающие устойчивые двойные связи между атомами углерода и кислорода в диоксиде углерода. Это важнейший первый шаг к созданию «солнечных» нефтеперерабаты-

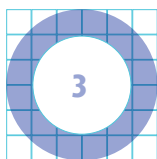
вающих заводов, производящих полезные компоненты из отходящего газа, включая молекулы «основы», служащие в качестве исходного материала для синтеза столь разнообразных продуктов, как лекарства, детергенты, удобрения и ткани.

Фотокатализаторы — это, как правило, полупроводники, которым для генерации электронов, вовлеченных в процесс превращения углекислого газа, требуется высокоэнергетическое ультрафиолетовое излучение. Однако ультрафиолетовое излучение не столь распространено (составляет всего лишь 5% излучения Солнца) и вредно. Поэтому основной целью стала разработка новых катализаторов, работающих при воздействии имеющегося в избытке неопасного видимого света. Эта задача в настоящее время решается путем тщательной разработки состава, структуры и морфологии существующих катализаторов, таких как диоксид титана. Хотя он эффективно превращает CO_2 в другие молекулы исключительно под воздействием ультрафиолетового излучения, допирование азотом значительно снижает энергию активации, необходимую для осуществления этого процесса. Измененному катализатору теперь требуется только видимый свет для участия в синтезе широко используемых химических веществ, таких как метанол, формальдегид и муравьиная кислота, которые все вместе используются для производства клеев, пеноматериалов, фанеры, мебели, напольных покрытий и дезинфектантов.



В настоящее время изыскания, посвященные синтезу химических веществ с использованием энергии Солнца, проводятся преимущественно в исследовательских лабораториях. Такими исследованиями занимаются Объединенный центр искусственного фотосинтеза, совместное предприятие Калифорнийского технологического института и Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли; расположенный в Нидерландах консорциум *Sunrise* с участием университетов, промышленных, исследовательских и технологических организаций; кафедра гетерогенных реакций Института преобразования химической энергии Общества Макса Планка в Мюльхайме. Некоторые молодые компании работают над различными подходами к превращению CO_2 в полезные материалы, например над использованием электричества для управления химическими реакциями. Применение электричества, получаемого путем сжигания ископаемого топлива, для обеспечения химических реакций энергией, несомненно, было бы менее благоприятным для окружающей среды по сравнению с солнечным светом, но солнечная энергетика могла бы помочь преодолеть этот недостаток.

Достижения в сфере превращения углекислого газа в другие химические материалы с использованием энергии солнечного света, несомненно, будут внедряться в производство и развиваться новыми компаниями в ближайшие несколько лет. И тогда химическая промышленность сделает еще один шаг к тому, чтобы стать частью настоящей безотходной экономики замкнутого цикла (благодаря трансформации CO_2 , отхода производства, в ценные продукты), и поможет воплотить в реальность задачу по снижению негативных выбросов. ■



ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Виртуальные пациенты

Клинические испытания могли бы стать быстрее и безопаснее благодаря замене людей имитационными моделями

София Веластеги и Даниэль Хуртадо

Кажется, каждый день, возрождая предсказания о том, что компьютеры скоро заменят врачей, появляется какой-нибудь новый алгоритм, предоставляющий компьютеру возможность диагностировать заболевание с беспрецедентной точностью. А что если компьютеры могли бы заменить и пациентов? Если бы, например, на некоторых стадиях клинических испытаний вакцины от коронавируса виртуальные люди могли заменить реальных, это могло бы ускорить

разработку превентивного средства и остановить пандемию. Точно так же уже на ранних стадиях можно было бы определить, какой препарат скорее всего не будет работать, и сократить расходы на клинические испытания, не проводя тестирование неудачной вакцины-кандидата на добровольцах. Это лишь некоторые из преимуществ «вычислительной медицины» — тестирования лекарственных средств и способов лечения на виртуальных органах или системах

организма, — позволяющие предсказать, как реальный человек будет реагировать на терапию. В обозримом будущем на последних стадиях исследований все еще будут нужны реальные пациенты, но «вычислительные испытания» дадут возможность провести быстрые и недорогие первичные оценки безопасности и эффективности и значительно сократить число реальных испытуемых, которые необходимы для эксперимента.

Когда речь идет о виртуальных органах, моделирование начинается с ввода анатомических данных, полученных во время неинвазивных процедур визуализации настоящего органа пациента, в сложную математическую модель, описывающую механизмы, управляющие функционированием данного органа. Алгоритмы, запущенные на мощных компьютерах, решают получающиеся уравнения, находят неизвестные и создают виртуальный орган, который выглядит и работает как реальный.

Своего рода вычислительные клинические испытания уже проводятся. Например, для оценки новых систем для маммографии Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) применяет компьютерные симуляции вместо испытания на людях. Управление также опубликовало руководство для разработки клинических испытаний лекарств и изделий с «участием» виртуальных пациентов.

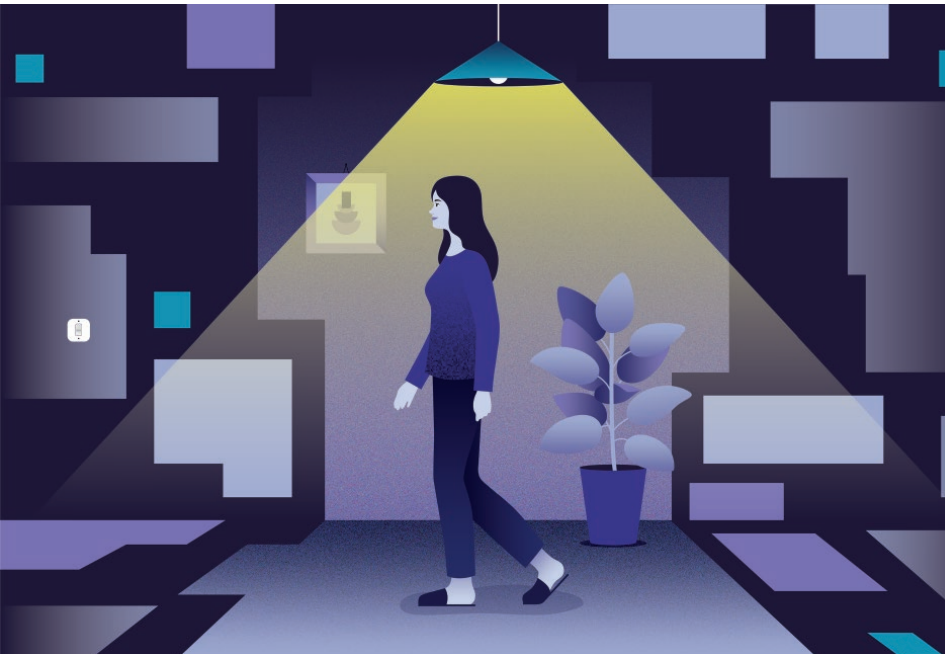
Помимо ускоренного получения результатов и снижения рисков во время клинических испытаний, вычислительная медицина также может использоваться вместо рискованных вмешательств, необходимых для постановки диагноза или планирования лечения при определенных заболеваниях. Например, *HeartFlow Analysis*, облачный сервис, одобренный FDA, дает клиницистам возможность идентифицировать болезнь коронарной артерии на основе КТ-снимков сердца пациента. Система *HeartFlow* использует эти снимки для построения жидкостной динамической модели кровотока через коронарные сосуды, таким образом выявляя отклонения от нормы и определяя, насколько они серьезны. Без этой технологии врачам пришлось бы проводить инвазивную ангиографию, чтобы принять решение о необходимости и способах вмешательства. Эксперименты на цифровых моделях конкретных пациентов также

помогут подобрать индивидуальное лечение при любых условиях и уже применяются для лечения диабета.

Основные принципы вычислительной медицины не новы. Возможность создавать и моделировать поведение объекта при различных состояниях и условиях уже десятки лет служит краеугольным камнем инженерии, например при разработке электронных схем, конструировании самолетов и зданий. Однако для широкого внедрения этой технологии в медицинские исследования и лечение остается множество препятствий.

Прежде всего, необходимо подтвердить прогнозирующую способность и надежность такой технологии, а для этого требуются достижения еще в нескольких областях. Необходимо создать из огромной базы пациентов разного пола, принадлежащих к разным этническим группам, высококачественные медицинские базы данных, усовершенствовать математические модели для оценки множества взаимосвязанных процессов, происходящих в человеческом организме, и, наконец, провести дальнейшую модификацию методов искусственного интеллекта, которые изначально разрабатывались для распознавания образов и компьютерной генерации речи, а теперь их возможности должны быть расширены для понимания биологических процессов. Научное сообщество и представители промышленности занимаются этими проблемами в рамках таких инициатив, как проект «Живое сердце» (*Living Heart Project*) компании *Dassault Systèmes*, Институт виртуального физиологического человека для интегративных биомедицинских исследований (*Virtual Physiological Human Institute for Integrative Biomedical Research*) и *Healthcare NExT* компании *Microsoft*.

За последние годы FDA и европейские регуляторы одобрили коммерческое применение ряда методов диагностики с использованием компьютеров, но для того чтобы соответствовать требованиям законодательства, требуются значительные средства и время. Создание спроса на такие инструменты проблематично, если принимать во внимание сложность системы здравоохранения. Чтобы ускорить внедрение технологии, вычислительная медицина должна оправдать затраты пациентов, клиницистов и организаций здравоохранения. ■

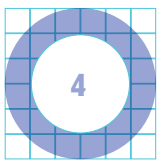


падать, ложась в кровать, мебель сдвинется, чтобы защитить Марту, а ее сыну и в местную мониторинговую станцию поступит тревожный сигнал.

«Пространственные вычисления», составляющие основу нарисованной картины, — следующий шаг на пути продолжающегося слияния физического и цифрового миров. Здесь выполняется все то же, что делают приложения виртуальной и дополненной реальности: оцифровываются объекты, подключенные к облаку; датчикам и двигателям предоставляется возможность взаимодействовать друг с другом; реальный мир представлен в цифровом виде. Затем эти возможности комбинируются с картированием пространства с высокой точностью воспроизведения, что по-

зволяет компьютеру-координатору отслеживать и контролировать движения и взаимодействия между объектами, когда человек перемещается внутри цифрового и физического мира. Благодаря пространственным вычислениям взаимодействию «человек — машина» и «машина — машина» скоро выйдет на новый уровень и станет еще более эффективным во многих сферах жизни, включая промышленность, здравоохранение, транспорт и быт. Крупные компании, в том числе *Microsoft* и *Amazon*, серьезно заинтересованы в этой технологии.

Так же как и технологии виртуальной и дополненной реальности, пространственные вычисления основаны на концепции «цифрового двойника», знакомой по автоматизированному проектированию (*computer-aided design, CAD*). В *CAD* инженеры создают цифровой образ объекта, и этот «двойник» может использоваться в различных целях: для 3D-печати объекта, разработки его новых версий, проведения виртуальных тренировок или объединения с другими цифровыми объектами при создании виртуальных миров. Пространственные вычисления создают цифровых двойников не только объектов, но и людей и мест, используя данные *GPS*, лидаров (лазерных систем обнаружения и измерения дальности), видео и другие технологии геолокации для формирования цифровой карты комнаты, здания или города. Программно реализованные алгоритмы объединяют эту цифровую карту с данными датчиков и цифровыми образами объектов и людей и создают наблюдаемый и измеряемый цифровой мир, которым можно управлять и который также способен управлять реальным миром.



ИНФОРМАТИКА

Пространственные вычисления

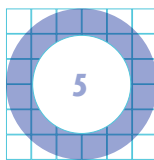
Следующий технологический прорыв после виртуальной и дополненной реальности

Джеффри Лин и Коринна Лэйтан

Представьте себе самостоятельно живущую Марту, 80-летнюю женщину в инвалидном кресле. Все объекты в ее доме внесены в цифровой каталог; все датчики и устройства, контролируемые объектами, подключены к интернету, а цифровая карта ее дома объединена с картой объектов. Когда Марта перемещается из своей спальни на кухню, включается свет и настраивается окружающая температура. Инвалидное кресло затормозит, если вдруг на пути старой женщины окажется ее кошка. Когда Марта появляется на кухне, стол отодвигается, чтобы улучшить доступ к холодильнику и плите, а затем возвращается на место, когда Марта готова поесть. Вечером, если женщина вдруг начнет

Представьте такую футуристическую картину из области медицины: в большом городе бригаду скорой помощи отправили в квартиру к пациенту, которому может понадобиться срочная хирургическая операция. Система передает медицинские данные пациента и их изменения в реальном времени на мобильные устройства фельдшеров и в отделение неотложной помощи, одновременно определяя кратчайший маршрут. Для транспорта, движущегося в пересекающем направлении, зажигается красный свет. Когда скорая добирается до места, двери здания открываются, а лифт уже ждет. Объекты сами отодвигаются, чтобы не преграждать путь медикам с носилками. Пока система направляет скорую в отделение экстренной медицинской помощи самым быстрым путем, команда хирургов использует пространственные вычисления и приложения дополненной реальности для составления плана всей операционной или выбора оперативного доступа к пораженному участку в теле пациента.

В промышленности уже используется интеграция специальных датчиков, цифровых двойников и интернета вещей для оптимизации производства, и, вероятно, именно в этой сфере раньше всего начнут внедрять пространственные вычисления. Технология способна внести важное дополнение: отслеживание элементов оборудования или целого завода на основе геолокации. Надев гарнитуру дополненной реальности или просматривая проекционное голографическое изображение, содержащее не только инструкции по ремонту, но и пространственную карту компонентов машины, работники получают пошаговое руководство и смогут починить оборудование так быстро, как только возможно, сократив время простоя и его стоимость. Или, например, если техник, используя виртуальную версию удаленного участка, управляет несколькими роботами, которые строят там завод, алгоритмы пространственных вычислений помогли бы повысить безопасность и качество работы и оптимизировать эффективность, например за счет улучшения координации роботов и выбора поставленных перед ними задач. В более привычном сценарии фирмы розничной торговли и фастфуда могли бы комбинировать пространственные вычисления с обычными методами промышленного инжиниринга, такими как анализ передвижений и затрачиваемого времени, для повышения эффективности работы. ■



МЕДИЦИНА

Цифровая терапия

Приложения, которые диагностируют и даже лечат наши болезни

Мурали Дораисвами

Возможно ли, что следующий рецепт ваш врач выпишет на применение программного приложения? Множество уже используемых и находящихся в стадии разработки приложений теперь могут автономно определять и проводить мониторинг психических и физических заболеваний или непосредственно предоставлять лечение. Программное обеспечение, известное в целом как цифровая терапия, способно как улучшить традиционное медицинское обслуживание, так и поддержать пациентов, когда доступ к медицинской помощи ограничен, — эту проблему обострил кризис, вызванный COVID-19.

Основу многих вспомогательных средств регистрации составляют мобильные устройства, которые фиксируют такие характеристики, как голос пользователя, местоположение, выражение лица, длительность тренировок, сна или написания SMS, а затем используется искусственный интеллект для подачи сигнала о начале приступа или ухудшении состояния. Некоторые «умные» часы, например, содержат датчик, который осуществляет автоматический мониторинг и предупреждает человека о возникновении мерцательной аритмии, опасного сердечного ритма. Ведется работа над подобными средствами для определения заболеваний органов дыхания, депрессии, болезни Паркинсона и Альцгеймера, аутизма и других болезней. Такие регистрирующие устройства, или «цифровое фенотипирование», в ближайшем будущем не заменят врача, но могут оказаться полезными помощниками, отмечающими проблемы, на которые необходимо обратить внимание. Регистрирующие вспомогательные средства также могут быть представлены в форме микробиоэлектронных устройств — таблеток для приема внутрь, содержащих сенсоры. Сейчас разрабатывается ряд подобных устройств для

обнаружения ДНК раковых клеток, газов, выделяемых микроорганизмами кишечника, желудочно-кишечных кровотечений, определения температуры тела и уровня кислорода. Сенсоры транслируют данные в приложения для регистрации.

Разрабатываются также терапевтические приложения для различных заболеваний. Первым цифровым приложением, дающим рекомендации по лечению и получившим одобрение FDA, была технология *reSET*, разработанная компанией *Pear Therapeutics* для лечения расстройств, связанных с употреблением психоактивных веществ. Одобрено в 2018 г. в качестве дополнения к оказываемой профессиональной медицинской помощи, приложение *reSET* обеспечивает когнитивно-поведенческую терапию 24 часа в сутки семь дней в неделю и предоставляет клиницистам данные в реальном времени о возникновении у пациентов тяги к психоактивным веществам и факторах, сыгравших роль пускового механизма. *Somryst*, приложение для лечения инсомнии, и *Endevor RX*, первое терапевтическое средство в форме видеоигры для детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, получили одобрение FDA в 2020 г.

Заглядывая в будущее, *Odin*, молодая компания в сфере продуктов для здоровья детей, разработала приложение виртуальной реальности для лечения амблиопии («ленивого глаза»), представляющее собой альтернативу глазной повязке. Когда-нибудь «умные» часы, выявив изменения в речи и характере общения, отправят студентам колледжа предупреждение с рекомендацией обратиться за помощью в связи с легкой формой депрессии. В этом случае студенты смогут получить консультацию и когнитивно-поведенческую терапию у чатбота *Woebot*.

Не все приложения для поддержания хорошего здоровья можно назвать цифровой терапией. Безопасность и эффективность приложений, предназначенных для диагностики или лечения заболеваний, должна быть доказана в ходе клинических испытаний, и необходимо получить разрешение надзорных органов; для некоторых приложений, возможно, потребуется назначение врача. (В апреле, для того чтобы помочь в период пандемии COVID-19, FDA сделало временное исключение для малоопасных устройств, предназначенных для поддержания психического здоровья.)

COVID-19 подчеркнул важность цифровой медицины. С начала пандемии стали доступны десятки



приложений для выявления депрессии и предоставления консультаций. Помимо этого, больницы и правительственные организации по всему миру стали применять варианты сервиса *Healthcare Bot* компании *Microsoft*. Вместо ожидания ответа кол-центра или опасной поездки в отделение неотложной помощи люди, встревоженные, например, появлением кашля и высокой температуры, могли поговорить с ботом. Бот использует обработку естественного языка для того, чтобы задавать вопросы о симптомах, а затем на основе анализа ИИ может описать возможные причины или начать сессию телемедицины для оценки состояния врачом. К концу апреля боты уже обработали более 200 млн запросов о симптомах и лечении COVID-19. Такое решение значительно снизило нагрузку на систему здравоохранения.

Безусловно, общество должно двигаться в будущее цифровой медицины с осторожностью: необходимо обеспечить тщательную проверку подобных инструментов, неприкосновенность частной жизни и плавную интеграцию в трудовой процесс врачей. При соблюдении этих условий цифровое фенотипирование и цифровая терапия могли бы помочь людям сэкономить на расходах на медицинское обслуживание, сигнализируя о поведении, представляющем угрозу для здоровья, и помогая человеку до того, как разовьется болезнь. Более того, применение ИИ для обработки наборов больших данных, генерируемых приложениями для цифрового фенотипирования и терапии, поможет персонализировать лечение пациента. Проявляющиеся закономерности также станут основой для исследователей при разработке новых концепций, касающихся наилучших способов формирования здоровых привычек и предотвращения заболеваний. ■



ТРАНСПОРТ

Электроавиация

Как сократить выбросы CO_2 от самолетов

Кэтрин Гамильтон и Тамми Ма

По оценкам, в 2019 г. на долю воздушного транспорта пришлось 2,5% от общего объема выбросов углекислого газа по всему миру, а к 2050 г. эта цифра может утроиться. Несмотря на то что некоторые авиакомпании начали снижать свой вклад в содержание CO_2 в атмосфере, все еще требуется значительное сокращение выбросов. Самолеты на электричестве могли бы обеспечить изменения в требуемом масштабе, и многие компании стремятся разработать такой вид транспорта. Благодаря электрореактивным двигателям можно не только исключить выбросы CO_2 в атмосферу, но и снизить стоимость топлива почти на 90%, эксплуатационные расходы — на 50%, а уровень шума — почти на 70%.

В число компаний, работающих над созданием электрического самолета, входят *Airbus*, *Ampaire*, *MagniX* и *Eviation*. Все компании в настоящее время проводят полетные испытания воздушных судов, предназначенных для частных лиц или корпораций и местных авиалиний, и стремятся получить сертификат Федерального управления гражданской авиации США. *Cape Air*, одна из крупнейших местных авиалиний, надеется оказаться в числе первых покупателей и приобрести у *Eviation* электрический самолет *Alice*, рассчитанный на девять пассажиров. Генеральный директор *Cape Air* Дэн Вулф (Dan Wolf) сказал, что он заинтересован не только в экологических преимуществах, но и в потенциальной экономии на эксплуатационных расходах. Срок жизни электрических двигателей в целом больше, чем у двигателей самолетов из его парка, работающих на углеводородном топливе: капитальный ремонт электрических двигателей необходимо проводить после 20 тыс. часов летных часов, а обычных — после 2 тыс. летных часов.

Электрическими станут не только реактивные двигатели. В разрабатываемом NASA электрическом самолете *X-57 Maxwell* обычные крылья заменят более короткие, обладающие комплектом

распределенных по крылу электрических воздушных винтов. У привычных самолетов крылья должны быть достаточно большими, чтобы обеспечить подъемную силу, когда самолет движется на низкой скорости, но большая площадь поверхности повышает сопротивление при движении на более высоких скоростях. Электрические воздушные винты увеличивают подъемную силу при взлете, таким образом повышая эффективность при меньшем размере крыла.

В обозримом будущем возможности электрических самолетов в том, что касается дальности полетов, будут ограничены. Лучшие современные аккумуляторы производят намного меньше энергии на единицу массы по сравнению с традиционными видами топлива: плотность энергии составляет 250 Вт·ч/кг по сравнению с 12 тыс. Вт·ч/кг для авиационного топлива. Поэтому аккумуляторы, необходимые для полета, намного тяжелее, чем стандартное топливо, и занимают больше места. Дальность примерно половины полетов, совершаемых по всему миру, составляет меньше 800 км, и ожидается, что в этом диапазоне полеты питаемых от аккумуляторов электрических самолетов станут возможны к 2025 г.

На пути электроавиации находится немало ценовых и регуляторных барьеров, однако инвесторы, бизнес-инкубаторы, корпорации и правительства, воодушевленные прогрессом этой технологии, инвестируют большие средства в ее развитие: приток инвестиций в молодые компании в сфере электрической авиации в период с 2017 по 2019 г. составил около \$250 млн. В настоящее время в работе находится около 170 проектов электрических самолетов. Большинство из них разрабатываются для частных и корпоративных перелетов и местных авиалиний, но *Airbus* заявляет, что компания планирует получить готовый к полету вариант самолета пассажироместимостью 100 человек к 2030 г. ■



ИНФРАСТРУКТУРА

Бетон с низким выбросом

Производство строительных материалов борется с изменением климата

Мариэтт Ди Кристина

Бетон, наиболее широко используемый искусственный материал, придает форму большей части нашего построенного мира. При производстве одного из его ключевых компонентов — цемента — выбрасывается значительное, однако недооцениваемое количество диоксида углерода: до 8% от общего объема выбросов CO_2 , связанных с деятельностью человека (согласно оценке расположенного в Лондоне экспертно-аналитического центра *Chatham House*). Указывается, что если бы все

цементное производство представляло собой страну, то она бы заняла третье место по объему выбросов после Китая и США. Как сообщает *Chatham House*, в настоящее время ежегодно производится 4 млрд т цемента, но в связи с ростом темпов урбанизации ожидается, что в последующие 30 лет эта цифра увеличится до 5 млрд т в год. Выбросы при производстве цемента — результат сжигания ископаемого топлива для обеспечения нужной высокой температуры при формировании цемента, а также химических процессов в печи, в ходе которых известняк превращается в клинкер, который затем измельчают и смешивают с другими материалами для получения цемента.

Хотя строительная индустрия обычно сопротивляется изменениям по целому ряду причин, среди которых безопасность и надежность, давление в связи с необходимостью снизить вклад в изменение климата может значительно ускорить процесс разрушения такого сопротивления. В 2018 г. Всемирная ассоциация производителей цемента и бетона, представляющая 30% мирового производства цемента, анонсировала первые в этой отрасли «Руководящие принципы устойчивого развития», ряд ключевых показателей, таких как объемы выбросов в атмосферу и потребления воды, предназначенных для отслеживания улучшения результатов в этой сфере и повышения прозрачности.

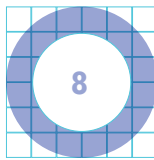
Тем временем разрабатываются различные методы производства со сниженными объемами выбросов двуоксида углерода, а некоторые уже



внедрены. Молодая компания *Solidia* в Писка-тауэе, штат Нью-Джерси, применяет полученный по лицензии от Рутгерского университета химический процесс, в ходе которого выбрасывается на 30% меньше CO_2 по сравнению с обычным объемом выбросов при производстве цемента. В отличие от обычной технологии в этом случае в состав сырьевой смеси входит больше глины и меньше известняка и используется более низкая температура. *CarbonCure* из Дартмута в канадской провинции Новая Шотландия не выбрасывает в атмосферу углекислый газ как побочный продукт, а аккумулирует в бетоне CO_2 , улавливаемый в ходе других производственных процессов, используя минерализацию. Расположенная в Монреале компания *CarbiCrete* вообще отказалась при производстве бетона от цемента, заменив его металлосодержащим шлаком, побочным продуктом производства стали. *Norcem*, крупнейший норвежский производитель цемента, намерен превратить один из своих заводов в первый в мире цементный завод с нулевым объемом выбросов в атмосферу. Предприятие уже применяет альтернативные виды топлива из отходов и собирается внедрить технологии улавливания и накопления углекислого газа, чтобы полностью исключить выбросы в атмосферу к 2030 г.

Кроме того, для поглощения CO_2 из воздуха и улучшения свойств бетона исследователи включают в рецептуру бактерии. К молодым компаниям, стремящимся разработать «живые» строительные материалы, относится *BioMason* из Роли, штат Северная Каролина: они «выращивают» цементоподобные кирпичи с использованием бактерий и агрегатных частиц. В ходе финансируемого Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (*DARPA*) новаторского исследования, результаты которого были опубликованы в феврале этого года в журнале *Matter*, ученые из Колорадского университета в Боулдере применили цианобактерии, фотосинтезирующие микроорганизмы, для производства бетона с низким объемом выбросов CO_2 . Исследователи засеяли микроорганизмами каркас из песка и гидрогеля для создания кирпичей, обладающих способностью к самозаживлению трещин.

Подобные кирпичи не способны заменить цемент и бетон везде, где сейчас применяются эти материалы. Но, тем не менее, они могли бы однажды занять место облегченных несущих нагрузку материалов, таких, что используются для мощения, а также для фасадов и временных сооружений. ■



ИНФОРМАТИКА

Квантовые сенсоры

Высокоточная метрология на основе особенностей субатомного мира

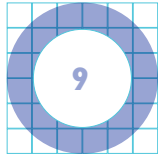
Карло Ратти

Квантовые компьютеры вызывают ажиотаж, однако квантовые сенсоры обладают не меньшей преобразовательной силой: появляется возможность создать беспилотные автомобили, способные «видеть» ситуацию за углом, подводные навигационные системы, системы раннего предупреждения о вулканической активности и землетрясениях, а также портативные сканеры, осуществляющие мониторинг мозговой активности человека в повседневной жизни.

Квантовые сенсоры достигают невероятного уровня точности за счет использования квантовой природы вещества: в качестве основной единицы используются различия, например, между электронами в разном энергетическом состоянии. Этот принцип иллюстрируют атомные часы. Стандарт мирового времени основан на том факте, что электроны в атомах цезия-133 совершают специфический переход 9 192 631 770 раз в секунду; это колебания, по которым настраивают другие часы. В других квантовых сенсорах атомные переходы используются для определения мельчайших изменений движения и крошечных различий в гравитационном, электрическом и магнитном полях.

Однако существуют и другие способы создания квантового сенсора. Например, исследователи из Бирмингемского университета работают над получением свободно падающих ультрахолодных атомов для определения крошечных локальных изменений силы тяжести. Такого рода квантовый гравиметр был бы способен выявить расположенные под землей трубы, кабели и другие объекты, которые в настоящее время можно с уверенностью обнаружить, раскапывая грунт. Морские суда могли бы использовать сходную технологию для обнаружения подводных объектов.

Большинство систем с квантовыми сенсорами все еще представляют собой дорогие, крупные и сложные объекты, но новое поколение сенсоров



ЭНЕРГЕТИКА

«Зеленый» водород

Энергетика с нулевыми выбросами CO_2 в дополнение к солнечной и ветровой

Джефф Карбек

меньшего размера и не столь высокой стоимости должно открыть новые области применения. В 2019 г. исследователи из Массачусетского технологического института применили обычные методы производства, чтобы поместить на кремниевый чип квантовый сенсор на основе алмаза, втиснув множество обычно громоздких компонентов в поле шириной несколько десятых долей миллиметра. Созданный прототип — шаг вперед на пути к недорогим квантовым сенсорам серийного производства, работающим при комнатной температуре, которые можно использовать в любой сфере, где требуются точные измерения слабых магнитных полей.

Квантовые системы остаются крайне чувствительными к возмущениям, что может ограничить их применение в средствах управления. Однако правительства и частные инвесторы тратят огромные деньги для разрешения этих и других проблем, в том числе связанных со стоимостью, размерами и сложностью. Например, Великобритания намерена потратить 315 млн фунтов стерлингов на второй этап своей Национальной программы квантовых вычислений (2019–2024). Специалисты-аналитики ожидают, что квантовые сенсоры выйдут на рынок в ближайшие три-пять лет и на начальном этапе будут применяться в основном в сферах медицины и обороны. ■



При сжигании водорода единственный побочный продукт — вода. Именно поэтому десятки лет его считают привлекательным источником энергии с нулевыми выбросами CO_2 . Однако традиционный процесс его получения, в ходе которого природный газ подвергают воздействию водяного пара, весьма далек от производства без выбросов углекислого газа. Полученный таким образом водород называют «серым»; если двуокись углерода улавливается и изолируется, то водород называют «голубым».

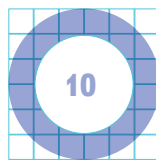
«Зеленый» водород отличается. Его получают путем электролиза, в ходе которого аппараты расщепляют воду на водород и кислород без иных побочных продуктов. В прошлом для электролиза требовалось столько электрической энергии, что не было смысла производить водород таким способом. Теперь ситуация меняется по двум причинам. Во-первых, в энергетической системе появляются избытки электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников, и такая электроэнергия вместо накопления в массивах аккумуляторов может использоваться для обеспечения электролиза воды и запасания электричества в форме водорода. Во-вторых, электролизеры становятся более эффективными.

Компании работают над созданием электролизеров, способных производить «зеленый» водород с такими же низкими затратами, как при производстве «серого» или «голубого», и, по прогнозам аналитиков, эта цель будет достигнута в следующем десятилетии. Тем временем энергетические компании начинают непосредственно включать электролизеры в проекты, связанные с получением возобновляемой энергии. Например, консорциум *Gigastack* планирует основать морскую ветровую электростанцию *Hornsea Two*, принадлежащую компании *Ørsted*, электролизерами мощностью 100 МВт для производства «зеленого» водорода в промышленных масштабах.

Современные технологии получения возобновляемой энергии, такой как солнечная и ветровая, способны снизить объемы выбросов от энергетического сектора на 85% за счет замены газа и угля экологически чистым электричеством. Другие отрасли экономики, например транспорт и производство, труднее перевести на электричество, поскольку в этих областях часто требуется топливо, обладающее большой плотностью энергии или нагреваемое при высоких температурах. «Зеленый» водород обладает потенциалом для применения в этих сферах. По оценкам промышленной группы *Energy Transitions Commission*, «зеленый» водород — одна из четырех технологий, необходимых для достижения цели Парижского соглашения по климату: уменьшения выбросов углекислого газа от самых проблемных отраслей промышленности, включая добычу полезных ископаемых, производство строительных материалов и химическую промышленность, более чем на 10 Гт в год.

Хотя технологии с использованием экологически чистого водорода находятся на ранней стадии, страны — особенно те, в которых дешевая возобновляемая энергия, — вкладывают средства в их развитие. Австралия хотела бы экспортировать водород, производимый с использованием имеющейся у нее в избытке ветровой и солнечной энергии. Чили разрабатывает планы по производству водорода в засушливых северных районах страны, богатых электричеством, полученным с использованием солнечных установок. Китай намерен к 2030 г. выпустить 1 млн автомобилей на водородных топливных элементах.

Похожие проекты разрабатываются в Южной Корее, Малайзии, Норвегии и США. Штат Калифорния работает над тем, чтобы к 2040 г. вывести из эксплуатации автобусы на ископаемом топливе. Европейская комиссия недавно опубликовала стратегию по переходу на водородное топливо (*EU Hydrogen Strategy*), в которой призывает увеличить объемы производства энергии с использованием водорода с нынешних 0,1 ГВт до 500 ГВт к 2050 г. Исходя из всего вышеперечисленного, *Goldman Sachs* в 2020 г. опубликовал прогноз, согласно которому мировой рынок экологически чистого водорода достигнет \$12 трлн к 2050 г. ■



СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Синтез целого генома

Следующий уровень клеточной инженерии

Эндрю Хессел и Сан Юн Ли

В начале пандемии *COVID-19* ученые из Китая загрузили нуклеотидную последовательность вируса (программу для его создания) в базу генетических данных. Потом группа исследователей в Швейцарии синтезировала весь геном и создала вирус, по существу телепортировав его в свою лабораторию для изучения без необходимости дожидаться поступления настоящих образцов. Такая скорость — один из примеров того, как печать целого генома способствует прогрессу в медицине и других сферах.

Синтез целого генома представляет собой еще одно направление быстроразвивающейся области науки — синтетической биологии. Исследователи используют ПО для конструирования генетических последовательностей, которые они создают и внедряют в микроорганизмы, перепрограммируя их для выполнения необходимых задач, например синтеза лекарств. До недавнего времени в геном вносили лишь небольшие изменения. Но усовершенствованные технологии синтеза и программы дают возможность для печати все более крупных фрагментов генетического материала и более значительного изменения геномов.

Первыми начали создавать крошечные геномы вирусов: в 2002 г. впервые синтезировали геном полиовируса, состоящий из 7,5 тыс. нуклеотидов, или букв кода. Как и в случае с коронавирусом, такие синтезированные геномы вирусов помогают исследователям понять, как соответствующие вирусы распространяются и вызывают заболевания. Некоторые геномы конструируют для использования при производстве вакцин и иммунотерапии.

Стала возможной также запись геномов, состоящих из миллионов нуклеотидов, как у бактерий и дрожжей. В 2019 г. команда ученых



напечатала вариант генома *Escherichia coli*, который предоставил возможности для создания программ, способных заставить бактерию выполнять то, что требуется ученым. Другая группа создала первичную версию генома пивных дрожжей, состоящего из почти 11 млн букв. Конструирование генома и его синтез в таких масштабах позволят использовать микроорганизмы как фабрики для производства не только лекарств, но и многих других веществ. С помощью инженерии можно создать микроорганизмы для постоянного производства химических веществ, топлива и новых строительных материалов из непищевой биомассы или даже газообразных отходов, таких как CO_2 .

Многие ученые хотят получить возможность воспроизводить более крупные геномы: растений, животных и людей. Для достижения этой цели требуются более крупные инвестиции в разработку программ (большинство из них с использованием ИИ) и более быстрые и дешевые методы синтеза и сборки фрагментов ДНК, состоящих по меньшей мере из нескольких миллионов нуклеотидов. При достаточном финансировании воспроизводство геномов, состоящих из миллиарда нуклеотидов, могло бы стать реальностью еще до конца этого десятилетия. У исследователей много идей насчет возможных областей применения: например, создание растений, устойчивых к патогенам, или в высшей степени безопасной культуры клеток человека — устойчивой, скажем, к вирусным инфекциям, раку и радиации, — которая могла бы стать основой для клеточной терапии или биотехнологического производства. Возможность

воспроизводить наш собственный геном неизбежно появится, и врачи смогут лечить многие, если не все, генетические болезни.

Конечно, способность создавать целый геном с помощью биоинженерии может быть использована и во зло, и самые серьезные опасения вызывает возможность превращения в оружие патогенных микроорганизмов или их компонентов, выделяющих токсины. Ученые и инженеры должны будут разработать комплексную фильтрующую систему биологической безопасности — ряд существующих и новых технологий, способных выявлять и отслеживать распространение новых угроз в реальном времени. Исследователям необходимо придумать стратегии тестирования, которые можно быстро применить в крупных масштабах. И крайне важно, чтобы правительства по всему миру помогли друг другу гораздо больше, чем сейчас.

Консорциум *Genome Project-write*, сформированный в 2016 г., способен помочь созданию такой сети безопасности. В проекте задействованы сотни ученых, инженеров и специалистов по этике из десятка стран: они разрабатывают технологии, делятся информацией об оптимальных способах действий, запускают пилотные проекты и изучают этические, правовые и социальные последствия. ■

Перевод: С.М. Левензон

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Лучшая десятка технологий 2019 года // ВМН, № 1–2, 2020.

УЧАСТНИКИ РУКОВОДЯЩЕЙ ГРУППЫ ПО НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Мариэтт Ди Кристина (Mariette DiChristina) — председательница руководящей группы, декан и профессор журналистики Колледжа связи Бостонского университета, бывший главный редактор журнала *Scientific American* и исполнительный вице-президент редакционно-издательского отдела журналов издательской группы *Springer Nature*.

Бернард Мейерсон (Bernard S. Meyerson) — заместитель председателя руководящей группы, почетный руководитель отдела инноваций в компании *IBM*, обладатель ряда наград за работы в области физики, инженерии и бизнеса.

Анас Фарис аль-Фарис (Anas Faris Al-Faris) — президент Центра науки и технологий им. короля Абд аль-Азиза в Эр-Рияде (Саудовская Аравия).

Джефф Карбек (Jeff Carbeck) — основатель нескольких компаний, генеральный директор компании *10EQS*.

Рона Чандравати (Rona Chandrawati) — старший преподаватель и глава лаборатории «Нанотехнология для продовольствия и медицины» в Университете Нового Южного Уэльса.

Мурали Дорайсвами (P. Murali Doraiswami) — врач, изобретатель, профессор медицинской школы Дюкского университета; ведущий исследователь технологий будущего и прецизионной медицины и член Советов ВЭФ по вопросам будущего.

Сет Флетчер (Seth Fletcher) — руководитель отдела редакции журнала *Scientific American*.

Хавьер Гарсиа Мартинес (Javier Garcia Martinez) — профессор неорганической химии и руководитель Лаборатории молекулярной нанотехнологии Университета Аликанте.

Кэтрин Гамильтон (Katherine Hamilton) — глава консалтинговой компании *38 North Solution* и руководительница некоммерческой организации «Проекты в сфере экологически чистой энергетики и инноваций», возглавляла несколько Советов ВЭФ по вопросам будущего.

Ригас Хадзилакос (Rigas Hadzilacos) — глава проекта ВЭФ «Подготовка к будущему в сфере труда».

Даниэль Хуртадо (Daniel E. Hurtado) — доцент Папского католического университета Чили. ВЭФ назвал его одним из десяти наиболее влиятельных ученых будущего.

Уэнди Джу (Wendy Ju) — доцент Института Технион-Корнелл им. Джоан и Ирвина Джейкобсов, член Глобального совета ВЭФ по автономному транспорту и городской мобильности.

Коринна Лэйтан (Corinna E. Lathan) — соосновательница и генеральный директор компании *AnthroTronix*; член совета директоров РТС. Была основательницей и сопредседательницей Глобального совета ВЭФ по вопросам будущего в области расширения возможностей человека.

Сан Юп Ли (Sang Yup Lee) — сопредседатель Глобального совета ВЭФ по вопросам будущего в области биотехно-

логий, почетный профессор химической и биомолекулярной инженерии Корейского института науки и технологий (*KAIST*); обладатель более 700 патентов.

Джеффри Лин (Geoffrey Ling) — полковник армии США в отставке, эксперт в области разработки технологий и перехода к промышленному производству, профессор неврологии Университета Джона Хопкинса и Военно-медицинского университета; партнер в компании *Ling and Associates*.

Тамми Ма (Tammy Ma) — руководительница исследовательской программы в области использования высокоинтенсивных лазеров в Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса.

Эндрю Мэйнард (Andrew Maynard) — руководитель лаборатории по оценке риска инноваций Университета штата Аризона. Его работа посвящена проблемам ответственного подхода к разработке и использованию новых технологий.

Рут Морган (Ruth Morgan) — профессор криминалистики и директор Центра криминалистики Университетского колледжа Лондона.

Элизабет О'Дэй (Elizabeth O'Day) — основательница и генеральный директор *Olaris Therapeutics*; сопредседательница Глобального совета ВЭФ по вопросам будущего в области биотехнологий.

Карло Ратти (Carlo Ratti) — руководитель лаборатории *Senseable City Lab* Массачусетского технологического института и партнер-основатель фирмы *Carlo Ratti Associati*.

Барри Шуп (Barry Shoop) — бригадный генерал в отставке, декан Технической школы Куперовского союза.

Мария-Элена Торрес-Падилья (Maria-Elena Torres-Padilla) — директор Института эпигенетики и стволовых клеток Центра им. Гельмгольца в Мюнхене, профессор Мюнхенского университета им. Людвига и Максимилиана, специалист в области биологии стволовых клеток.

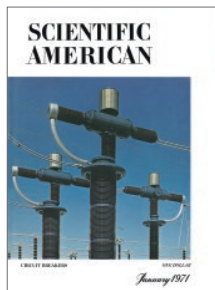
София Веластеги (Sophia M. Velastegui) — технический директор компании *Microsoft*, отвечающая за программный продукт *Dynamics 365 Operation Apps* на основе технологии ИИ; эксперт по ИИ Глобального совета ВЭФ по вопросам будущего в области передовых промышленных технологий и производства.

Анджела У (Angela Wu) — старший преподаватель Гонконгского университета науки и технологий и соосновательница *Agenovir Corporation*, компании, занимающейся разработкой терапии на основе технологии *CRISPR*.

Сюй Сюнь (Xu Xun) — генеральный директор *BGI Group*, крупнейшей организации, занимающейся исследованиями в области геномики; член Глобального совета ВЭФ по вопросам будущего в области биотехнологий.

ПРИГЛАШЕННЫЕ АВТОРЫ

Эндрю Хессел (Andrew Hessel) — президент *Humane Genomics*.



ЯНВАРЬ 1971

Антиэволюция. В последние месяцы учение об эволюции подверглось нападкам в ряде штатов. Возрождение фундаментализма в биологии принимает новую форму: его особенность в том, что против нынешних теорий происхождения жизни и разнообразия видов

выступают не теологи, а ученые. Движение это возглавляет Общество исследований сотворения мира, члены которого выступали перед советами штатов по образованию и комитетами по учебникам в Калифорнии, Техасе, Арканзасе и Теннесси. Общество провозглашает, что оно «привержено абсолютной вере в библейское изложение сотворения мира и ранней истории» и что его цель — «пересмотр основ науки на основе теистических концепций сотворения мира».

Восхищение пульсарами. «Источник энергии Крабовидной туманности долго оставался загадкой. Джон Уилер (John Wheeler) в Принстоне в 1966 г. и Франко Пачини (Franco Pacini) в Корнелле в 1967 г. независимо друг от друга выдвинули идею о том, что источник энергии — вращающаяся нейтронная звезда. Теперь, постфактум, можно использовать результаты наблюдения Крабовидной туманности и ее пульсара (NP0531), чтобы решить обратную задачу и показать, что если пульсар — вращающаяся звезда, то она должна иметь массу и радиус нейтронной звезды. Другими словами, даже без теории, развитой за последние 40 лет, можно утверждать, что звезды с массой примерно в одну солнечную и радиусом порядка 10 км должны существовать, поскольку пульсар в Крабовидной туманности и есть такая звезда». — Джереми Острайкер (Jeremiah Ostriker).



ЯНВАРЬ 1921

Грузовой автотранспорт. Наше время — эпоха грузовиков. Вчера это была железная дорога, до этого почтовая карета, а еще раньше — канал. Грузовой автомобиль определил область своей деятельности и прочно в ней утвердился.

В поездках на короткие расстояния грузовик — последнее слово эффективности. Использование грузовых автомобилей для транспортировки как грузов, так и пассажиров — исключительно экономное решение, которое, по мнению руководителей ведущих компаний грузоперевозок, идет на пользу стране в целом. И если это так, то нет никакого оправдания законодательному

ограничению движения грузового транспорта по автомагистралям.

Мир на связи. Самая длинная наземная линия в США, обеспечивающая прямую связь между Нью-Йорком и Сиэтлом, недавно была открыта телеграфной компанией *Western Union*. В каждую сторону могут быть отправлены одновременно четыре сообщения по одной медной нити.



Погрузочные и разгрузочные машины делают грузовик производительным звеном транспортной системы, 1921 г.



ЯНВАРЬ 1871

Разносторонний Гексли. Хотя доктор Гексли обладает глубокими познаниями в естествознании, он находит время и для литературы. Именно эта широкая культура придает такую силу его дискуссионным публикациям. Похоже, больше всего ему нравятся регулярные пота-

совки с представителями старой школы, иногда его даже обвиняют в излишней язвительности. Однажды Сэмюэл Уилберфорс, епископ Оксфорда, в присутствии многочисленной публики спросил его: «Неужели ученый джентльмен действительно желает, чтобы весь мир узнал, что он считает себя произошедшим от обезьяны?» Гексли ответил: «Если бы передо мной стоял выбор произойти от достойной обезьяны или от епископа англиканской церкви, не могущего найти своему мозгу лучшее применение, чем высмеивать науку, я бы определенно выбрал обезьяну!»

Верблюды в Неваде. На ранчо на реке Карсон содержится стадо из 26 верблюдов, и все они, кроме двух, родились и выросли в Неваде. Теперь можно сказать, что верблюд акклиматизировался в этом штате. Ранчо песчаное и бесплодное, однако они питаются и набирают жирок, поедая колючие кусты и горькую растительность, которые не заставишь есть никакое другое животное. Насытившись грубыми травами пустыни, верблюды с величайшим удовольствием катаются по горячему песку. Их используют для переноски соли с пустынных солончаков на речные мельницы. На некоторых животных легко навьючивают около 500 кг соли. ■

富嶽三十六景
神奈川沖
浪裏

Кацусика Хокусай.
Большая волна в Канагаве

舟江島一景




ФИЗИКА



«Между ПОЭЗИЕЙ и НАУКОЙ нет противоречия»

Академик Владимир Евгеньевич Захаров — один из самых цитируемых российских ученых, известный поэт, физик, математик и океанограф, создатель нового раздела физики — теории волн в нелинейных средах, профессор Аризонского университета (США), профессор Сколтеха, главный научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН.



Мы встретились с В.Е. Захаровым у него дома. Ученый рассказал об экстремальных волнах на воде (одиночные волны-убийцы), механизм появления которых впервые удалось объяснить с помощью его работ, а также о сходстве поэзии и математики, гениях в науке и нерешенных вопросах физики.



— Вам удалось провести численное моделирование и впервые объяснить механизм возникновения волн-убийц. А почему это природное явление выделяют в отдельную область научного знания?

— Это действительно интересное природное явление, в существование которого ученые раньше не верили. У таких волн есть разные разговорные названия: *freak-wave* (волна-безумец), *rough-wave* (волна-бандит), волна-одиночка, блуждающая волна и т.д. В портовых кабаках матросы часто рассказывали об огромной разрушительной волне, которая внезапно возникает как будто из ниоткуда и потопляет суда, но научных данных об этом никаких не было. Поэтому сначала такие волны-убийцы были чем-то вроде байки. Однако ситуация изменилась в 1960–1970-е гг., когда со дна океана стали добывать нефть, сооружая для этого специальные платформы с записывающими приборами на борту. На одной из таких платформ в Северном море 1 января 1995 г. впервые была зафиксирована одиночная огромная волна-убийца высотой почти в 30 м. Ее тут же окрестили «новогодней волной». С тех пор и началось их систематическое изучение.

Действительно, экстремальные волны — это отдельная область знания, потому что

они бывают не только на воде, но и в оптических линиях, и в плазме, — словом, это общефизическое явление, и возникает оно в результате самофокусировки. Что это такое? Вот представьте фокусировку света. Если вы пустите луч света на кристалл, то этот кристалл будет сам по себе работать как линза: он соберет весь этот свет в одну точку, и там кристалл разрушится. Это и есть самофокусировка. То есть природа постоянно самопроизвольно производит концентрацию энергии в локализованном месте. Это, кстати, довольно общее явление.

То же самое происходит и в плазме, называется ленгмюровский коллапс — образование в плазме катастрофически углубляющихся областей пониженной плотности, содержащих захваченные ленгмюровские колебания. Это одно из фундаментальных явлений физики плазмы. Я долгое время этим занимался и очень горд, что открыл явление коллапса ленгмюровских волн. Если объяснять простыми словами, это то же самое, что и вспышка быстрых электронов, которая возникает, когда собирается энергия. Подобное явление, кстати, очень сильно препятствует созданию управляемой термоядерной реакции, а значит, и решению энергетического кризиса, с которым совсем скоро столкнется человечество. Дело в том, что такие коллапсы в плазме создают быстрые электроны, которые, грубо говоря, очень портят среду.

Непосредственно волнами на воде я действительно занимался одним из первых в 1980-е гг. У нас с коллегами были численные алгоритмы для решения динамических уравнений на воде, и мы применили их для описания волн-убийц. Таким образом, мы увидели, как это все возникает и что это явление связано с неустойчивостью — так называемая модуляционная неустойчивость. У меня, кстати, кандидатская диссертация была на тему модуляционной неустойчивости. Мне в прошлом году дали медаль имени Н.Н. Боголюбова. Я посмотрел, за что,

и выяснилось, что как раз за работы, содержащиеся в кандидатской диссертации. Я защитил ее в 27 лет, а сейчас мне 81 год. Но у математиков это обычное дело. (Смеется.) Конечно, я всю жизнь работал и получал за свой труд самые разные премии, но именно эту медаль мне дали за работы моей молодости.

— Именно эти работы помогли лучше понять природу столь опасного явления, как экстремальные волны на воде. Кстати, а что делать морякам, которые столкнулись с волной-убийцей? Есть хоть какой-то шанс от нее спастись?

— Алгоритмы работы с волнами-убийцами уже созданы и успешно применяются, мы тоже продолжаем изучение таких волн. Основная проблема сейчас состоит в том, чтобы научиться описывать статистику этих явлений. Ведь тут загвоздка в том, что когда скоро эта волна-убийца возникла, то способа борьбы с ней нет. Единственное, что может сделать капитан судна, это попытаться повернуться к волне, скажем, носом: чтобы она ударила не в бок, а в нос. Это менее опасно. Но он может не успеть сделать это за несколько минут.

Блуждающую океанскую волну в отличие от цунами невозможно предсказать. Она появляется внезапно и так же стремительно исчезает. До сих пор остается открытым вопрос о продолжительности жизни таких волн-убийц. Кроме того, волны-убийцы не имеют такой явной причины, как в случае с цунами, которые спровоцированы землетрясениями.

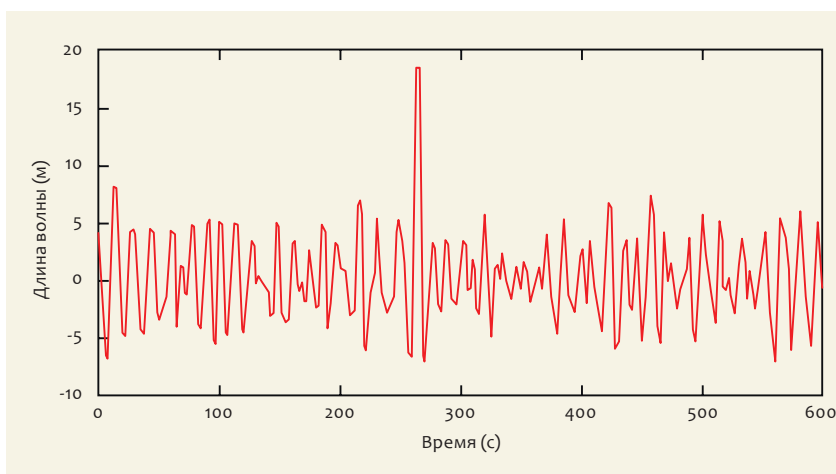
— Кроме продолжительности жизни волн-убийц, какие еще важные, на ваш взгляд, вопросы в науке остаются нерешенными?

— Продолжительность жизни такой волны в рамках точных наук, конечно, вопрос простой и, я бы даже сказал, мелкий. Потому что в конечном итоге мы можем численно промоделировать время жизни волн-убийцы и получить ответ. Думаю, в течение двух-трех лет этот вопрос может быть решен, здесь никакой великой тайны нет. Другое дело, скажем, темная материя и темная энергия. Вот это действительно загадки вселенского масштаба, к которым мы пока вплотную так и не подошли.

Возьмем для примера какую-нибудь галактику. В ней есть спиральные структуры, где есть звезды,

системы планет, подобные нашей Солнечной системе. Мы можем с помощью доплеровского смещения измерить скорость каждой звезды, ведь когда звезда движется, у нее немножко меняется спектр, смещаются спектральные линии. Казалось бы, мы можем построить график того, как эта скорость зависит от расстояния: звезды на периферии, в случае если обычная масса сосредоточена в центре, в теории должны двигаться по орбите медленнее, чем оказалось на самом деле. Выяснилось, что скорости звезд не зависят от расстояния. Это было удивительное открытие, которое показало, что в галактиках сосредоточена какая-то принципиально другая материя. Причем ее не видно и она ни с чем не взаимодействует, но создает гравитацию и совершенно другой профиль скорости звезд и галактик. Темная материя пронизывает все пространство, она есть даже в комнате, где мы сейчас находимся, но мы ее не ощущаем.

Еще один интересный эффект, связанный с темной материей, — то, что галактика работает как гравитационные линзы. Согласно общей теории относительности, свет в гравитационном поле отклоняется. Это один из самых первых эффектов общей теории относительности, который был измерен. Так вот, было обнаружено искривление траектории: галактики, работая как гравитационные линзы, искривляют траекторию света так, что лучи сходятся. И когда пытаются выяснить интенсивность этой линзы (это можно посчитать), то опять получается, что не хватает материи, которая есть в галактике. Нужно больше материи. Откуда? Это темная материя. Есть множество гипотез, как ее



Волна Дропнера, или «новогодняя волна» — гигантская волна, измеренная в первый день 1995 г., которая наконец подтвердила существование волн-убийц, ранее считавшихся почти мифическими

объяснить, но нужно получить экспериментальное доказательство, а также очень четкое астрофизическое подтверждение. Однако пока не просматривается никаких перспектив поймать и пощупать ее.

Второй интересный вопрос — темная энергия. Как известно, галактики разлетаются. В 1929 г. с помощью оптического телескопа это увидел крупнейший астроном прошлого столетия Эдвин Хаббл. В этом же году он опубликовал свою статью о разбегании галактик, которая сразу привлекла всеобщее внимание. Еще до этого наш замечательный соотечественник А.А. Фридман предсказал этот эффект при помощи общей теории относительности. Разбегание галактик Фридман описал с помощью нестационарной модели Вселенной. Потом эту теорию переоткрыли на Западе. Они, конечно, всячески пытались стереть имя А.А. Фридмана из этой всей истории, но, к счастью, не получилось, в итоге он стал считаться соавтором теории.

В 1990 г. для изучения разбегания галактик в космос был запущен телескоп, названный в честь Эдвина Хаббла. Именно для объяснения результатов, полученных «Хабблом», и была предложена идея темной энергии.

Расстояние до галактик можно измерить, это делается по угловому радиусу. Примечательно, что все галактики более или менее одинаковы по размеру, поэтому расстояния до них можно измерить. Можно измерить также и скорости убегания галактик. Общая теория относительности это вроде объяснила, да? А Фридман, как я уже говорил, это объяснил в своей нестационарной модели Вселенной. Но когда стали измерять — а теория предсказывает, как скорость должна расти с расстоянием, — выяснилось, что скорость растет быстрее. А это означает, что там есть какое-то странное вещество.

Его назвали темной энергией. У него положительная плотность энергии, но давление отрицательное. Об этой темной энергии мы тоже пока еще очень мало знаем. То есть физика опять сталкивается с тем, что она не до конца понимает мироздание. Понимаете, в физике бывают периоды, когда нам в какой-то момент кажется, что уже все известно и открыто...

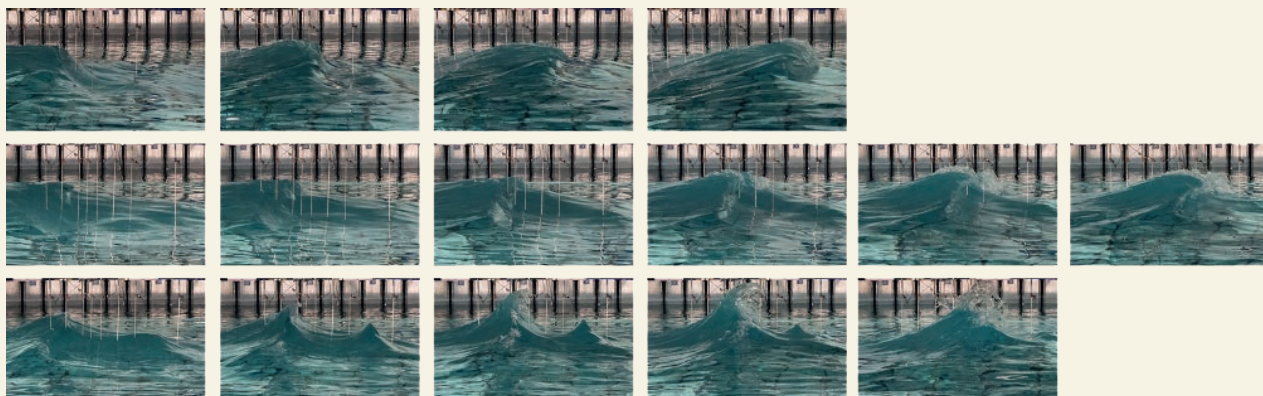
— Как было перед открытием квантовой теории?

— Именно. В конце XIX в. ученые заявляли о том, что в физике уже не осталось места для новых открытий, и Макс Планку — будущему пионеру квантовой механики — советовали не заниматься физикой, так как «почти все открыто». Но Планк продолжал свои исследования по излучению абсолютно черного тела. Он задавался вопросом: почему у него именно такой спектр излучения и откуда берется этот «хвост»? Ему пришлось допустить, что атомы отдают энергию не сплошным потоком, а маленькими неделимыми порциями — квантами энергии. Так родилась квантовая теория, и это все изменило.

Во время моей молодости, лет 30–40 назад, тоже казалось, что все в физике уже понятно, остались лишь мелочи, детали. А потом мы узнали о темной энергии и темной материи, и сегодня это важнейшие вопросы, касающиеся структуры нашего мироздания. И пока что эти вопросы так и висят в воздухе.

— Владимир Евгеньевич, вы известный поэт и ученый. Что общего у поэзии и науки?

— Между наукой и поэзией на самом деле нет большой пропасти. Здесь нет никакого противоречия. Было довольно много ученых-поэтов. Вы знаете Омара Хайяма? Какие стихи он писал! Его знаменитые рубаи —



бессмертные четверостишия! Он воспевал вино и любовь, его влияние на поэзию было огромным. При этом Омар Хайям был поистине выдающимся математиком, опередившим свое время. Он придумал решение кубических уравнений задолго до того, как это сделали в Европе. Кроме того, Хайям был еще и придворным астрономом у Улугбека.

Всем более или менее известным поэтам другие поэты посылают свои стихи. Вот мне, поскольку я поэт и ученый, коллеги по цеху присылают свои произведения в большом количестве. Вы даже не представляете, сколько этих стихов, как много наших ученых пишут — это же просто страшное дело! Однако пишут-то многие, но мало кто достигает профессионализма в двух областях сразу, а в поэзии чрезвычайно важно быть профессионалом. В этом смысле я благодарен своей матери: она была поэтом и знала наизусть множество стихов. Мама с детства мне читала стихи. Стихотворение А.А. Блока «Незнакомка» я помню, кажется, лет с четырех. Она читала мне С.А. Есенина, А.А. Блока, М.Ю. Лермонтова, А.С. Пушкина. Это очень важно — вовремя поставить человеку слух, чтобы он отличал нюансы.

Понимаете, дело в том, что в поэзии есть так называемая проблема прилагательных. Вы хотите сказать «сочный», «спелый» и т.д., и у вас возникают 50 синонимов, из которых нужно выбрать всего один. А как выбрать — непонятно. Причем звук выбранного слова потом должен отражаться в других, давать какие-то ассоциации. Вот это умение требовательно относиться к слову приобретается путем большой и кропотливой работы, а самое главное — через знакомство с поэзией, через чтение. Мне повезло, потому что большую часть работы выполнила моя мама, которая мне привила этот

навык. Я уже в 12 лет мог наизусть читать «Демона» М.Ю. Лермонтова и т.д. Это упростило дело и очень сильно мне помогло. Но я и сам проделал достаточно серьезную работу, чтобы достичь профессионального уровня в поэзии.

— Какими были ваши первые стихи?

— Я начинал с написания верлибров — свободных от жесткой рифмометрической композиции стихотворений. Тогда в моде были Федерико Гарсиа Лорка, Николас Гильен и другие приверженцы свободного стиля. Своих отечественных верлибристов в то время почти не было. Я писал верлибры, а потом в какой-то момент сказал: «Стоп, надо научиться писать обыкновенную силлаботонику!» — и стал упорно этим заниматься. Потом написал в этой манере первый сонет, показал его друзьям и получил их одобрение.

Между поэзией и математикой есть одно важное сходство: так называемое ощущение ошибки. Что я имею в виду? В математике чрезвычайно важно, если ты доказываешь теорему, да и вообще в любых вычислениях, не сделать ошибки. Точно так же и в поэзии: каждое слово подбирается очень тщательно, и ошибок быть не должно. Одним неверным словом можно испортить любое хорошее стихотворение. Ведь слова находятся в очень сложных отношениях друг с другом, объединяются в кластеры, если хотите. Каждое слово имеет свой дополнительный смысл, который при написании стихов нужно учитывать.

Как-то раз мы обсуждали с моим бывшим другом его стихотворение, где были такие строчки: «Ранним утром, ранним утром в темном блеске чешет дождь. Я открываю занавеску...». Я говорю ему: «Стоп, "чешет" — это ошибочное слово, его здесь быть не должно». Конечно, автор имел в виду, что «чешет» дождь — значит бьет часто. Но слово «чешет», безусловно, связано с тем, чтобы расчесывать волосы. Поэтому сразу возникает ряд совершенно ненужных ассоциаций. Такого нужно всячески избегать.

Со словом необходимо быть очень бережным: надо всегда думать о том, что слова, которые ты употребляешь, могут иметь много разных смыслов и тебя могут поймать на том, что ты произнес слово, а оно, оказывается, означает то, чего ты в своем стихотворении никак не хотел сказать. Поэтому, действительно, поэзия требует аккуратности, как и математика. В этом смысле поэзия не слишком сильно отличается от точных наук.

Моделирование волны Дропнера в 2019 г., показывающие, как образуется крутизна волны и как разбивается гребень волны-убийцы, когда волны пересекаются под разными углами.

← 0° — гребень ломается по горизонтали и погружается, ограничивая размер волны.

← 60° — характерен некоторый подъем вверх.

← 120° — наиболее точное моделирование волны Дропнера: волна разбивается вверх в виде вертикальной струи, высота гребня волны не ограничивается разрушением.

Прозу я, кстати, не писал, но, наверное, если И.А. Бунина спросить, он бы то же самое сказал. У него тоже, наверное, были очень строгие требования к стилю, и большей частью он ругал со страшной силой то, что всюду пишут. В общем, я считаю, что поэзия и наука не слишком сильно отличаются, и очень многие люди стремятся заниматься и тем и другим. Вопрос в том, сколько времени и сил они готовы на это потратить и какое образование получили.

— **Были ли в вашей жизни какие-то особенные эпизоды, связанные с поэзией?**

— Конечно! И об одном из них я с удовольствием вам расскажу. Как вы знаете, О.Э. Мандельштам в 1930-х гг. был сослан в Воронеж, где прожил два года. Там он написал несколько циклов стихотворений — «Воронежские тетради». В Воронеже была девушка, Наталья Штемпель, которая переписала это все в две тетрадки. И дальше случилась совершенно удивительная вещь: спустя очень много лет эти тетрадки были переданы мне на хранение. Меня попросили подержать их у себя дома. Почему? Достаточно загадочная история. Вероятно, потому что в семье, где они были до этого, жил большой чин КГБ. И, по-видимому, он не хотел, чтобы эти записи хранились у него дома, ведь на него могли наступать собственные же сослуживцы. В итоге тетради попали ко мне, и я увез их в Новосибирск. И по глупости, так как мне было лень их переписать, я их все выучил наизусть. До сих пор помню «Воронежские тетради» О.Э. Мандельштама наизусть, хоть сейчас могу вам прочитать что-нибудь! Так вот, прошло два года — и меня попросили вернуть тетради, что я и сделал по приезду

в Москву. И тут же в Москве в каком-то известном издательстве вышли два тома О.Э. Мандельштама, где были представлены стихи из тех тетрадей. Причем я заметил в этой новой версии какие-то странности, мне казалось, что есть какое-то несоответствие. Я сообщил об этом издателям, и оказалось, что это действительно были опечатки, которые они допустили, перепечатывая О.Э. Мандельштама. Меня горячо поблагодарили, потому что эти тетради были очень даже использованы в деле. Этот интересный эпизод случился в 1960-х гг.

— **Кого бы вы могли назвать гениями в поэзии и в науке?**

— В поэзии гениев не меньше десяти, а то и больше. Одно время я был без ума от В.Ф. Ходасевича, только его и читал. О.Э. Мандельштам — тоже один из любимейших, без сомнения. А.С. Пушкин! Его строки:

*Клянусь четой и нечетой,
Клянусь мечом и правой битвой,
Клянуся утренней звездой,
Клянусь вечернею молитвой...*

Ну, что вы скажете? Это Александр Сергеевич, стихи про ислам. Как он проник в суть этого совершенно чуждого ему учения? Ведь это же абсолютная суть ислама.

В науке тоже, конечно, были гении, сколько угодно. Н.И. Лобачевский был гениальным. Он был необычайно упорен. Будучи уже ректором университета, Н.И. Лобачевский слыл среди коллег сумасшедшим из-за того, что придумал свою неевклидову геометрию. Позднее он ее издал, но параллельно, когда до нее уже додумались и другие люди.

Или взять, например, Леонарда Эйлера. Это был безусловно гениальный математик, его гениальность признается и сейчас. С Эйлером, кстати, была забавная история. Он же стал знаменитым математиком в возрасте 18 лет...

— **То есть очень рано по меркам XVIII в.?**

— Конечно. Он был учеником одного из братьев Бернулли. Петр I в эти годы создал свою Петербургскую академию наук, и он всюду искал талантливых ученых. Тогда ему указали на Эйлера: «Вот, возьми молодого человека, очень талантливый». Он пригласил его, и тот переехал в Петербург, стал академиком Российской академии наук. Так он и жил в статусе академика, но потом, когда Петр умер, наступило довольно сложное время, когда были Анна Иоанновна и ее фаворит Эрнст Бирон, когда состоялась казнь Долгоруких и т.д. Эйлер посмотрел на все это и уехал в Берлин.



Корабль Национального управления океанических и атмосферных исследований США Discoverer в Беринговом море (1979), фото: Ричард Бен

К тому времени он стал уже знаменитым ученым, и его сразу сделали полным профессором, дали жилье. Позднее, уже во время правления Екатерины II, началась русско-пруссская Семилетняя война. Русские войска заняли Берлин. Так вот, Екатерина пришла лично в гости к Эйлеру и позвала его обратно в Россию. На это он выдвинул императрице ряд требований: сделать его почетным вице-президентом академии наук (то есть никаких обязанностей не выполнять, но получать жалование), отремонтировать его загородный дом, разрушенный в ходе войны, а также взять двоих его сыновей в российскую гвардию полковниками. Последнее уже, конечно, напрягло Екатерину, потому что такие должности предназначались только для аристократии. Тем не менее она согласилась, и Эйлер переехал в Петербург. Позже она пришла к нему и сказала: «Я все ваши требования выполнила, а вы, пожалуйста, выполните мое. Я буду строить флот, и мне нужно построить большой фрегат. Рассчитайте, какой толщины должны быть на нем мачты, чтобы он не обрушился». Эйлер счел эту задачу очень интересной и стал думать о ней. Так он вывел свою знаменитую формулу устойчивости стержня, нагруженного сверху, которую я преподавал студентам неоднократно. Я всегда с удовольствием рассказываю своим ученикам эту историю.

Кстати, примерно в это же время Эйлер ослеп, потому что тогда не было электричества и он работал при свечах.

Без сомнения, это был настоящий гений! Он написал, по-моему, 400 или 500 статей, после его смерти осталось еще 300 неопубликованных работ, которые позднее появились в печати. Так что да: гениев в науке немало, были гениальные математики, физики, химики и другие ученые. Альберт Эйнштейн тоже был гениальным человеком.

— **А ведь у вас, как и у Эйлера, способности к математике тоже проявились с самого детства?**

— Все верно. С раннего детства были большие способности. Помню, где-то в восьмом классе я пришел на олимпиаду, это было в Смоленске, и мгновенно решил все задачи за восьмой класс, а также все задачи за девятый и половину задач за десятый. Я решил бы их все, но времени уже не хватило. (Смеется.) За эту олимпиаду мне подарили собрание сочинений «Пьесы советских авторов» в десяти томах, оно у меня до сих пор хранится. ■

Беседовала Янина Хужина

В.Е. Захаров

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДОБРА

Скажи мне, как в наш мир пришло добро?
Быть может, через птиц? Они кричат там,
за окном, собравшись черной стаей,
кто поручится, что не о добре?
Какая-то есть правда в крике их.

Добро к нам не могло прийти от рыб,
хоть их недооценивать не стоит,
и немые, и едва теплей воды,
но в день, когда лосось идет на нерест,
он полон столь неудержимой страсти,
что страсть берсерка перед ним — ничто.

Так, может быть, от ангелов оно?
Когда детьми после войны в Смоленске
играли мы в разбомбленных церквях,
их крылья там порою проступали
на скорбной закопченной штукатурке.

И все же я в священство верю мало.
Летел я из Америки в Россию,
и два мои соседа были *preachers*,
они считали — я не понимаю
их разговор, и вовсе не стеснялись,
и говорили. Только о деньгах,
и это пересказывать не стоит.

Так все-таки откуда в нас добро?
Ответ таков: оно от крокодилов!
Конечно, крокодилы — каннибалы,
но в хвощевом болотистом триасе,
так, двести миллионов лет назад,
бугорчатые слизистые монстры
вдруг стали защищать своих детей.
И это были предки крокодилов,
и наши тоже.
Прав был Карл Моор.

Вот так Господь и посадил росток
добра в тот мир, где звезды, пожирая
друг друга, в черных дырах исчезают,
где бывший друг, профессор-нубориш,
планирует наемные убийства.

Ну, крокодилы по пути добра
недалеко ушли. Но до сих пор
в Австралии гребнистая мамаша
в зловонной луже щелкает зубами,
отпугивая бывших кавалеров
от шустреньких своих зубастых чад.

Я прочитал об этом в третьем томе
великой, знаменитой книги Брема,
что приобрел для милых сыновей,
чтоб должное им дать образование.





КОСМОНАВТИКА

“

КОСМОС СНИЛСЯ МНЕ МНОГО ЛЕТ

”

Владимир Александрович Джанибеков в представлении не нуждается. Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, генерал-майор авиации, командир корабля во всех пяти своих космических полетах — рекорд, непревзойденный по сей день. Владимир Александрович не любит давать интервью, уговаривать его пришлось довольно долго, и главным аргументом для нашего собеседника стало то, что мы обсудим проблемы науки и будущее космонавтики.



Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза В.А. Джанибеков

— Владимир Александрович, знаю, что в детстве и юности вы демонстрировали блестящие успехи в точных науках — физике и математике — и даже поступили на физфак Ленинградского государственного университета. Почему решили оттуда уйти и поступать в Ейское авиационное училище?

— Все очень просто. Я с детства мечтал стать летчиком. Но в тот момент, а на дворе стоял 1960 г., было великое сокращение Вооруженных сил, и главным образом это коснулось авиации. В военкомате мне сказали: «В этом году у нас никаких направлений распределения в авиационное училище не поступало». И тут я увидел, что в Ленинграде есть аэроклуб, ребята летают на нормальных самолетах в ДОСААФ. Вот и решил: буду заниматься физикой, астрономией и летать на самолетах. Уже тогда я много читал научно-технической литературы по космонавтике, и там мелькали статьи о том, что скоро человек полетит в космос. Я поступил в аэроклуб, помог организовать на базе университета парашютную секцию. Около 40 человек сразу же записались прыгать, и, кстати, девчонок было больше, чем ребят. Своими руками мы отремонтировали помещение, развесили плакаты, разложили парашюты и начали заниматься. Но параллельно в военкомате комиссар дал мне большую анкету с фотографией и печатью, так называемую побегушку по медикам. Я прошел обследование и прошел по всем позициям. Я сдал первую сессию и ушел из университета.

— А к какому моменту вы поняли, что хотите попасть в отряд космонавтов?

— О космосе я начал грезить, наверное, уже в 1957 г., когда произошел запуск первого искусственного спутника Земли. Наш учитель физики рассказал нам, что такое спутник, что вообще произошло. Я уже тогда интересовался астрономией. Жили в Ташкенте, в городе тогда света было немного и в ясную погоду ночное небо было потрясающим, сплошь усыпанным звездами. А в горах казалось, что звезды можно трогать руками. Нас хорошо учили. Азы военной топографии — изучение звездного неба, ориентация по звездам и по другим признакам. Поэтому все было логично.

— Вы совершили свои пять космических полетов в интервале с 1978 по 1985 г. Скажите, пожалуйста, каким было первое впечатление от полета в космос?

— Подготовка к первому полету заняла восемь лет. Это достаточно глубокое погружение в профессию. Мне было понятно и состояние невесомости, поскольку было осуществлено достаточное количество тренировок на самолетах, шла работа в скафандре при полетах на невесомость и в гидролаборатории под водой, проводились тренировки на центрифуге. Сложилась вполне понятная, продуманная, прочувствованная модель этого полета. Но будет не вполне правильно сказать, что не было никаких неожиданностей. Когда мы вышли на свет с Олегом Макаровым (О.Г. Макаров — летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза. — Примеч. ред.), в иллюминаторе начал светиться горизонт. Потом — восход Солнца. Это была потрясающая картина, которую нельзя ни описать, ни забыть. По-настоящему торжественный момент. Представьте 16 восходов и 16 закатов за сутки, причем картина дважды никогда не повторялась. До чего прекрасна наша Земля, наш единственный и неповторимый дом, который мы, гордые хомосапиенсы, так безжалостно опустошаем...

— Такое, конечно, никакими симуляторами на Земле воспроизвести нельзя. А чем запомнился первый выход в открытый космос?

— У меня он произошел со Светланой Савицкой (С.Е. Савицкая — летчик-испытатель, вторая в мире женщина-космонавт. — Примеч. ред.). Это был первый выход женщины в открытый космос. Естественное волнение, сосредоточенность. Ведь я отвечаю за ее жизнь, безопасность. Кроме того, это была не просто прогулка, а проведение серьезного эксперимента — сварка в открытом космосе, испытание нового ручного инструмента для проведения сложных монтажных и ремонтных операций в условиях открытого космоса. Тут уже о себе не думаешь.

— Как себя проявила Светлана Савицкая?

— Она молодец, справилась. Выполнила работу на очень высоком профессиональном уровне.

Сварщики были в восторге от ее швов. Все прошло великолепно, без сучка и задоринки, хотя волнений с моей стороны было много.

— **Меняется ли мироощущение человека, который летает в космос неоднократно и проводит на орбите много времени?**

— Мне всегда хотелось совершить длительный полет, может быть не один, а по максимуму. В начале 1970-х гг., помню, серьезно разговаривали о марсианской экспедиции, и я мечтал... Мои первые четыре полета в этом смысле меня не радовали. Они были не слишком длительными. Неделя-полторы — это маловато.

— **А сколько времени вам хотелось побыть в космосе?**

— Сколько здоровья хватит. Полгода как минимум. Валерий Поляков (*В.В. Поляков, 66-й космонавт России. — Примеч. ред.*), например, полтора года летал, вернулся и говорит: «Мне бы еще неделю, только уже без программы, посидеть у окошка, посмотреть на Землю».

— **Появляется тяга к космосу, как у летчика к небу?**

— Да, мне все это часто снилось, многие годы. Проживал состояние невесомости, будто подпрыгнул и полетел над городом, над горами, над зданиями и людьми.

— **Состояние невесомости связано с так называемым эффектом Джанибекова, который вы продемонстрировали. Это эффект неустойчивости вращения твердого тела относительно второй главной оси инерции, представляющий собой следствие законов классической механики. В тот момент, когда довелось впервые наблюдать странно вращающиеся гайки, вы были удивлены или сразу поняли, что это такое?**

— Я был удивлен. Потом я неоднократно думал об этом явлении, в чем его природа. Надо сказать, до сих пор ни один ученый не вынес окончательный вердикт. Есть разные предположения, но глубокого понимания поведения вращающихся тел в состоянии невесомости я нигде не встретил. В.П. Савиных (*советский космонавт, академик, дважды Герой Советского Союза. — Прим. ред.*) наблюдал за мной, как за большим ребенком, когда я вращал эти предметы.

— **А у вас остался интерес?**

— У меня остался. В центре управления полетами во время сеанса связи старшая дочка спросила: «Папа, а что там интересно?» Показал ей эти кувырки. Она

пришла в восторг: «Ой, как здорово!» Потом уже на Земле, на научной конференции спросили, что интересного я наблюдал. Это было, кстати, в Академии наук Узбекистана. В перерыве ко мне подошел один из математиков и сказал: «Пойдем, посидим, расскажи подробности, это очень любопытно». А потом уже в Москве была конференция физиков и математиков, там я тоже поделился своим наблюдением. Так и возник интерес.

— **А в какой момент этот эффект назвали вашим именем?**

— Это от меня не зависело, я не знаю. Мне это даже неважно. Но там, на орбите, я подумал, что таким же образом может вести себя любое небесное тело, в том числе и Земля.

— **То есть Земля может совершать такие периодические кувырки в пространстве?**

— Когда я начал думать конкретно о Земле, поразмыслив, пришел к выводу, что это поведение характерно для вращающегося твердого тела. У Земли твердь относительная, есть жидкие компоненты, которые могут как-то повлиять на этот процесс, к тому же у нас хороший якорь — Луна, которая тоже взаимодействует с гравитационным полем Земли и, безусловно, служит достаточно серьезным препятствием, способным помешать таким свободным кувыркам. Однако вопросы остались. Мой внутренний голос подсказывает искать связь процессов в материальном мире с волновой сущностью элементарных частиц...

— **Владимир Александрович, давайте вспомним ваш пятый полет — самый сложный и самый известный, когда вам пришлось в ручном режиме восстанавливать вышедшую из строя станцию «Салют-7». Вам это удалось, хотя**



В.А. Джанибеков на тренажере в Центре подготовки космонавтов перед полетом на станцию «Салют-7»

не было никаких гарантий не только того, что вы ее сможете вернуть к жизни, но и того, что вы вообще вернетесь на Землю из этого полета. Страшно было?

— Страшно не было. Было любопытно, что же там произошло.

— А что там произошло?

— Залип один датчик в системе зарядки аккумуляторов. Это вырубил всю систему.

— Когда это происходит на Земле, пошел да починил. А тут надо было лететь в космос, и, как я понимаю, там не все зависело только от вас и вашего мастерства. Были совершенно непредсказуемые обстоятельства.

— Ну что там могло произойти? Главное — станция была целая. Конечно, были определенные неудобства. Но мы не избалованы комфортом. Привыкли преодолевать разного рода сложности. Это, наверное, заложено в наших людях. Мы выросли в этой среде. Поэтому просто полетели и починили.

— Вы так об этом рассказываете, будто ничего особенного не сделали. А я прекрасно помню волнение, которое охватило тогда людей, близких к ракетно-космической отрасли. Я выросла в этой среде. И когда у вас получилось, я очень хорошо помню всеобщее ликование. Это было чрезвычайно сложно с инженерной точки зрения. Вы так не считаете?

— У меня абсолютно не было сомнений в том, что я прилечу и состыкуюсь. Тем более что рядом со мной был грамотный, уже имеющий опыт работы на станции «Салют» Виктор Савиных, отличный бортиженер и очень комфортный по характеру для меня человек. В общем, у нас был хороший экипаж. Запаслись теплой одеждой на всякий случай, потому что предполагали, что там может быть низкая температура, а значит и проблемы с водообеспечением. Главная проблема у нас была с демонтажем системы регенерации воды. Трубы разморозились, все блоки, которые содержали воду, разорвались, потом из них пошла вода. Они были размещены на стенках станции, смонтированы в первую очередь, а дальше, сверху, начинали навешивать другое оборудование. Все это надо было разобрать. Представьте себе: у вас на кухне в стенах потекли трубы, нужен ремонт. Вы снимали всю мебель, куда-то вынесли. А у нас некуда вынести.

— Понятно. Не в открытый же космос выносить.

— А по объему у нас, как в пазике, не развернешься. К тому же невесомость, все летает. Резинок у нас в нужном количестве нет, чтобы зафиксировать. И освещения нет, фонарики сели мгновенно. Зарядить нечем, мобильного тоже нет, чтоб подсветить. Поэтому неудобства были. Но потихонечку разбирались и делали. С Земли очень хорошо нам помогали. Без Земли мы бы ничего не сделали, я считаю. Разговоры у нас были очень живые, без трагических ноток. По делу. Поэтому все завершилось благополучно.

— Вы проводили в космосе большое количество научных экспериментов. Вспомните, пожалуйста, наиболее интересные, запомнившиеся.

— Для меня были интересны ручные режимы, возможность управлять вручную этим гигантским комплексом. Режим звездной ориентации и стабилизации станции по маркерам, по точкам, выдерживание достаточно длительных экспозиций. Мне нравилось, когда я идеально удерживаю в долях секунды всю эту связку. Мы проводили спектрометрическую регистрацию особо крупных промышленных центров. Пролетаем Запорожье, например, и в течение всего пролета над ним я вращаю станцию, чтобы отснять с разных точек всю эту картину. Летим над Чикаго — тоже замеряли, смотрели. Еще в первом полете мне Георгий Гречко (Г.М. Гречко — летчик-космонавт,



В.А. Джанибеков и С.Е. Савицкая на борту станции «Салют-7» (1984)

Г.М. Гречко и В.А. Джанибеков после посадки на корабле «Союз Т-13» (1985) (справа)

В.П. Савиных и В.А. Джанибеков на «оживленной» станции «Салют-7» после успешного завершения ремонтных работ (внизу)



Прошло обсуждение в академии наук, была выдвинута идея Международной программы космической экологии — когда на борту станции летают профессиональные экологи, а наземные центры с ними общаются. Для этого нужно подготовить космонавтов соответствующего уровня. Международная экологическая программа тогда была уже достаточно резонансной темой, состоянием окружающей среды были обеспокоены в частности скандинавские страны и Канада.

— Как вашу идею восприняли в академии наук?

дважды Герой Советского Союза. — Примеч. ред.) говорит: «Смотри, вот следы от производственных комплексов Чикаго тянутся на восток до самой Атлантики». Я это запомнил.

Мы очень много занимались съемкой различных регионов на нашей территории. Впоследствии эта тема перешла в более серьезную исследовательскую работу, связанную с возможностями трехуровневого зондирования Земли — космос, самолеты и наземные службы. Все это завязалось на программу предполагаемой станции «Мир-2», которую планировали запустить на приполярные орбиты. Тут есть проблема: у станций МКС, «Мир», «Салют» наклонение орбиты 51 градус. Это означает, что севернее или южнее 51-й параллели мы под спутником ничего не видим. В частности, под нашим взором оказывается не вся Европа. Мы могли отснять всего лишь 7,5 % территории Советского Союза. Поэтому планировалось работать на более высоких наклонениях орбиты, что позволяло обозревать северные просторы нашей страны, вплоть до тундры. Именно с этой целью был сформирован проект «Мир-2». Это был очень интересный проект.

— В академии идея космического пилотируемого патруля была воспринята очень серьезно. В центре подготовки космонавтов была сформирована соответствующая программа, был создан отдел. Начали готовить кадры. Большое количество специалистов прошло через нашу школу экологов. Есть космонавты, которые получили второе образование инженера-эколога. В нескольких регионах Советского Союза тоже начали формироваться специализированные центры. В рамках этого проекта была проведена большая работа — инвентаризация земель Молдавии, Азербайджана, Узбекистана. Самая большая — по Узбекистану, где создано 18 тематических карт в едином ключе. Это очень масштабная и важная народно-хозяйственная работа.

Затем было продолжение по Монголии. Дублер монгольского космонавта Майдаржавын Ганзориг окончил аспирантуру Института космических исследований, и ему предоставили возможность сформировать лабораторию при академии наук в Улан-Баторе. Поставили пару компьютеров, подготовили специалистов — и центр обработки космической информации приступил к работе.



*На встрече со школьниками в Государственном музее истории космонавтики им. К.Э. Циолковского в Калуге (вверху)
На открытии памятника летчику-космонавту И.П. Волку в Жуковском (справа) (фото: Сергей Демиденко)*



Сегодня это уже достаточно серьезный информационный центр. Ганзориг — доктор наук, академик. В этом центре побывало немало специалистов из других стран. Я очень радуюсь за своих монгольских коллег.

— **Вы профессор-консультант кафедры космической физики и экологии радиофизического факультета Томского государственного университета, почетный доктор ТГУ. Почему это важно именно сегодня?**

— Я считаю, что сейчас вообще нет ничего важнее экологической темы. Все каналы время от времени касаются климатических изменений, но нечасто поднимают тему выживания человечества через 10–15 лет. А это уже совсем скоро. К этому все идет. И нас это в первую очередь касается, поскольку в Сибири будут очень серьезные изменения, связанные с потеплением. Они уже начинаются. Плывут города, подстанции, происходят настоящие бедствия. А где-то высыхают реки, озера... Уже сегодня надо думать о том, что придет день, когда действительно придется бросать города. Возможно, надо думать о том, чтобы создавать экспериментальные поселения, где люди смогут автономно себя обеспечивать достаточно длительное время.

— **Как космическая станция?**

— Примерно так. Но таких реальных проектов на государственном уровне пока нет. Во всяком случае, не ведаю, хотя живо этой темой интересуюсь. Мы сейчас обсуждаем вопросы демографии, а того, чтобы формировать у нашей молодежи, студенчества понимание того, о чем я говорю,

пока нет. Не готовы мы пока к этому. Думаю, если что-то произойдет, выживут те, кто привык жить на природе. Аграрий, лесничий, охотник в Сибири выживет, в тундре люди выживут, им не привыкать. А в мегаполисах, в Москве например, закройте магазины, АЗС, отключите электричество на полдня — и все. Конец света. Поэтому тема эта, на мой взгляд, важна и актуальна. Вопросами безопасности нашей планеты и жизни на ней, кстати, был обеспокоен недавно ушедший из жизни бывший президент РАН В.Е. Фортов. Он уделял много внимания этой тематике, в частности астероидной опасности. Думаю, нам всем сегодня тоже не стоит об этом забывать.

— **Знаю, что вы с детства увлекались рисованием. После полетов в космос вы стали автором картин, в большинстве своем космических пейзажей. Космос каким-то образом изменил ваш взгляд на мир?**

— Рисовать меня заставила жизнь. Мне было пять лет, у меня был друг Валентин, он учился во втором классе. И вот он делает уроки, а я сижу рядом и болтаю ногами. Он мне подсовывает газету, карандаш и говорит: «Вот, давай, обводи, трудись, учись рисовать, писать». Я начал обводить заголовки карандашиком. А у него

дядя — профессиональный художник, а отец, хоть и работал шофером, но тоже прекрасно рисовал. И сам Валентин умел это делать. И вот на этой самой газетке он взял и нарисовал мне голубя. Я до сих пор этот живой глаз вижу. И еще он буквы оттенил. Вдруг они всплыли, будто оторвались от плоскости. Я спрашиваю: «Как ты это сделал?» Он говорит: «А вот так. Учись».

Ну и я незаметно для себя под его нажимом научился читать, писать, рисовать. Он начал учить меня каллиграфии. Я еще в школу не ходил, а все это умел. Потом, в Суворовском училище, нас учили рисованию. В летном училище оформление классов — плакаты, схемы, боевой листок. У меня это получалось, было интересно. Изменилось ли что-то после полета? Я получил возможность общаться с большими художниками. Это, конечно, очень здорово. Но все остальное зависело только от меня, от моих возможностей.

— **Есть две противоположные точки зрения. Первая: пилотируемая космонавтика не нужна, пусть летают роботы, не надо человеку рисковать, попадать во враждебную космическую среду. Вторая: за пилотируемой космонавтикой будущее, человек не может вечно жить в колыбели, как выразился основоположник космонавтики К.Э. Циолковский. Какой точки зрения придерживаетесь вы?**

— Конечно, второй. Всегда найдутся те, кто боится двигаться вперед. Их больше. Они будут говорить: «Зачем куда-то ехать, плыть, лететь? Я кнопку нажал — и все получил». Прогресс не остановить. Мало того: он будет развиваться благодаря тем, кто не боится. Это заложено в нашей человеческой природе. Мы всегда будем стремиться к звездам, пусть и через тернии. Пусть и не все вернуться.

— **Были времена, когда каждый мальчишка мечтал стать космонавтом. Сейчас, наверное, уже мало у кого такие устремления. Как вы думаете, вернется ли романтика увлечения космонавтикой?**

— Ну, это вы неправильно сказали. Наоборот, приток желающих поступить в отряд космонавтов не убывает. Конкурс высокий. Но проблема в другом. Сегодняшняя молодежь не проходит по здоровью. Хорошие, толковые, талантливые ребята, но да-

леко не все выдерживают. А космос — среда, которая предъявляет серьезные требования к здоровью, устойчивости организма, природным резервам. Тут уж что от родителей, дедушек и бабушек получил — не испорти. Так что есть над чем задуматься.

— **Владимир Александрович, что бы вы пожелали сегодняшним молодым людям, которые интересуются космосом и космонавтикой?**

— Главное — найти себя в этом мире. Это очень непросто. Найти и понять, что, может быть, полет в космос — это не твое, но не менее важно быть рядом, быть полезным этому делу. Такие люди тоже нужны. Комиссия по отбору в отряд у нас была очень строгая. Последняя комиссия — это мандатная. И вот мне задают вопрос: «А что если не слетаешь? Вдруг сорвешься на тропе в космос? Ведь такое бывает». Отвечаю: «Я не потеряюсь в этом мире, найду себя. У меня есть чем еще заняться, мне многое интересно». И мой ответ понравился. Так что никогда не теряйтесь, ищите себя. Далеко не все природные тайны открыты...

А еще надо любить свою Родину, быть благодарными родителям за то, что мы родились в России. За нашей страной будущее. Уверен в этом. Надо быть активным в этом мире, верным, добрым, честным, справедливым. Очень простые советы. Даже в чем-то банальные. Но, поверьте, они и есть самые правильные. ■

Беседовала Наталья Лескова

Редакция благодарит за предоставление архивных фото Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского в Калуге и Ассоциацию музеев космонавтики России (АМКОС).



В.А. Джанибеков. Грезы о небе



ГОД

на

ГОД

не приходится

Валерий Чумаков

Наш сегодняшний григорианский календарь значительно точнее своих прародителей, однако он не очень удобен, поэтому уже скоро мы, возможно, будем жить по новому летоисчислению

Календарь — одно из величайших изобретений человечества. Способность задолго предсказывать, что через столько-то перемен дня и ночи наступят холода и выпадет снег, а еще спустя столько-то дней природа вернется к нынешнему состоянию, для непосвященного должна казаться чем-то вроде откровения свыше. Именно поэтому в древности дело счета дат было исключительно привилегией жрецов. Они рассказывали людям, когда надо начинать пахать, когда сеять, а когда — готовиться к разливам рек. Взамен жрецы получали всеобщий почет, уважение и материальное вознаграждение. Хотя их календари были далеки от того, что мы называем точностью, а продолжительность их года могла колебаться от 354 (в вавилонском) до 385 (в еврейском високосном) суток. В те далекие времена ошибка в несколько дней существенной не считалась. То ли дело сейчас.



Каменная версия календаря майя
(Смитсоновский институт)



Календарь храма в Ком-Омбо (Египет). В календаре показаны иероглифы для дней четвертого месяца жатвы и первого дня первого месяца потопа.

МЕСЯЦЕМ БОЛЬШЕ — МЕСЯЦЕМ МЕНЬШЕ

Первыми были календари, отталкивавшиеся не от солнечного, а от лунного цикла. В древнем Вавилоне, откуда произошел старейший из известных нам календарей, отследить смену времен года по климату было весьма сложно. А вот рассчитать жрецам, что Луна исчезает, появляется, растет и убывает через строго определенное количество суток, было довольно просто: в их обязанности как раз и входило наблюдение за небом — жилищем богов. Они и посчитали. Произошло это примерно 4 тыс. лет назад. Поскольку период обращения Луны вокруг Земли относительно Солнца составляет 29,53 суток, вавилонские месяцы были попеременно равны 29 и 30 дням, а год состоял из 354 суток — на 11 меньше, чем у нас. Время от времени, для того чтобы исправить накопившиеся ошибки, официальные власти вводили дополнительный месяц. Так, до нас дошел указ царя Хаммурапи, датированный 1760 г. до н.э., о единовременном введении, дабы компенсировать «недостаток года», месяца «улулу второй».

Однако наш отечественный календарь ведет начало не от вавилонского, а от римского. В Риме первые дни каждого месяца, совпадающие с новолунием, назывались календами. Древние финансисты, давая в деньги в долг проценты, чтобы не утруждаться подсчетом дней, договаривались с должниками о том, что проценты следует платить всякий раз, когда на небе появляется новая луна, в календу. Соответственно, долговые книжки назывались календарями (лат. *calendarium*). От этих книжек со списком должников и с днями просрочек и пошли наши современные календари.

Изначально римский календарь состоял из десяти месяцев и начинался с марта, названного

так в честь бога войны Марса. Однако такой «неправильный» календарь просуществовал недолго. Уже второй после Ромула, основателя Великого города, правитель Нума Помпилий на рубеже VIII и VII вв. до рождения Христа добавил к старым десяти еще два новых месяца: январь (лат. *Januarius*, по имени двуликого бога времени Януса), и февраль (лат. *Februarius*, от *februaire* — «очищать», ибо в этом месяце римляне приносили очистительные жертвы). Таким образом Помпилий довел продолжительность года до 355 дней — на день точнее, чем у вавилонян. Для того чтобы исправлять накапливавшиеся календарные погрешности, власти Рима раз в два-три года вводили между 23 и 24 февраля дополнительный месяц — мерцедоний (лат. *Mercedonius*, в честь богини торговли Мерцедоны) длительностью 22–23 дня, на усмотрение жрецов и светских властей.

НЕ ПО ДНЯМ, А ПО ЧАСАМ

Такая календарная анархия продолжалась вплоть до 46 г. до н. э., когда Гай Юлий Цезарь, укрепляя свою вертикаль власти, решил навести порядок и с исчислением дат. Приглашенные им лучшие египетские астрономы под руководством уроженца Александрии Созигена установили, что год состоит из 365,25 суток и разработали календарь, который в честь реформатора был назван юлианским. Месяцы в нем получили привычное нам количество дней, а в феврале повелением Цезаря через каждые три года на четвертый следовало делать два 24-х числа. Первым високосным годом стал 45 г. до н.э. До второго Цезарь не дожил, а отвечавшие за счет времени жрецы, так и не разобравшись в нововведении, чуть было опять всех не запутали, начав вставлять дополнительное число не через три года на четвертый, а в каждый третий год. Порядок удалось навести только через 36 лет, когда по повелению императора Августа был восстановлен правильный счет, а накопившиеся лишние три дня упразднены. С тех пор имена обоих календарных реформаторов прочно осели в европейских календарях: именем первого, Юлия, был назван июль, носивший до того название квинтилий (от лат. *Quintilis* — «пятый»), а второго, Августа, — август, бывший секстилий (от лат. *Sextilis* — «шестой»).

И все было бы замечательно, если бы год длился столько, во сколько его оценили александрийские астрономы, а именно 365 суток и шесть часов. Но более точные расчеты, произведенные уже в середине второго тысячелетия нашей эры, показали, что его продолжительность составляет 365 суток, пять часов и 49 минут. Ошибка в 11 минут за 128 лет съедала одни сутки. На небольших промежутках времени это было не особенно заметно, а вот на фоне тысячелетий...

К сведению

Дабы не обижать богов, вавилонские жрецы каждый день по очереди посвящали одному из семи известных им небожителей — Солнцу (воскресенье), Луне (понедельник), Марсу (вторник), Меркурию (среда), Юпитеру (четверг), Венере (пятница) и Сатурну (суббота). Отголоски этого можно до сих пор слышать, например, в английском языке. *Sunday* — «солнечный день», *Monday* — «лунный день», *Saturday* — «день Сатурна». Сатурн у вавилонян не пользовался славой доброго небожителя, помощи от него особой не ждали, скорее наоборот. Поэтому всякая работа в седьмой день в Вавилоне считалась обреченной на неудачу. В этот день лучше было расслабиться и отдохнуть. Так на свет появился первый выходной. В современной науке считается, что евреи позаимствовали свое название дня отдохновения, «шаббат», во время вавилонского плена (контаминация акад. *sebūtu* — «седьмой день лунного месяца» и *šapattu, šabattu* — «15-й день лунного месяца, полнолуние»).

В древнеславянском календаре неделя состояла из девяти дней, последний из которых, как и в Вавилоне, отводился под отдых. В этот девятый день положено было ничего не делать, вот и прозвали его «ни дела».

К середине XVI в. реальный солнечный календарь, который по-научному принято называть тропическим, обогнал юлианский на десять суток. Ученые, заметив, что весеннее равноденствие наступает уже не 21 марта, как это было раньше, а 11 марта, забили тревогу и обратились к одному из самых влиятельных людей того времени — папе римскому Григорию XIII. Для него вопрос точности датировки дня равноденствия был принципиален, ибо именно исходя из него исчислялся день празднования Пасхи — основного праздника всех христиан.

Подготовку новой календарной реформы папа поручил выдающимся астрономом того времени — Христофору Клаввию и Алоизию Лилию. По результатам их трудов 24 февраля 1582 г. была выпущена специальная папская булла (приказ, неоспоримый для всех католиков), названная по первой строке *Inter gravissimas* — «Среди важнейшего».

Среди важнейшего папа приказывал:

- 1) изъять из календаря десять дней так, чтобы за 4 октября 1582 г. следовало сразу 15 октября;
- 2) отныне считать год високосным, то есть состоящим из 366, а не 365 дней, в случае если он:

Факт

Високосным бывает не только год, но и секунда. Астрономы раз в несколько лет добавляют эту секунду к «универсальному координированному времени» (тому точному времени, по которому мы живем), чтобы согласовать его со средним солнечным. В последний раз она вводилась в 2016 г. Тогда между 23:59:59 31 декабря и 00:00:00 1 января была вставлена високосная секунда 23:59:60.

а) без остатка делится на четыре;

б) не оканчивается на два нуля или без остатка делится на 400 (то есть 2000 г., хоть и кончается на два нуля, високосный, поскольку делится на 400).

Эти два правила возвращали дни равноденствий на свои исторические места и корректировали найденную 11-минутную ошибку.

В 1583 г. Григорий XIII предложил перейти на «новый счет» и православным. Вопрос был выдвинут патриархом Константинопольским Иеремией II на Собор и благополучно провален. Поводом для отказа, как ни странно, послужил тот же расчет пасхалий. Дело в том, что по новым правилам Пасха могла совпадать (как в 2017 г.) с иудейской пасхой или даже свершаться раньше нее (бывает часто), что категорически запрещалось седьмым Апостольским правилом: «Если кто, епископ,

или пресвитер, или диакон святой день Пасхи прежде весеннего равноденствия с иудеями праздновать будет: да будет извержен от священного чина». Кроме того, по григорианскому календарю (именно так была названа новая система летоисчисления) в некоторые годы совершенно исчезал Петров пост, начинавшийся через неделю после Дня Святой Троицы, который в свою очередь приходится на 50-й день после Пасхи (Пятидесятница), и заканчивавшийся в День Святых Петра и Павла — 12 июля (по новому стилю).

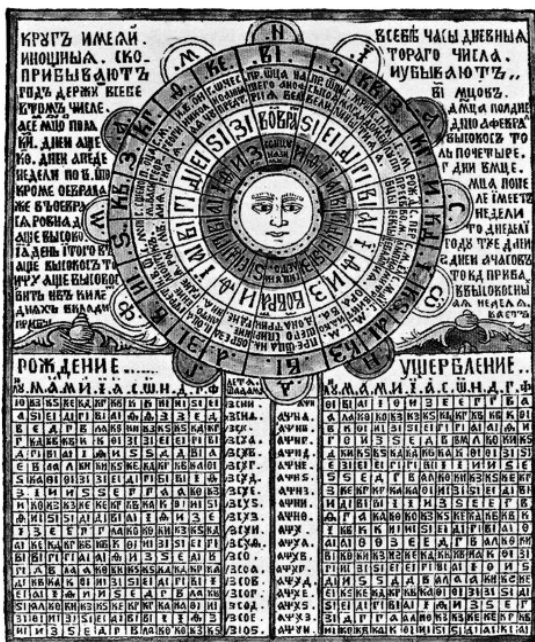
В результате католическая церковь получила неправильные пасхалии, а православная — неправильный календарь, в котором расхождение с тропическим увеличилось за четыре следующих столетия еще на три дня и составило на сегодня уже не десять, а 13 суток, поскольку в 1700, 1800 и 1900 гг. в григорианском календаре было по 365 суток, а в юлианском — 366.

РУССКИЙ ПУТЬ

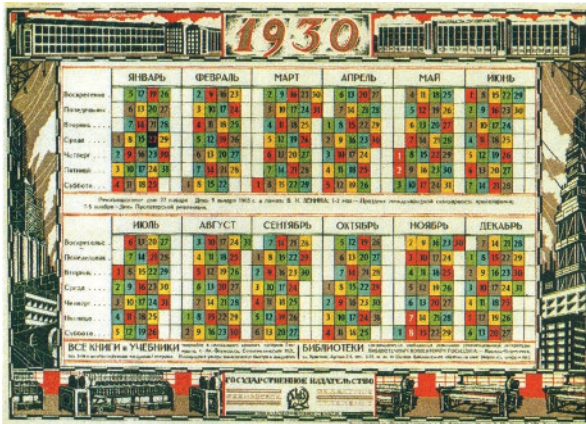
Византийский календарь, совпадающий с юлианским во всем, кроме названий месяцев, пришел в Россию вместе с принятием христианства. Летоисчисление велось «от сотворения мира» (по церковной традиции — 21 марта 5509 г. до н.э.), а Новый год праздновался 1 марта. В 1348 г. русская церковь, опираясь на решения Никейского собора, приняла решение о праздновании Нового года 1 сентября. Но окончательно эта дата утвердилась только в 1492 г. указом Ивана III. Петр I своим именным указом от 15 декабря 1699 г. (вслед за 31 декабря 7208 г. от сотворения мира) повелел встречать Новый год 1 января 1700 г. от Рождества Христова: «Да генваря ж в 1 день, в знак веселия, друг друга поздравляя с новым годом и столетним веком, учинить сие: когда на большой Красной площади огненные потехи зажгут и стрельба будет, потом по знатым дворам, боярам, и окольниковым, и думным и ближним, и знатым людям, полатного, воинского и купецкого чина знаменитым людям, каждому на своем дворе, из небольших пушечек, буде у кого есть, и из нескольких мушкетов, или иного мелкого ружья, учинить трижды стрельбу и выпустить несколько ракетов, сколько у кого случится...»

По юлианскому календарю мы жили вплоть до 1918 г. Новая большевистская власть не дорожила пасхалиями, поэтому одной из первых ее реформ стала календарная. С 14 февраля (1 февраля по старому стилю) страна была в декретном порядке переведена на григорианский календарь, по которому уже жила почти вся Европа. По нему мы живем и сейчас.

Хотя, как оказалось, григорианский календарь тоже не так точен, как того хотелось бы. По современным данным, год длится на 11 секунд меньше, чем это представлялось ученым XVI в. Ошибка



Московский лубковый календарь, XVII в.



Советский календарь на 1930 г. Цветом выделены разные дни пятидневной недели, однако традиционные семидневные недели и число дней в месяцах сохранились.

размером в сутки при этом набегают за 3280 лет. Чтобы решить эту проблему, в начале прошлого века профессор Белградского университета Милутин Миланкович разработал «новоюлианский календарь», по которому сейчас живут греческая и некоторые другие православные церкви. По нему високосными считаются те годы, которые делятся без остатка на четыре и не делятся на 100, или же делящиеся на 900 с остатком 200 или 600. При таком подсчете ошибка в водни сутки набегают за 43,5 тыс. лет.

НИКАКОГО ЧИСЛА

Но главный довод противников современных календарей — вовсе не их неточность. Ибо с поправкой в несколько суток за несколько тысячелетий еще можно смириться. Основным неудобством нынешних систем считается то, что в разные годы одни и те же числа приходятся на разные дни недели. В результате для того, чтобы узнать, на какой день выпадет, например, 29 мая будущего года, нам нужно лезть в календари или

Дата

Чтобы война с СССР была короткой, мистик и символист Адольф Гитлер выбрал для первого удара ночь 22 июня — самую короткую в году. Даже время нападения имело смысл: незадолго перед восходом солнца в Берлине. Наступал самый длинный день в году, в представлении фюрера в мире рождалась новая эпоха. Но небесная канцелярия оказалась явно не на стороне Гитлера.

Цифры

72 пятидневки — такую структуру имел действовавший в СССР с 1929 по 1931 г. «советский революционный календарь». Все рабочие и служащие разбивались на пять групп, у каждой из которых был свой выходной. Так правительство пыталось установить «непрерывку» — режим, при котором предприятия могли работать без перебоев. Каждый месяц состоял из 30 дней, оставшиеся же пять дней считались праздничными и не имели чисел, только собственные имена — «день Ленина» (сразу за 30 января), два «дня труда» (перед 1 мая) и два «индустриальных дня» (после 7 ноября). Отсчет лет производился как по григорианской системе, так и от Октябрьской революции 1917 г.

заниматься непростыми подсчетами. Кроме того, некоторым бывает сложно запомнить, в каком месяце сколько дней (впрочем, для выяснения этого есть очень удобный прием с костяшками пальцев).

С целью решения этих проблем в 1923 г. в Женеве при Лиге Наций (предшественнице ООН) был создан специальный комитет по разработке нового календаря. К 1954 г. он подготовил несколько проектов. Наиболее радикальным и удачным был признан календарь Конта. Год в нем делился на 13 месяцев, в каждом из которых было по 28 дней. Таким образом, месяц состоял ровно из четырех недель и дням недели незачем было «бегать» по разным числам. Первое число любого месяца в новом календаре всегда было понедельником, второе — вторником, третье — средой и т.д., до 28-го, которое всегда приходилось на воскресенье. Поскольку 13 месяцев по 28 дней давали в сумме 364 дня, для того чтобы довести количество дней до стандартных 365, между 31 декабря и 1 января вводился специальный «день Нового года» без числа и вне недели. В високосные годы таких «безнедельных» дней должно было быть два.

Тогда проект, несмотря на очевидные удобства, не прошел. Но это отнюдь не значит, что новый календарь был похоронен. Сегодня на Земле одновременно с григорианским календарем в разных странах официально действуют еще еврейский, исламский, китайский, эфиопский, иранский, буддийский, японский, календарь чучхе и т.д. И если уж мы идем по пути глобализации и стандартизации, то одним из главных шагов должна стать стандартизация календаря. Так что всемирная упростиельная календарная реформа — лишь вопрос времени, причем не столь отдаленного. ■



КОСМОС

ОРБИТАЛЬНАЯ АГРЕССИЯ

Как мы предотвращаем войну в космосе?

Энн Финкбайнер

ОБ АВТОРЕ

Энн Финкбайнер (Ann Finkbeiner) пишет о науке, проживает в Балтиморе. Специализируется на материалах по астрономии, космологии и проблемам на стыке науки и национальной безопасности. Финкбайнер — соучредительница и гордая со-владелица группового научного блога «Последнее слово ни о чем» (*The Last Word on Nothing*).



30

января 2020 г. один из энтузиастов — наблюдателей за спутниками написал в *Twitter*: «Есть кое-что, требующее дополнительной проверки». Российский инспекционный спутник «Космос-2542», по его словам, «окачивается» возле американского спутника-шпиона *USA 245*; «когда я это печатаю, — сообщил он далее, — расстояние между ними составляет 150–300 км». Вскоре *USA 245* скорректировал свою орбиту, чтобы улететь подальше от «Космоса-2542», который в свою очередь тоже изменил свою орбиту, чтобы снова приблизиться. «Это лишь косвенные доказательства, — написал наблюдатель, — но чертовски много деталей указывают на то, что известный российский инспекционный спутник, похоже, в настоящее время инспектирует известный американский спутник-шпион».

Лора Грегго (Laura Grego), астрофизик, изучающая космическую технику, увидела этот твит; она ведет каталог спутников, поэтому читала сообщения наблюдателей-любителей, по ее словам, «еще до того как был изобретен *Twitter*». Спутник одной страны преследует спутник другой — это именно то, чем озабочены такие люди, как Грегго, которых беспокоит проблема войны в космосе. Космическая война — это не боевые летательные аппараты, расстреливающие друг в друга в межпланетном пространстве. Вернее, это даже не война в привычном смысле, если взглянуть на феномен с вершины военной науки: «Спутники не сбрасывают бомбы, — говорит Грегго, — и они не быстрее, не лучше и не дешевле, чем другие способы бомбардировки». Космическая война — это борьба со спутниками. Возможно, «Космос-2542» имеет средства, чтобы помешать работе спутника *USA 245*, или повредить его, или даже разнести на кусочки. И если бы он так сделал, США, вероятно, ответили бы, уничтожив российский космический аппарат, и, возможно, между двумя странами началась бы война в космосе. И тогда какие спутники и какие службы, от которых зависит цивилизация, были бы уничтожены?

Для США больше, чем для какой-либо другой страны, космическая война может стать разрушительной. Эта страна в значительной степени полагается на свои спутники для работы системы глобального позиционирования, через них ведутся операции с кредитными картами, на них завязана работа лечебных учреждений, телевизионных станций, службы прогнозов погоды — и список этот можно продолжать до бесконечности. Но США сильнее, чем любая другая страна, зависят от своих военных спутников связи и наблюдения. А все спутники, яркие и движущиеся по предсказуемым общеизвестным орбитам, по сути — прекрасные мишени, которые практически невозможно защитить; война в космосе будет иметь, как говорят военные, наступательный характер.

Решение проблемы уязвимости американским военным ведомством, конечно же, будет военным. В декабре 2019 г. Министерство обороны США создало Космические силы, заявив, что Россия и Китай «милитаризовали космос» и что космос теперь стал «территорией боевых действий». Задача Космических сил — защита спутников США и ответ на угрожающие действия противника.

«Космос-2542», как строго заметил тогдашний глава Космических сил генерал Джон Рэймонд в интервью для журнала *Time*, «способен создать в космосе опасную ситуацию». Но преследование «Космоса-2542» все же не привело к началу космической войны. Ни Грегго, ни наблюдатели-энтузиасты не знают, что именно делал российский спутник, но вероятнее всего, по их мнению, это походило на то, что делают российские траулеры, когда слоняются вокруг кораблей ВМС США: раздражают или, если возможно, запугивают и наблюдают за тем, что из этого получилось. В любом случае, в середине марта энтузиаст-наблюдатель твитнул, что *USA 245* совершил небольшой маневр, «который на несколько недель, если не месяцев перенесет его на расстояние в тысячи километров», и вслед за этим «Космос-2542» улетел куда-то в другое место. Еще до того, как он улетел, Грегго добавила свой твит: «Пришло время, чтобы достигнуть взаимопонимания относительно того, насколько близким считать "слишком близко"».

Лора Грегго — член Союза обеспокоенных ученых, некоммерческой организации, объединяющей три различных мира — неправительственные организации (НПО), военных и дипломатов, — занимающихся проблемой войны в космосе. По ее мнению, лучший способ остановить войну в космосе — заключить международное соглашение с целью ее предотвращения или ограничения. Пока что переговоры по этому вопросу застряли среди прочих проблем международной политики. Грегго говорит, что дипломаты никогда не торопятся, но сейчас они просто «плещутся в дипломатической луже», не добившись никаких результатов.

Вот мы и на пороге эскалации войны в космосе, которая неизбежно принесет непредсказуемые последствия для гражданского населения. До сих пор дипломатические усилия оказывались тщетными, а ответ военных не столько успокаивает, сколько излучает агрессию. «Я не знаю, удастся ли избежать войны в космосе, — говорит Джон Лаудер (John Lauder), ветеран разведки, 30 лет занимавшийся контролем над вооружениями, — но налицо тенденции, которые делают космос все более опасным. Опасность еще не нависла над головой, но приближается к нам с бешеной скоростью».

Перл-Харбор в космосе

Почти сразу же, как только появились спутники, было создано оружие, которое можно было использовать против них, и сети для их отслеживания. Первым спутником был, конечно же, «Спутник-1», выведенный на орбиту

бывшим СССР 4 октября 1957 г. «Спутник-1» и последовавшие за ним сразу же были отслежены любителями с помощью фото- и кинокамер. К февралю 1959 г. Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (*DARPA*) развернуло первую сеть наблюдения за спутниками. Первым противоспутниковым оружием была ракета *High Virgo*, запущенная США 22 сентября 1959 г. В 1963 г. в бывшем СССР был испытан первый «спутник-истребитель», а в ходе испытаний 1968 г. другой спутник-истребитель вышел на ту же орбиту, что и советский спутник-мишень, приблизился к нему, маневрируя, и взорвался.

После такого бурного начала США и Советский Союз переключили свое внимание с космических войн на ядерный баланс холодной войны. Следующие десятилетия США потратили на создание спутников, которые обладали «исключительными возможностями, стоили миллиарды долларов и работали очень, очень хорошо, — говорит Брайан Уиден (Brian Weeden) из фонда «За безопасный мир» (*Secure World Foundation*). — но при их создании никто не предполагал, что противник будет что-то предпринимать против них». После распада СССР, по его словам, «Америка полагала, что будет доминировать в космосе навсегда».

Космическая война ненадолго мелькнула в политической повестке США в 2001 г., когда в отчет комиссии по безопасности, возглавляемой Дональдом Рамсфельдом перед его назначением на пост министра обороны, было включено предупреждение об уязвимости США, в том числе примечательное выражение «"Перл-Харбор" в космосе». Дуглас Ловерро (Douglas Loverro), в то время руководитель одной из программ военно-воздушных сил, начал кампанию за создание чего-то вроде Космических сил, но «случилось 11 сентября, и о космосе все позабыли», — вспоминает он.

Тем временем, продолжает рассказывать Грегго, Франция, Япония, Великобритания и Индия запустили свои собственные спутники, а многие страны построили, купили или эксплуатировали спутники, запущенные другими. Ловерро и другие официальные лица при поддержке членов Палаты представителей Майка Роджерса (Mike Rogers) из Алабамы и Джима Купера (Jim Cooper) из Теннесси, входивших в Комитет по вооруженным силам, продолжали настаивать на создании космического подразделения вооруженных сил, но не продвинулись ни на йоту до декабря 2019 г., когда указом президента были созданы Космические силы. «Волшебным образом мы возродились», — говорит Ловерро.

Спутники в космосе

Большая часть космоса огромна и пуста, но небольшой его участок около Земли — нет. Орбитальные коридоры вокруг нашей планеты буквально кишат большими и маленькими спутниками. Эти космические аппараты передают сообщения, фотографируют поверхность планеты, проводят исследования, обеспечивают радио- и телевидение, работу системы глобального позиционирования, прогнозы погоды и многие другие аспекты современной жизни. Один даже служит домом для людей. На этой диаграмме показаны каждый из нескольких тысяч активных спутников, а также их владельцы, где они находятся и чем занимаются.

Как читать диаграмму

Каждая из 2956 точек ниже изображает активный спутник, как они зарегистрированы в Генеральном каталоге искусственных космических объектов Джонатана Макдауэлла по состоянию на 1 сентября 2020 г. Точки упорядочены согласно принадлежности региону (столбцы) и типу орбиты (строки).

Размер точки отражает массу спутника

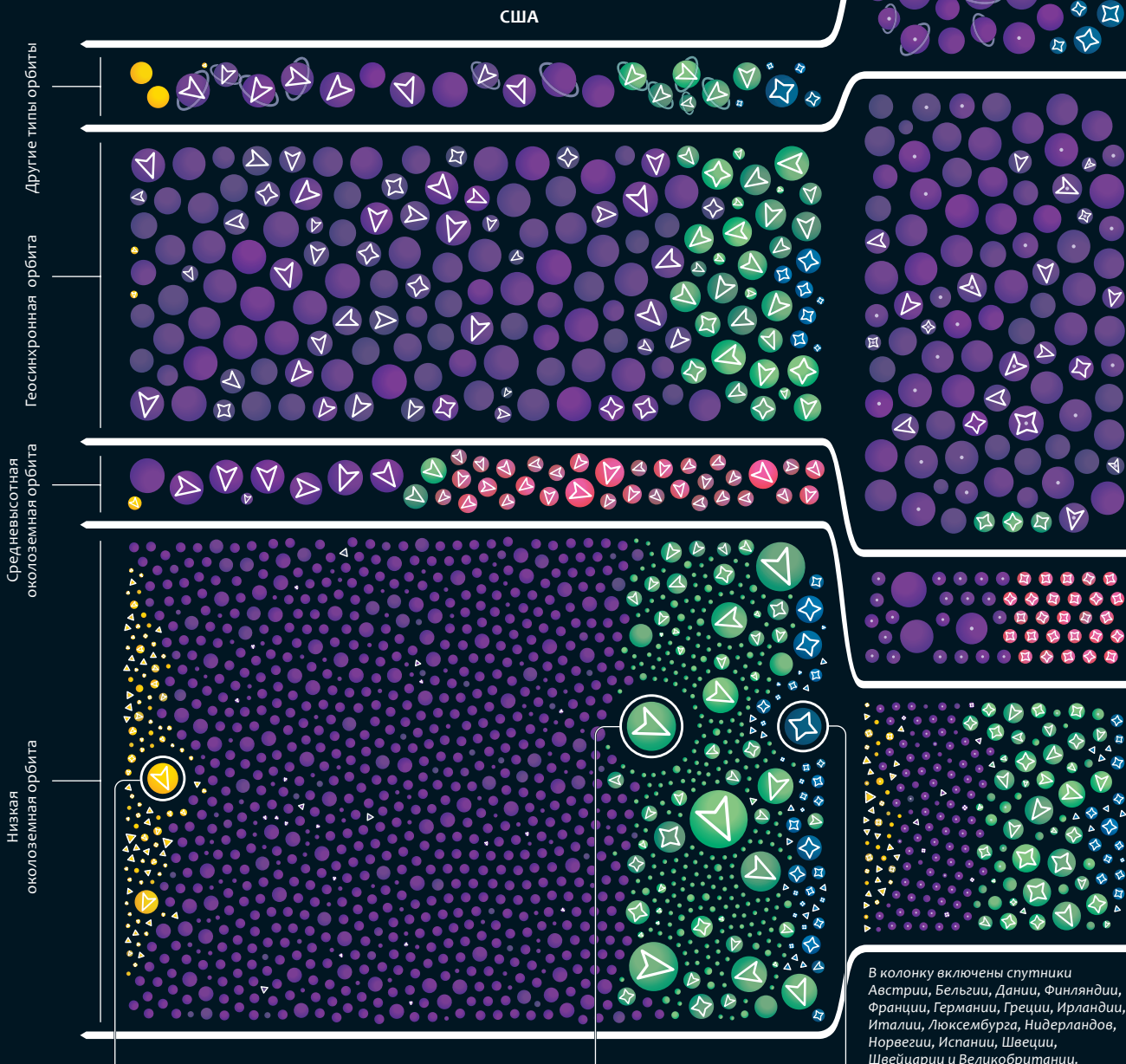
- 100 кг
- 1000 кг
- 5000 кг

Регионы

Всего шесть стран или регионов контролируют большую часть спутников на орбите, при этом доля США максимальная.

Западная Европа

(Британские отмечены белой точкой)



Название спутника: X37B OTV-6

USA 245

Космический телескоп им. Хаббла

В колонку включены спутники Австрии, Бельгии, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Ирландии, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Испании, Швеции, Швейцарии и Великобритании.

SOURCE: JONATHAN C. McDOWELL, GENERAL CATALOG OF ARTIFICIAL SPACE OBJECTS, RELEASE 1.15; SEPTEMBER 2020 <https://plane4589.org/space/gcat>; Graphic by Nadieh Bremer

Класс и категория

Из спутников каждой страны или региона некоторые принадлежат гражданскому правительству, некоторые военным, некоторые частным компаниям, а остальные — университетам или отдельным лицам. Внутри каждого из этих классов различные спутники выполняют разные функции, отмеченные здесь категориями.

Цвет точки указывает категорию

- Испытания и обучение
- Связь
- Получение изображений, наблюдение и метеорология
- Навигация
- Научные исследования

Символ указывает класс

- Коммерческие
- ☆ Гражданские
- △ Любительские/университетские
- ◀ Военные

Оттенок указывает на дату вывода на орбиту

- 15 ноября 1974 г.
- 31 августа 2020 г.

Все остальные

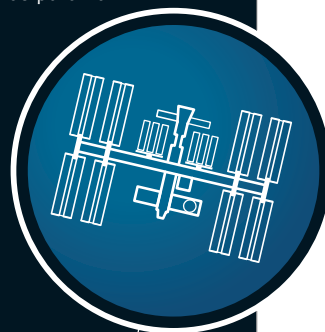
Высокие эллиптические орбиты (ВЭО) — это сильно вытянутые траектории вокруг Земли, которые позволяют спутникам большую часть своего времени находиться в одной полушарии.

Геосинхронная орбита (35 786 км)

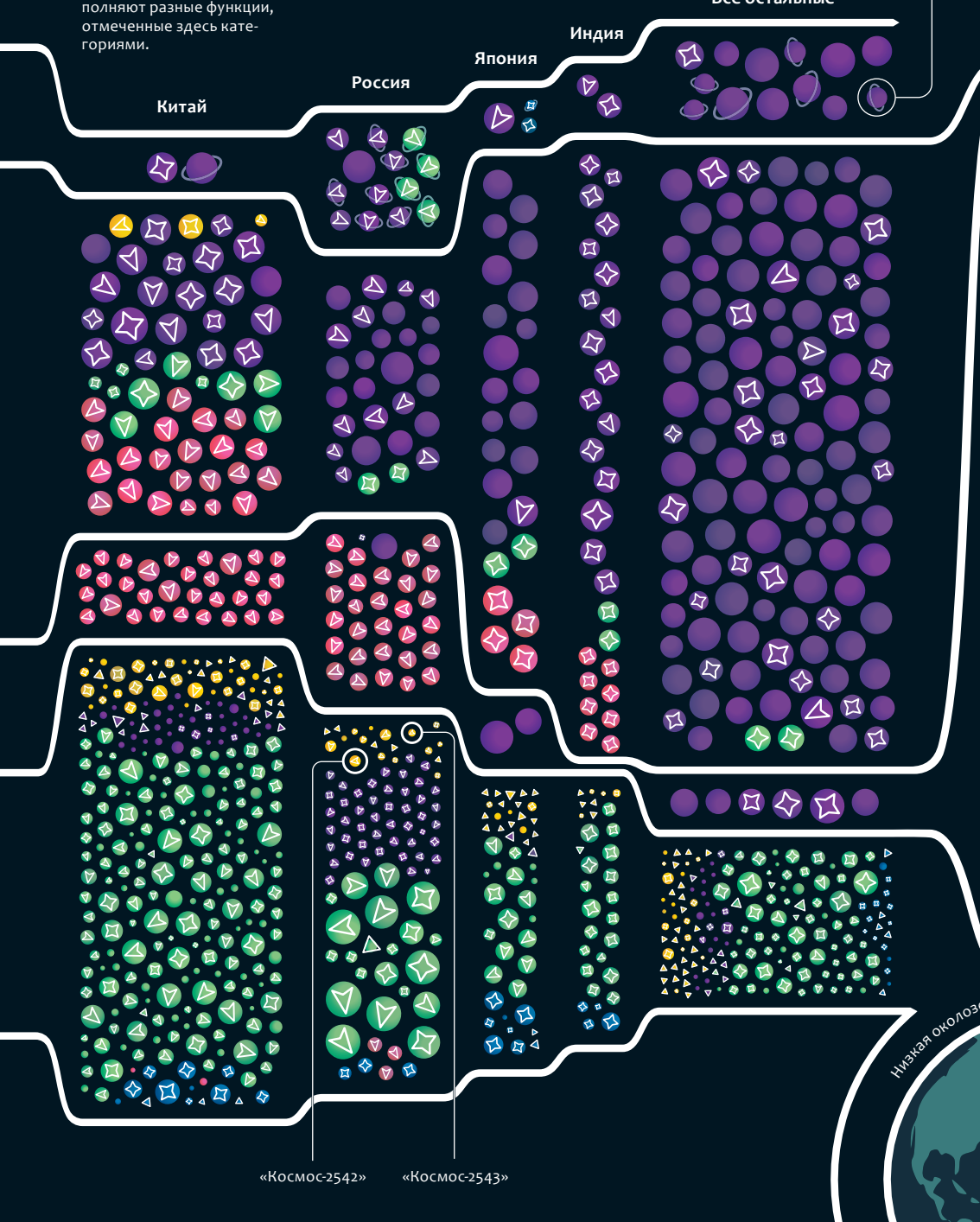
Средняя околоземная орбита (от 2 тыс. км до 35 786 км)

Орбиты

Низкая околоземная орбита (НОО) обычно располагается на высоте от 400 до 900 км. Намного выше, на расстоянии 35 786 км, расположена геостационарная орбита (ГСО), на которой спутники могут постоянно находиться над определенным местом на Земле. Между этими двумя расположена средняя околоземная орбита (СОО), чаще всего используемая для навигационных спутников. Безусловно, самый массивный спутник на орбите Земли — Международная космическая станция, где проживает сменный экипаж из трех-шести астронавтов.



Низкая околоземная орбита (ниже 2 тыс. км)



«Космос-2542» «Космос-2543»

Такая внезапность означала, что какое-то время Космические силы существовали больше на бумаге, чем в действительности, — ситуация, которая подвергалась язвительной критике в интернете. Общественное мнение о них не улучшилось и тогда, когда первым официальным деянием Космических сил стала разработка дизайна униформы (камуфляж, даже для солдат, у которых поле боя — дисплей компьютера) и логотипа (дельтовидное крыло, такое же, как на нашивках ВВС США и Управления национальной разведки, а также как у экипажа из блокбастера «Звездный путь»). Однако к июню Космические силы и их боевое командование — Командование Космических сил США — набрали технически грамотных людей, скоординировали свои действия с союзниками, приняли решение относительно закупок военной техники и провели моделирование военных действий, в которых команды атакуют, контратакуют и пытаются перехитрить друг друга. Война в космосе «не неизбежна», отмечает бригадный генерал Томас Джеймс (Thomas James), командующий Объединенной оперативной группой космической обороны, одним из подразделений Командования Космических сил США, но «это очень важное дело, и мы относимся к нему весьма серьезно».

Нападение и защита

Любой, кто собирается атаковать спутники, может выбрать из длинного списка разнообразного оружия. Самый яркий вариант — противоспутниковое оружие прямого выведения на орбиту (*DA-ASAT*), запускаемая с Земли ракета, которая поражает космический аппарат. США и Россия имеют ракеты *DA-ASAT* еще со времен холодной войны. И Китай, и Индия испытали *DA-ASAT* на своих спутниках. Последнее российское испытание было проведено в апреле 2020 г.

Другой возможный способ атаки на спутники — с помощью маневренного спутника, такого как «Космос-2542», который может приблизиться к космическому аппарату другой страны. На спутниках часто используются небольшие двигатели для перемещения с целью обеспечения безопасности, например чтобы избежать столкновения с космическим мусором, а маневренные спутники могут использоваться для дозаправки топливом или ремонта. Но маневренные спутники могут быть двойного назначения, они в равной степени могут сталкиваться с другими, шпионить за ними или сбивать их. В последние несколько лет США и Россия использовали спутники для развертывания космических аппаратов меньшего размера, так называемых вторичных,

или субспутников, которые летят по близким орбитам: от «Космоса-2542» отделился «Космос-2543», который также преследовал USA 245. В распоряжении Соединенных Штатов есть корабль *X-37B*, уменьшенная роботизированная версия космического «Шаттла», который выполняет большей частью секретные задания, в том числе запускает субспутники. Что могут делать эти вторичные спутники, чего не под силу спутникам-родителям, также остается секретом и поэтому об этом ничего не известно: по словам Уидена, все, что мы знаем о них, — только то, что мы можем наблюдать.

В отличие от этого инструмент космической войны, который мы не видим, — электромагнитное излучение. Спутники могут нести оборудование для создания помех чужому каналу связи с наземными станциями, они могут устраивать спуфинг-атаки (*от англ. spoof* — «мистификация, розыгрыш, обман»: подмена адреса или идентификаторов в передаваемых данных с целью введения оппонента в заблуждение, например перехват зашифрованного сигнала с его передачей в измененном виде незаметно для получателя. — Примеч. пер.), чтобы обмануть другие спутники и заставить их передавать неправильные данные. США, Китай и Россия регулярно блокируют каналы связи других стран с навигационными спутниками. Лазеры на спутниках или на Земле могут временно ослепить или полностью вывести из строя датчики изображений спутников-шпионов, хотя точные сведения о том, какая лазерная техника с какими возможностями у кого есть, опять же засекречены или неизвестны.

Во всем этом противостоянии США есть что терять. Из примерно 3,2 тыс. действующих спутников США принадлежат 1327. Из них 935 — это коммерческие спутники, обеспечивающие теле- и радиовещание, а также безопасную глобальную связь. Около 200 американских спутников — правительственные и научные, собирающие данные для предсказания ураганов, мониторинга засушливых регионов, наблюдения за движением континентов и, как Космический телескоп им. Хаббла, для изучения Вселенной. Немногие оставшиеся — это военные и разведывательные спутники, большинство из которых используются для связи (например, для командования и управления войсками или беспилотниками) и для шпионажа. Все вместе спутники обеспечивают существование современной цивилизации. Они гарантируют доступ к интернету, *GPS*-навигацию и передачу сигналов точного времени, от которых

зависит каждый в мире, а также поддерживают различные отрасли от банковского дела до снабжения продуктами питания, энергосистем, транспорта, средств массовой информации и здравоохранения.

Немногочисленные военные и разведывательные спутники служат основой безопасности США и представляют собой источник их уязвимости. Система раннего предупреждения о ракетном нападении использует только десять спутников, фотографии с высоким разрешением разведывательному сообществу обеспечивают, возможно, дюжина, а связь военного командования и управления войсками осуществляется только шестью. «Главная военная проблема в том, — говорит Грего, — что мы вынесли свои операции в космос, следовательно, стали уязвимы».

Эта уязвимость стала значительной, потому что никто не знает, как защитить спутники. Возможно, спутники для фотосъемки можно оснастить защитной шторкой, быстро реагирующей на слишком яркий свет, другие же спутники можно обезопасить с помощью спутников-телохранителей. «Вы не найдете много официальных сведений о способах защиты, — говорит Уиден, — в силу их секретности». По его словам, «маскировка» спутника технически возможна, однако дорога и сложна. Можно сделать космический аппарат темным для радаров или для телескопов, но не для тех и других одновременно, и это может ухудшить технические характеристики спутника.

Основные усилия в обеспечении обороны обычно направлены на сдерживание. «Естественное направление деятельности военных — сдерживание страхом наказания, — говорит Грего. — Ты используешь против меня противоспутниковые ракеты; я использую их против тебя». Однако первая проблема в связи с наказанием — непредсказуемая эскалация. Вторая — это обратная сторона уязвимости США: Россия и Китай не настолько нуждаются в своих военных спутниках, как США. «Собственно, только Соединенные Штаты вынуждены постоянно проводить военные операции против кого-нибудь в любой точке мира», — продолжает Уиден, в то время как основная часть потребностей России и Китая в оборонной системе связи имеет локальный или региональный характер и «в целом может быть решена с помощью [других] средств».

С другой стороны, США могли бы сдерживать атаки, сводя на нет любую выгоду от них. Иными словами, избыточная, устойчивая система, которая могла бы компенсировать собственные потери без утраты эффективности, была бы гораздо менее привлекательной целью. Это

основы теории сдерживания. Использует ли ее Пентагон — неясно. Официальная стратегия обороны в космосе, опубликованная в июне 2020 г., избегает такого уровня детализации в несекретной версии отчета.

Однако сдерживание путем сведения на нет выгоды результативно обеспечивается коммерческими космическими компаниями. Традиционно контракты на постройку своих спутников Пентагон заключает с такими гигантами оборонной промышленности, как *Lockheed Martin*, *Raytheon* и *Northrop Grumman*. Это космические аппараты размером, как правило, с большой пикап, и одна из причин подобных габаритов — экономическая эффективность, говорит полковник Эрик Фельт (Eric Felt) из Отдела космических аппаратов Научно-исследовательской лаборатории ВВС США. Какая бы новая функция вам ни потребовалась, продолжает он, «просто добавьте ее к тому, что уже на стадии постройки». Однако так называемые новые космические компании — *Space X*, *Blue Origin*, *Virgin Galactic*, *Planet* — производят многократно меньшие ракеты-носители и спутники размером с арбуз и их стоимость в четыре-десять раз меньше. По словам Фельта, экономия позволяет военным запускать больше спутников и делать это чаще, что дает возможность распределять различные функции по разным аппаратам и проще осуществлять замену.

Новые космические компании объединяют сотни или тысячи малых спутников в крупные группировки, которые обеспечивают доступ к интернету, непрерывную съемку каждой точки на земном шаре и служат наглядным пособием по стратегии сведения выгоды на нет. Космическая группировка наблюдения в инфракрасном диапазоне (*SBIRS*), напротив, — это десять больших спутников раннего предупреждения, и она представляет собой «жирную, сочную цель, — объясняет Джошуа Хумински (Joshua Huminski) из Института национальной безопасности Университета Джорджа Мейсона. — Порази я три спутника *SBIRS*, и нет никакого раннего предупреждения». Но если бы *SBIRS* был созвездием из множества маленьких спутников, продолжает он, «я убирую три, это досадно, но созвездие залечит свои раны».

Фельт говорит, что Космические силы устанавливают тесные связи с новыми космическими компаниями, принимают их правила заказа новой техники не в соответствии спецификациям, а по требуемым функциям (не «Мне нужна пятидюймовая кофейная кружка», а «Мне нужна система доставки кофеина») и покупают достаточно хорошие коммерческие изображения, оплачивая кредитной картой.

Космическая дипломатия

К середине июля, через несколько месяцев после того как «Космос-2542» выпустил «Космос-2543» и улетел от спутника USA 245, астрономы-любители заметили, что внезапно рядом с «Космосом-2543» появился какой-то снаряд, «Объект-45915», который затем быстро умчался прочь, очевидно, используя собственный двигатель, со скоростью более 700 км в час. Рэймонд назвал это «испытанием оружия на орбите». Министерство обороны Великобритании написало в *Twitter*, что надеется на сотрудничество России с международными партнерами в вопросах ответственного поведения в космосе.

Убедить космические страны согласиться вести себя подобающим образом непросто. Международное право, регулирующее правила поведения в космосе, находится в стадии проработки: различные неправительственные организации работают над документами по космическому праву, отмечает Уиден, но «закон о конфликтах в космосе пока не сформули-

Убедить космические страны согласиться вести себя подобающим образом непросто. Международное право, регулирующее правила поведения в космосе, находится в стадии проработки

рован». Международные обязывающие договоры допускают широкое толкование, устарели или же их рассмотрение отложено на неопределенный срок. Устав Организации Объединенных Наций запрещает расширение на космическое пространство понятия «угроза территориальной целостности». Договор по космосу (*официальное название: Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела.* — *Примеч. пер.*) запрещает размещение ядерного оружия в космосе, но он был подписан в 1967 г., а с тех пор налицо огромный прогресс в космической технике. В 2014 г. Россия и Китай предложили заключить Договор о предотвращении размещения оружия в космическом пространстве, который запрещает размещение оружия в космосе; США не были согласны с предложенными условиями, но и не сделали встречного предложения.

Совсем недавно Комитет ООН по использованию космического пространства в мирных целях согласовал не имеющие обязательной силы руководящие принципы поведения (общим числом 21), например: «При необходимости принимать, пересматривать и вносить поправки в национальную нормативно-правовую базу, регулирующую космическую деятельность», работа по которым, по словам Грего, проведена «большая, но которые при ближайшем рассмотрении не впечатляют. Вы будете разочарованы, если надеетесь, что они затрагивают вопросы космической войны, — они их совсем не касаются».

Вопросы, по которым странам придется достичь согласия, сложны и остры. Как включить всех, не только тройку космических мастодонтов — США, Китай и Россию, но и все остальные страны (около десятка), обладающие возможностью выйти в космос? Как определить понятие «оружие», если, скажем, роботизированную руку можно использовать и для замены неработающего датчика, и чтобы захватить спутник другой страны? Как выстроить каналы связи, чтобы сообщение «Извините, у нас не было намерений поразить ваш спутник» могло улететь до того, как произойдет неправильная оценка ситуации и начнется эскалация? Что считать агрессией — поражение спутника другой страны ракетой DA-ASAT? Незаметное подкрадывание к спутнику другой страны? Насколько близко «слишком близко»? Как проверить, что никто не пытается тайно нарушить соглашение? И какие цели для атак означают красную черту, за которой начало войны? Такими вопросами задается Джон Кляйн (John Klein), научный сотрудник компании *Falcon Research* и преподаватель Института космической политики Университета Джорджа Вашингтона. «Если взорвут все спутники GPS — критически важную инфраструктуру, — говорит он, — это, скорее всего, война. Устранят небольшой спутник — вероятно, не война».

Между тем, замечает Грег, страны более или менее прилежно соблюдают не закрепленные формально нормы поведения: регистрируют выведенные на орбиту новые спутники, возвращают с орбиты свои отслужившие срок, чтобы не засорять космос, не проводят испытания ракет DA-ASAT на своих собственных спутниках и не уничтожают спутники другой страны. Поэтому, если заключить обязывающий договор слишком сложно, как насчет необязывающего международного соглашения, базирующегося на действующих нормах? «Об этом говорят и США, и Россия, — говорит Лаудер. — Не то чтобы мы знали в деталях, что они имеют

в виду, но само то, что они об этом говорят, — уже хорошо. Потому что никто не может быть уверен в победе в космической войне».

Грего соглашается с преобладающим мнением, что в качестве отправной точки в переговорах лучше всего исходить из текущих норм, но ее мало устраивают темпы дипломатического прогресса. Ситуацию «следовало урегулировать много лет назад с помощью определенных согласованных ограничений», — уверена она. Разве Государственный департамент не должен был этим заняться? «Мы так и делаем», — отвечает Эрик Дезотель (Eric Desautels), директор Управления по новым проблемам в области безопасности Госдепа. В июле 2020 г. официальные лица США и России обсудили открытие линий связи для предотвращения неправильной оценки ситуации и эскалации (первое такое обсуждение с 2013 г.) и выразили заинтересованность в продолжении этого обсуждения. Тем временем США поддерживают заключение под эгидой ООН нового соглашения, которое позволит «найти выход из тупиковой ситуации» в космосе и понизить риск военной эскалации.

Неусыпные наблюдатели

Фундаментальный императив космической безопасности — знать, где находится каждый спутник и как он себя ведет. Доктрина Космических сил, обнародованная в июне 2020 г., называет это «информированностью о текущем состоянии космической сферы». Официально эта информированность достигается с помощью глобальной сети датчиков на спутниках и наземных телескопах, которые непрерывно перекрывают все орбиты и отслеживают все объекты размером более 10 см: 3,2 тыс. спутников в рабочем состоянии, а также 24 тыс. нефункционирующих спутников-«зомби» и фрагменты космического мусора, столкновение одного из которых со спутником на скорости 35,4 тыс. км/ч привело бы к катастрофе.

Эта информация поступает в 18-ю эскадрилью слежения за обстановкой в космосе Объединенного центра космических операций Космических сил США на базе ВВС Ванденберга в Калифорнии. Данные о секретных спутниках отсортировываются в отдельную базу, а остальные попадают в общедоступный бесплатный онлайн-каталог под названием *Space-Track*, на основании которого формируются «уведомления об опасном сближении», когда похоже на то, что два спутника могут подойти слишком близко друг к другу.

18-я эскадрилья слежения за обстановкой в космосе работает в центре секретных операций, где, судя по фотографиям из пресс-релиза,

функциональность ценится выше уюта: лабиринт объединенных в сеть компьютерных рабочих мест, ряды настенных мониторов и сияющие металлом буквы на бежевой стене, провозглашающие девиз эскадрильи: «Здесь начинается превосходство в космосе». В этой похожей на казарму комнате сидящие рядом друг с другом пять–семь членов 18-й эскадрильи обеспечивают полный и точный анализ обстановки, а рядом с ними коллеги из Великобритании, Австралии, Канады, NASA и Министерства торговли, а также представитель от новых космических компаний (все с допуском к секретным материалам). На другом этаже, но поблизости, для консультации располагаются представители Франции, Германии и разведывательного сообщества США, включая Управление национальной разведки. Большинство служащих 18-й эскадрильи моложе 25 лет, хотя из-за нескольких «убеленных сединами» асов средний возраст составляет 27 лет. Все — технические гении. «Они сносят мне башню», — усмехается подполковник Джастин Сорис (Justin Sorice), командир 18-й эскадрильи.

18-я эскадрилья не очень много может рассказывать о деталях своей работы. Чтобы узнать, как отследить спутник, спросите у любителей. Они предпочитают называть себя людьми, увлеченными небом. Из них человек 20–100 активно ведут наблюдения, многие отошли от дел, но все они увлечены техникой. Они используют бинокли, секундомеры или радиоприемники (хотя иногда и более изощренное оборудование) и обеспечивают глобальное покрытие, объединяясь в международные группы. Иногда они общаются в *Twitter*, но в основном используют общедоступный список рассылки *SeeSat*, по которому Грего отслеживала их до появления *Twitter*. «Я давно перестала называть их любителями, — говорит она. — Они весьма квалифицированы».

Отсутствие у них сложной техники означает, что они отслеживают в основном самые яркие и большие спутники. С помощью *Space-Track*, веб-сайтов, показывающих, какие спутники над какими городами пролетят в данную ночь, или из сообщений о запуске ракет, в которых мореплавателям предлагается избежать определенных районов, они выбирают космические аппараты для наблюдения. Они видят, как спутник проходит мимо звезды, и включают таймер. Наблюдая, как он проходит мимо второй звезды, они фиксируют время с точностью до доли секунды. Зная расположение звезд и время, они могут вычислить орбиту. Во время последнего полета секретного маневренного самолета / спутника-шпиона *X-37B* любители вычислили его орбиту за 24 часа.

«Характеристики орбиты сообщат нам удивительное количество информации», — объясняет Джонатан Макдауэлл (Jonathan S. McDowell), энтузиаст-наблюдатель и астроном Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики. Например, многие спутники находятся на низкой околоземной орбите (НОО) высотой до 2 тыс. км. Их объективы захватывают меньшую, чем другие, площадь, но с их помощью получают самые четкие снимки, поэтому спутники на НОО часто представляют собой устройства получения изображений для науки, например отслеживая погоду, или для шпионских целей. Другие движутся по геостационарной орбите (ГСО) на высоте 35 786 км и висят строго над одной точкой на Земле. «Как если бы вы построили башню высотой 35 тыс. км, — говорит Макдауэлл, — а затем убрали ее». Поэтому спутники на ГСО используются в основном для связи или теле- и радиовещания. Спутники на высокоэллиптических орбитах обычно проводят большую часть времени над Северным полушарием, и это, как правило, спутники раннего предупреждения или спутники-шпионы. А спутники на солнечно-синхронных орбитах шагают в ногу с Солнцем, поэтому тени на Земле неизменны — идеально для шпионских целей.

Информацию можно также получить из поведения спутника. Если он корректирует свою орбиту, это может быть сделано для противостояния сопротивлению земной атмосферы или же чтобы наблюдать за какой-либо конкретной точкой на Земле. «Во время войны 1973 г. — говорит Макдауэлл, имея в виду Войну Судного дня между Израилем и коалицией арабских стран, — спутники переместили, чтобы они чаще пролетали над Египтом». Спутники могут «вспыхивать», когда солнечный свет отражается от их плоских поверхностей; если вспышки случайны, спутник уходит с орбиты.

Макдауэлл считает, что, возможно, 10% отслеживаемых ими спутников — секретные: космические аппараты для нужд военного командования и управления, спутники раннего предупреждения, радио- и оптические спутники-шпионы. Некоторые из них представляют собой оптические инструменты с высоким разрешением, напоминающие телескоп «Хаббл», но в отличие от него смотрят вниз, а не вверх. Их не найдешь на сайте space-track.org. Энтузиасты, хобби которых — изучение спутников, представляют собой единственный открытый источник информации о секретных спутниках всех стран и, по словам Уидена, «основной источник данных об американских военных

объектах». Эти космические наблюдатели осознают, что должны проявлять осмотрительность, рассуждая о том, как используется тот или иной спутник-шпион, говорит Макдауэлл, но в целом их не беспокоит возможность раскрыть национальные секреты: страны-соперники тоже могут купить бинокли и секундометры.

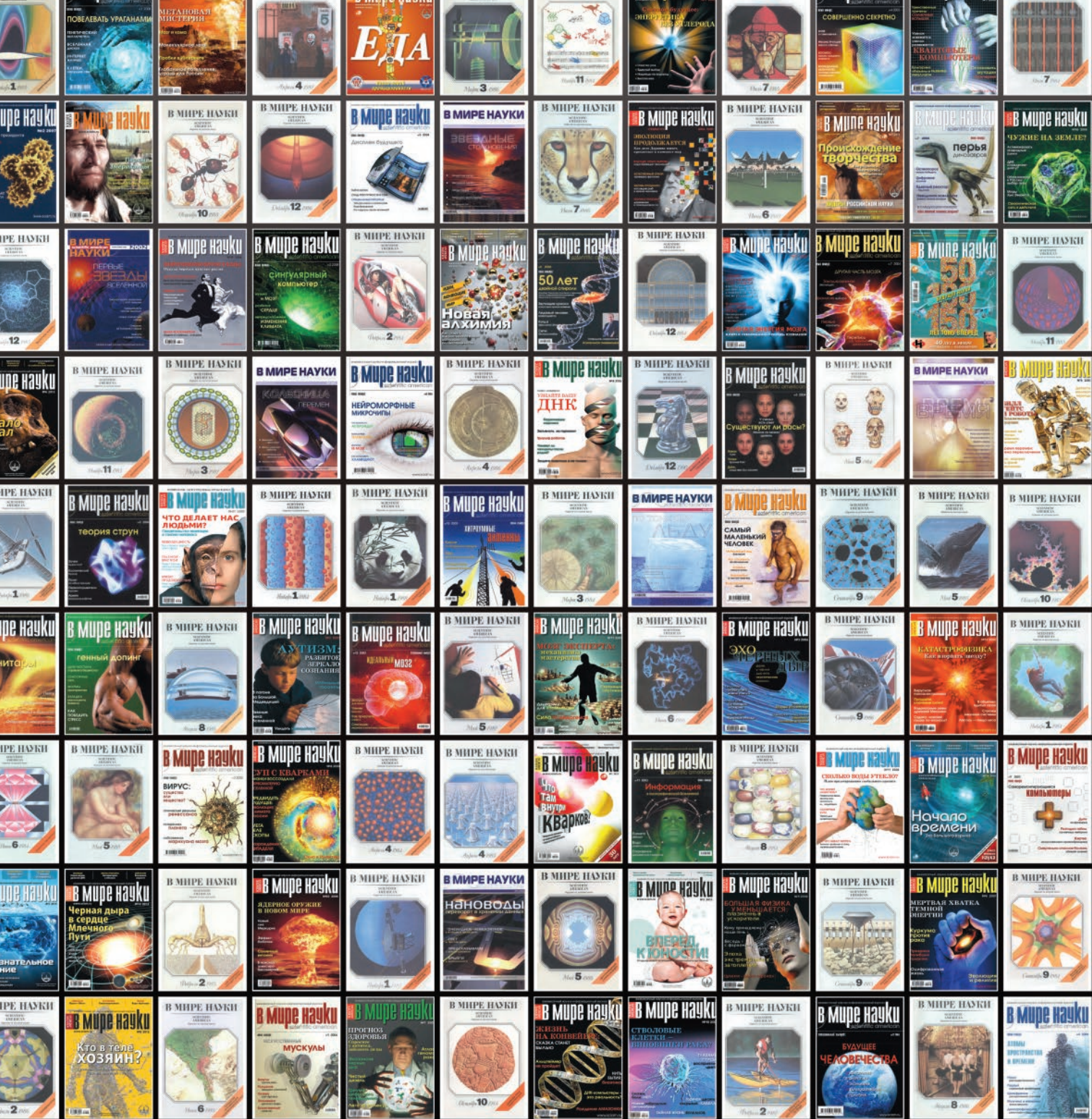
В любом случае, по мнению Макдауэлла, любители в целом аполитичны. Враг, как они его видят, — это не другая страна, а сбой в работе, такие как *RUD* («быстрая внеплановая разборка» — ситуация, когда в течение нескольких миллисекунд после запуска ракетного двигателя не происходит зажигания и внутри камеры сгорания оказывается слишком много жидкого топлива; если воспламенение все же происходит, давление в камере превышает максимально допустимое и ракета взрывается на стартовом столе. — Примеч. пер.) и *IOBM* («в океан по ошибке» — неудачный запуск, когда ракета падает в океан; у нас называется «запустить за бугор», поскольку Байконур расположен далеко от моря, среди степей. — Примеч. пер.), которым подвержены машины. Они рассматривают себя (подобно специалистам из 18-й эскадрильи) «как международное сообщество инженеров, противостоящих в космосе закону Мерфи и природе», — отмечает Макдауэлл. Им нравится решать головоломки, находить пропуски в базе данных *Space-Track*, оставленные для засекреченных спутников, и восполнять пробелы. «Это сродни sudoku», — говорит Макдауэлл.

В конечном счете энтузиасты, наблюдающие за спутниками, имеют такое же значение, какое всегда имели контроль и прозрачность. Все, что касается спутников и космической войны, окутано тайной; в ряде случаев секретность необходима, в других, скорее всего, нет. Военные и дипломаты тайно работают в своих сферах, но если все остальные хотят отслеживать вероятность космической войны, на то существуют наблюдатели-энтузиасты, гарантирующие максимальную открытость данных о ситуации в космосе. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Хитченс Т. Звездные войны // ВМН, № 6, 2008.



Хотите знать о науке больше?

Полный архив выпусков журнала
«В мире науки» — на сайте издания
по адресу: www.sciam.ru

В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить
и отдельные статьи



НЕЙРОНАУКИ

НОВЫЕ СВЯЗИ

Что мы узнаем о мозге благодаря
трансплантации рук

Скотт Фрей



С помощью кисти,
пересаженной от другого
человека, Дональд
Рикельман может брать
предметы и ощущать
прикосновения

ОБ АВТОРЕ

Скотт Фрей (Scott H. Frey) — профессор когнитивной нейробиологии в Миссурийском университете в Колумбии. Он пишет книгу про ампутацию, трансплантацию рук и человеческий мозг.



В феврале 1964 г. Роберто Жильберт Элисалде (Roberto Gilbert Elizalde), хирург из Гуаякиля (Эквадор), обученный в Клинике Майо, нашел идеального кандидата для проведения смелой процедуры, которая разрабатывалась в его лаборатории. Хулио Луна (Julio Luna) был 28-летним моряком, потерявшим правую руку при взрыве гранаты. Жильберт Элисалде, воодушевленный историей про успешную трансплантацию почки от трупа в США, решил снабдить Луну донорской конечностью.

Жильберт Элисалде и его команда за девять долгих часов подготовили поврежденную конечность Луны и умело соединили его кости, сухожилия, кровеносные сосуды, мышцы и кожу с предплечьем рабочего, умершего от кровотечения из-за язвы желудка. Используя недавно разработанные методы микрохирургии, медики скрепили друг с другом тонкие, имеющие форму трубки пучки нервных оболочек, надеясь, что это направит рост чувствительных и двигательных нервов в поврежденной руке и в последующие месяцы иннервация кисти будет восстановлена.

Измученная команда наблюдала, как после снятия хирургических зажимов кровь Луны наполнила жизнью его новую бледную руку. Посыпались поздравительные междугородние звонки. Новость попала в *New York Times* под заголовком «Пересадка руки от мертвеца». Кисть стала одной из первых трансплантированных частей человеческого тела, после почки и роговицы. Это было очень рискованное предприятие. «Несколько опрошенных вчера специалистов считают, что шансы на окончательный успех малы», — сообщала газета *Times*.

В первую неделю казалось, что скептики неправы. Когда Луна напряг мышцы предплечья, сухожилия на новой руке согнули пальцы. Врачи дали Луне ранний иммунодепрессант азатиоприн, чтобы его организм не отторгал чужеродную конечность. Однако на второй неделе стало ясно, что этого иммунодепрессанта недостаточно. Когда появились признаки гангрены, Луну отправили самолетом в Бостон, но и там отчаянные попытки спасти руку не увенчались успехом. Через 23 дня после пересадки кисть ампутировали.

В медицинском сообществе проведенную Жильбертом Элисалде рискованную операцию и хвалили, и осуждали. Критики называли эту процедуру неэтичной, опасной и неоправданной, поскольку она проводилась не для спасения жизни. Некоторые эксперты и сегодня придерживаются такой позиции по отношению к трансплантации кисти. Прошло еще три десятилетия, прежде чем удалось вновь вернуться к теме пересадки руки. За это время изменились хирургические методы, а разработка более эффективных иммунодепрессантов (циклоспорин, а затем рапамицин и такролимус)

позволила сделать трансплантацию некоторых цельных органов, таких как почки, печень и сердце, почти обычной процедурой. К 1990-м гг. благодаря мощным фармакологическим препаратам возродилась надежда, что удастся предотвратить отторжение трансплантатов, состоящих из тканей разных типов — из мышц, кожи, костей, нервов и сосудов. Появилась композитная аллотрансплантация. В 1998 г. команда из Франции провела вторую в истории трансплантацию кисти, а вскоре за ней последовала группа из луйсвилльского Еврейского госпиталя в Кентукки. Мэттью Скотт (Matthew Scott), получивший руку в результате этой третьей операции, вскоре отмечает 22-ю годовщину успешной трансплантации.

Тем не менее пересадка кистей рук остается экспериментальной процедурой и в некоторых кругах ее считают спорной. Во всем мире такую трансплантацию выполнили всего лишь около 100 раз. В отличие от пересадки других органов трансплантация кисти не спасает жизнь. Получающие кисть пациенты подвергаются серьезной операции с последующим длительным восстановлением и необходимостью интенсивной реабилитации. Им необходимо пожизненно применять иммунодепрессанты, которые могут плохо влиять на внутренние органы и повышать риск развития некоторых форм рака, инфекций и других заболеваний. Через 12 лет после трансплантации Дэвид Сэвидж (David Savage), о котором я дальше расскажу подробнее, умер от рака, который, возможно, был связан с иммунодепрессантами.

Так почему бы просто не воспользоваться протезами? Когда я задал этот вопрос пережившему трансплантацию кисти Эрику Хондуски (Erik Hondusky), он ответил просто: «Это мир двуруких». Такое высказывание отражает ощущения и других получателей трансплантата кисти, которые тоже говорили о недовольстве протезом и сильном желании снова почувствовать себя целыми. Протезы — нечувствительные орудия, вы не можете с их помощью ощутить касание паутины, или маленькие выпуклости, отмечающие на клавиатуре буквы F и J, или небольшие изменения температуры чашки с кофе. К сожалению, у Эрика развилась стафилококковая инфекция и спустя девять лет после трансплантации кисть пришлось ампутировать. Протез он использует неохотно, только во время езды на мотоцикле.

У применения протезов есть свои проблемы. Несмотря на значительные технологические достижения, многие люди с ампутированными конечностями предпочитают не пользоваться кистевыми протезами. Кристина Кауфман (Christina Kaufman) из Луисвилля, с которой мы давно сотрудничаем, отмечает, что в целом в области операций по пересадке рук и предотвращению их отторжения достигнуты впечатляющие результаты: примерно в 80% случаев кисть сохраняется по крайней мере в течение пяти лет. По мере совершенствования методов подбора иммунологически совместимых доноров и реципиентов это значение будет расти, как и число трансплантаций. Соответственно, успешной считается уже не просто та трансплантация, после ко-

Операции по пересадке кисти дают впечатляющие результаты: в 80% случаев новая кисть сохраняется по крайней мере в течение пяти лет

торой не было отторжения. Все чаще успех определяется тем, насколько люди после пересадки смогут использовать свои руки. А это именно то, чем занимается наука о мозге.

Ампутация и мозг

Мой интерес к тому, как мозг управляет руками, появился очень рано, когда я наблюдал, как моя мать пытается справиться с повседневными задачами, несмотря на наличие рассеянного склероза — болезни, при которой собственная иммунная система разрушает миелиновую оболочку нейронов в головном и спинном мозге. У меня остались яркие воспоминания о ее недееспособных руках, утрате равновесия, мышечной слабости и спазмах, и это побудило меня заняться выяснением того, как мозг управляет руками. Значительная часть нашего мозга занимается планированием и контролем движений рук. Вот уже более 20 лет в моей лаборатории исследуется данная тема. Мы изучаем нейронные механизмы движений рук с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ): такой метод позволяет неинвазивно наблюдать работу мозга, отслеживая локальные колебания

кровотока и уровня оксигенации, связанные с изменениями нейронной активности в этих участках.

На практике фМРТ работает следующим образом. Представьте себе, что вы добровольно участвуете в обычном (и мучительно скучном) эксперименте с фМРТ, в котором чередуются периоды постукивания пальцами с периодами отдыха. При движении пальцев правой руки в популяции специализированных нейронов в отвечающем за кисть участке левой моторной коры (каждое полушарие мозга контролирует движения и обрабатывает ощущения проти-

структуры в отвечающий за кисть участок левой соматосенсорной коры, которая обрабатывает поступающую сенсорную информацию.

Во время всех этих процессов потребляется энергия. За доли секунды крошечные капилляры расширяются и насыщают более активные участки вашего мозга кровью, богатой кислородом, соединенным с гемоглобином. Сопровождающие нейронную активность изменения локальной концентрации кислорода в крови влияют на магнитное поле во время выполнения фМРТ. Не связанный с кислородом гемоглобин ведет себя как парамагнетик, втягиваясь в магнитное поле, а насыщенный кислородом гемоглобин — диамагнетик, он слабо отталкивается. Данные эффекты создают сигнал, зависящий от уровня кислорода в крови, который отражает интенсивность нейронной активности и может быть зарегистрирован. Во время эксперимента с постукиванием мизинцем связанные с кистью области в сенсорной и моторной коре левого полушария будут светиться на мониторе томографа.

С помощью фМРТ можно обнаружить такую мозговую активность и у некоторых людей с ампутированными кистями. Многие пережившие ампутацию испытывают сильные иллюзорные ощущения «фантомной конечности», чувство, что ампутированная конечность все еще существует. Если исследователь просит такого человека пошевелить фантомными пальцами, фМРТ показывает повышенную активность в областях, которые раньше были связаны с кистью. Это значит, что по крайней мере у некоторых людей после ампутации мозг сохраняет представление об ампутированной руке, даже несмотря на то что физически ее больше не существует. Однако на самом деле все гораздо сложнее.

Десятилетиями в фундаментальных биологических исследованиях на животных собирались доказательства, что организация коры головного мозга сильно изменяется, если в результате повреждения периферических нервов нарушается связь с конечностью. То есть локализация сенсорных и моторных функций в коре зависит от стимуляции.

**Десятилетиями
в фундаментальных
биологических
исследованиях
на животных собирались
доказательства, что
организация коры
головного мозга сильно
изменяется, если
в результате повреждения
периферических нервов
нарушается связь
с конечностью. То есть
локализация сенсорных
и моторных функций в коре
зависит от стимуляции**

воположной стороны тела) возникают поступающие вниз импульсы — потенциалы действия. Такие сигналы проходят через подкорковые структуры головного мозга и идут вниз по спинному мозгу, а затем передаются периферическим двигательным нервам, которые вызывают сокращение соответствующих мышц в ваших правых предплечье и кисти. Специализированные рецепторы в коже, сухожилиях и суставах стимулируются при движении пальцев и обеспечивают обратную связь, посылая сигналы по чувствительным нейронам в спинной мозг. Там по восходящим путям импульсы передаются через подкорковые

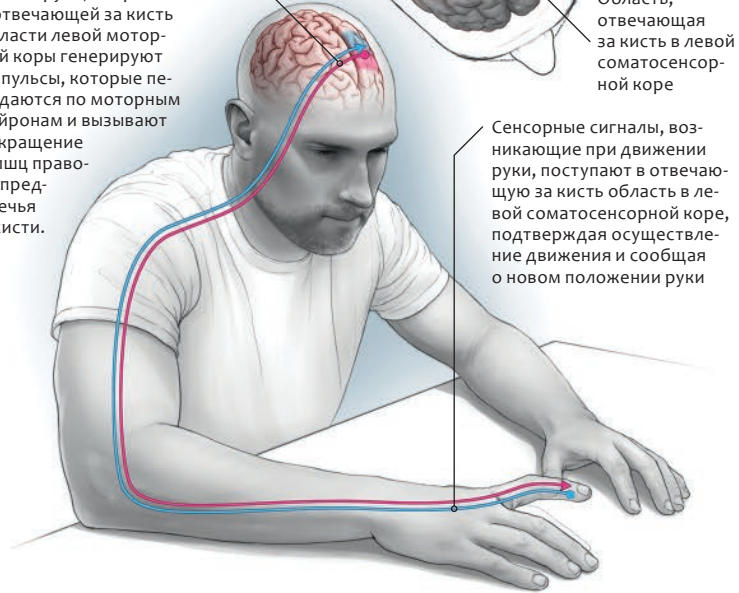
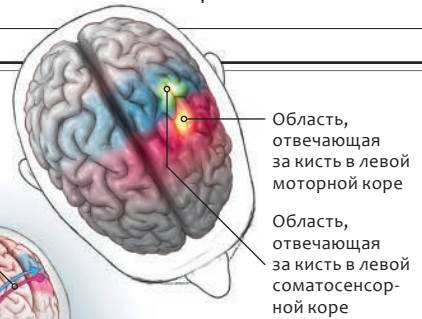
Аккуратное восстановление иннервации

При повреждении периферических нервов может меняться система передачи сигналов от мозга к кисти, позволяющая нам мгновенно и не задумываясь брать в руки вилку. После пересадки кисти для восстановления нервной проводимости необходимо преодолеть перестройку, возможно, произошедшую после ампутации.

Для того чтобы понять, что может пойти не так, рассмотрим сначала, что происходит, когда двурукий человек двигает одним из пальцев на правой руке **A**. Затем сравним обычную работу мозга и три примера того, что может происходить при отсутствии руки **B**. Исследования показывают, что по крайней мере у некоторых людей после ампутации мозг сохраняет представление о руке даже после того, как физически она исчезла. Но часто после того, как кора головного мозга перестает получать сигналы из-за повреждения периферических нервов, в ней происходят глубокие перестройки.

A Обычный нервный путь

Для того чтобы пошевелить пальцем правой руки, нейроны в отвечающей за кисть области левой моторной коры генерируют импульсы, которые передаются по моторным нейронам и вызывают сокращение мышц правого предплечья и кисти.



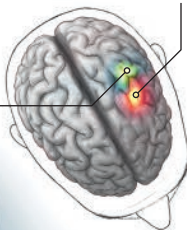
B Нервные пути после ампутации

СЦЕНАРИЙ 1

После ампутации многие испытывают ощущение «фантомной конечности». Когда людей просят пошевелить пальцем, которого больше нет, или с помощью транскраниальной магнитной стимуляции воздействуют на область, отвечающую ранее за движение этой кисти, они говорят, что чувствуют движение фантомного пальца.

Активация области, отвечающей за кисть, в левой моторной коре

В некоторых случаях в левой соматосенсорной коре в области, отвечающей за кисть, тоже наблюдается повышенная активность



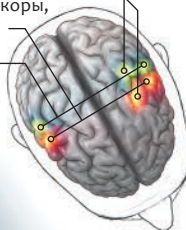
СЦЕНАРИЙ 2

Сигналы могут быть перепутаны. В некоторых случаях после ампутации область коры, отвечающая за кисть, активируется, когда человек шевелит губами. Активность повышается не только в сенсорных и моторных зонах, отвечающих за лицо, но и в тех участках, которые до ампутации контролировали движение кисти. Такие участки расположены в мозге с противоположной стороны от места повреждения.

Области левой соматосенсорной и левой моторной коры, отвечающие за кисть

Область моторной коры, отвечающая за рот

Область соматосенсорной коры, отвечающая за рот

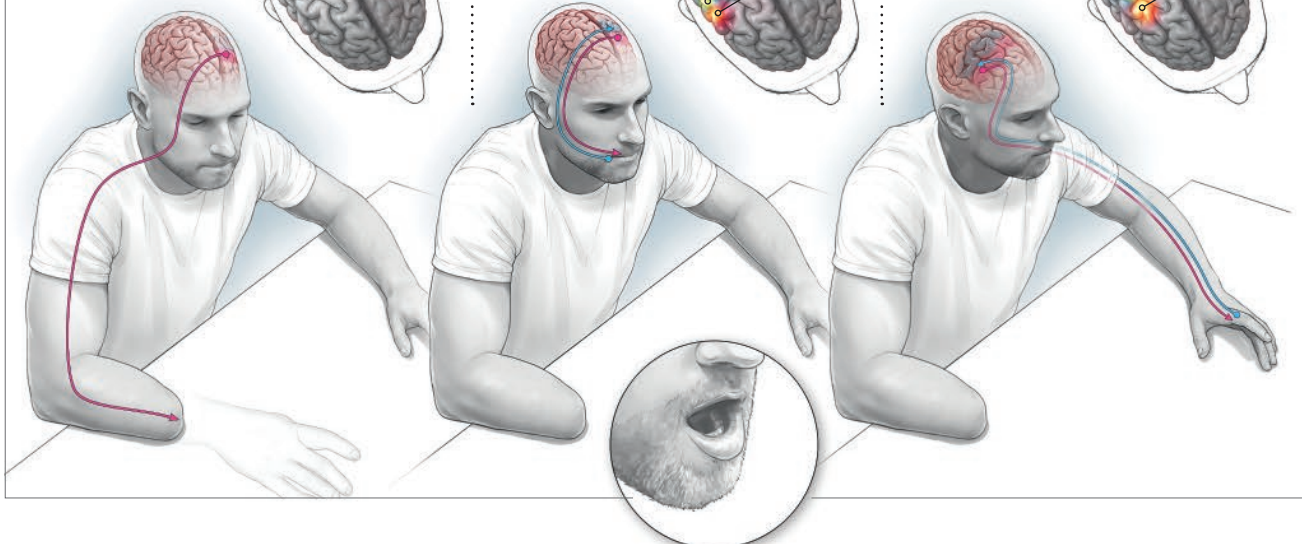
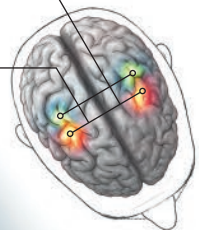


СЦЕНАРИЙ 3

После ампутации кисти при выполнении заданий с помощью сохранившейся руки наблюдается повышенная активность в областях мозга, отвечающих за эту кисть, и с противоположной стороны мозга, в зонах, которые ранее были связаны с утраченной рукой.

Области моторной коры, отвечающие за кисть (правая и левая)

Области соматосенсорной коры, отвечающие за кисть (правая и левая)





Ловким движением пересаженной кисти Дональд Рикельман легко застегивает рубашку

с кистью участков происходит в дополнение к обычной активности в зонах, связанных со здоровой рукой. Аналогично в некоторых исследованиях с использованием нейровизуализации показано, что при движениях губ может также усиливаться активность участков коры, которые ранее были связаны с ампутированной рукой.

Благодаря этим аспектам трансплантации кисти представляет большой интерес для исследователей мозга. Сохраняет ли мозг взрослого человека спустя годы и даже десятилетия после ампутации достаточную пластичность в зонах, отвечавших за утраченную кисть, чтобы взять на себя контроль над рукой после трансплантации? Ответ на этот вопрос может иметь большое значение, от него зависит возможность восстановления функций после повреждений тела, спинного или даже головного мозга.

Восстановление головного мозга

Я занялся изучением данной проблемы, когда Дэвид Сэвидж со своей женой Карен приехал ко мне в лабораторию, расположенную тогда в Орегонском университете, всего через четыре месяца после того как ему пересадили руку в Еврейском госпитале в Луисвилле. Это был уникальный шанс проверить возможности восстановления нервных связей после трансплантации. Сэвидж потерял правую руку еще в молодости, в результате несчастного случая в магазине, и до трансплантации почти 35 лет прожил без кисти. Пока мы разговаривали, Дэвид отстегнул липучки, которые удерживали съемный фиксатор, и начал невозмутимо сгибать и разгибать пальцы своей новой руки. Увидев изумление на моем лице, он улыбнулся, взял мою ручку и написал в моем блокноте свое имя. Сразу стало ясно, что мне предстоит еще многое узнать.

Прежде чем обсудить потрясающие результаты Сэвиджа, нам придется ненадолго отвлечься и поговорить о работе периферических нервов в кисти и предплечье. В отличие от головного и спинного мозга периферические нервы после повреждения могут отрастать. Причем отрастают они поразительно быстро — со скоростью до 2 мм в день. Опытный микрохирург подготавливает пациента к такой регенерации, аккуратно выделяя пучки различных нервов и затем тщательно сшивая их с соответствующими пучками в донорской руке. Пучки состоят из оболочек, окружающих множество микроскопических аксонов — тонких отростков, идущих от тел отдельных

нейронов, это похоже на оболочки вокруг многочисленных разноцветных телефонных проводов, которые можно увидеть там, где идет строительство. После того как пучки были соединены хирургически, они направляют прорастающие аксоны двигательных нейронов к мышцам кисти и там образуется нервно-мышечное соединение. Точно так же нервные отростки, посылающие сенсорные сигналы в мозг, соединяются с кожей, сухожилиями и суставами. Там чувствительные нейроны образуют специальные рецепторы, реагирующие на изменения давления, вибрацию и температуру. Процесс прорастания периферических нервов обратно в конечность и восстановления чувствительности называется реиннервацией.

Результаты исследований пациентов, переживших пересадку кисти, противоречат общепринятым представлениям о слабой нейропластичности у взрослых людей

Но даже талантливый микрохирург не может проконтролировать, куда именно в донорскую руку прорастут отростки периферических нервов. Поэтому возникающие в итоге ошибки реиннервации осложняют восстановление функций кисти. В предплечье Сэвиджа регенерирующие сенсорные нервы медленно прорастали вдоль соединенных пучков. По пути некоторые отростки отклонялись и начинали иннервировать участки кожи на его новой ладони, образуя многочисленные веточки, заканчивающиеся крошечными рецепторами. Мы знаем об этом, потому что на раннем этапе восстановления Сэвидж мог уловить легкое прикосновение к основанию большого пальца и определить место касания, хотя остальная часть его руки все еще была лишена чувствительности. Его мозг получал информацию от периферических нервов, которые до этого в последний раз передавали сенсорные сигналы от руки более 30 лет назад. Теперь же импульсы поступали от специализированных рецепторов, которые образовались недавно и в совершенно другой руке.

Из-за ошибок реиннервации у Сэвиджа могли возникнуть сложности, но его мозг был способен это компенсировать. Сенсорный нерв в предплечье, который раньше получал сигналы от участка кожи, расположенного, например, у основания большого пальца в собственной кисти, теперь мог передавать сигналы от совершенно другого участка ладони пересаженной руки. Однако мозг Сэвиджа каким-то образом за короткий промежуток времени научился правильно интерпретировать новую информацию, и когда я касался его ладони, он ощущал сигнал оттуда, а не от большо-

**Основная цель нашей
нынешней работы —
установление взаимосвязи
между зависимыми
от опыта изменениями
в мозге и использованием
рук в повседневной
деятельности, которое
мы оцениваем с помощью
беспроводного носимого
сенсорного устройства.
Такое оборудование
позволяет нам наблюдать
с высокой точностью
активность рук и протезов
в течение многих дней**

го пальца. Его ощущения были еще не совсем точными, но это все равно потрясло с учетом того обстоятельства, что до недавнего времени Сэвидж больше 30 лет жил без руки. Как именно мозг решает подобную задачу, остается неясным. У нас есть рабочая гипотеза, что благодаря многократному сочетанию зрительной и тактильной обратной связи, когда человек, используя руку, видит ее и ощущает прикосновение, мозг учится исправлять ошибку реиннервации.

Соответствующая область сенсорной коры Сэвиджа как будто ждала все это время возможности снова обработать сигналы, идущие от кисти, и бурно отреагировала,

когда я осторожно коснулся ладони его пересаженной руки во время выполнения фМРТ-сканирования. Однако это не означает, что реорганизация, произошедшая после ампутации, теперь полностью завершилась. Как и у других людей с ампутированными конечностями, прикосновение к ладони неповрежденной левой руки Сэвиджа вызывало ответ в том же участке соматосенсорной коры. Но он никогда не проявлял признаков неуверенности в том, приходил ли эти ощущения от его оставшейся или от пересаженной руки.

Дэвид Сэвидж в итоге скончался от рака, однако в других случаях пересаженная кисть может сохраняться десятилетиями без каких-либо явных последствий. Мэттью Скотт, первый, кому пересадили руку в Луисвилле, живет со своей пересаженной кистью уже более 21 года, и это пока рекорд длительности. Потеряв ведущую левую руку в 20-летнем возрасте в результате несчастного случая с фейерверком, он 13 лет прожил без руки. Мэтт приехал к нам в 2008 г., через девять с половиной лет после трансплантации. Чувствительность уже давно восстановилась во всей кисти, следовательно, регенерация сенсорных волокон была завершена. Он определял место прикосновения в любом участке своей новой руки, причем лишь на несколько миллиметров менее точно, чем при касании его родной руки. Мы создали управляемую с помощью компьютера установку для стимуляции кончиков пальцев во время проведения фМРТ и выявили конкретные участки в соматосенсорной коре, куда поступали сигналы от каждого пальца.

Хотя я склоняюсь к мысли, что организация соматосенсорной коры Скотта вернулась к своему исходному состоянию, которое было до ампутации, точно это неизвестно. У нас нет сведений о его мозге до ампутации, и мы знаем, что у людей существуют небольшие различия в тонкой организации мозга, возникающие из-за разной генетики и особенностей жизненного опыта. Мы можем уверенно говорить, что соматосенсорная кора у Скотта, по видимому, содержит проекцию его пересаженной руки, которая находится в рамках тех вариаций, которые мы наблюдаем у здоровых взрослых людей. Тем не менее даже через девять лет после трансплантации мозг Скотта сохранял признаки давней ампутации. При стимуляции его собственной правой кисти активность увеличивалась и в области, которая отвечала за другую

руку. Так почему же его руке удавалось так хорошо работать? Отчасти это может обеспечиваться участием других областей мозга, более высокоуровневых, не занимающихся непосредственно сенсорными и моторными функциями.

Простые задачи, такие как постукивание пальцами или пассивное восприятие прикосновения, удобны для исследования устройства сенсорной и моторной коры. Однако в повседневной жизни требуется умение брать предметы и манипулировать ими. В этих более сложных целенаправленных действиях участвуют области мозга, занимающиеся более высокоуровневой обработкой, такие как теменная и премоторная кора. Эти участки используют мультисенсорную информацию о свойствах объекта и положении тела для планирования движений с конкретной целью, например чтобы взять чашку и отпить из нее.

Кен Валиер (Ken Valyear) руководил в нашей лаборатории проектом, в котором с помощью хватательных движений и фМРТ изучалось восстановление захвата видимого объекта после пересадки руки у Дональда Рикельмана (Donald Rickelman). Дональд потерял левую руку во время аварии на производстве и жил без нее 14 лет. Нас особенно интересовала роль передней внутричелюстной коры (пВТК) — небольшой области, расположенной сразу за проекцией кисти в сенсорной коре и участвующей в правильной ориентации кисти в соответствии с формой, положением и размером захватываемого объекта.

Спустя 26 месяцев и 41 месяц после получения трансплантата у Рикельмана, как и у других людей с пересаженными руками, которых мы изучали, наблюдались признаки непрерывной реорганизации в моторных и сенсорных связанных с кистью областях. Неудивительно, что ему было сложно выполнять кистью некоторые основные действия. При детальном анализе движений, снятых с высоким разрешением в то время, когда он дотягивался до предметов и брал их, были выявлены существенные улучшения координации за этот период. Каким образом он компенсировал свои сенсорные и моторные нарушения? Чтобы это выяснить, мы создали специальную установку, которая позволяла ответить на этот вопрос с помощью фМРТ. Когда Рикельман брал предметы через 26 месяцев после трансплантации, в его пВТК и премоторной коре наблюдался слабый уровень связанной с хватанием активности по сравнению

с людьми с неповрежденными конечностями. К 41-му месяцу связанная с захватом активность в пВТК и премоторной коре усилилась и стала более похожа на ту, что наблюдалась у контрольных участников исследования. Мы предполагаем, что улучшение со временем способности дотягиваться и брать предмет с помощью пересаженной руки может обеспечиваться этими высокоуровневыми областями, взявшими на себя те задачи, с которыми слабо справлялись реорганизованные моторные и сенсорные зоны.

Дональд Рикельман и Мэттью Скотт продолжают совершенствовать свои сенсорные и моторные способности и через много лет после трансплантации, следовательно, связанные с обучением изменения в мозге могут участвовать в восстановлении еще долго после того, как полностью регенерируют периферические нервы. Основная цель нашей нынешней работы — установление взаимосвязи между зависимыми от опыта изменениями в мозге и использованием рук в повседневной деятельности, которое мы оцениваем с помощью беспроводного носимого сенсорного устройства. Такое оборудование позволяет нам наблюдать с высокой точностью активность рук и протезов в течение многих дней, когда участники исследования ведут свою обычную жизнь.

У периферических нервов есть сверхспособность восстанавливаться после повреждения, а у мозга — перестраиваться в ответ на изменение стимуляции. Оба этих свойства взаимно дополняют друг друга при восстановлении после травм. И пусть исследования людей, переживших трансплантацию кисти, еще только начинаются, но уже показано, что человеческий мозг может реагировать на возобновление стимуляции даже спустя много лет. Эти результаты противоречат общепринятым представлениям о слабой нейропластичности у взрослых людей и дают надежду тем, кто пытается преодолеть последствия ампутации и других разрушительных повреждений. Действительно возможно восстановление способности к хватанию и осязанию, которые были утрачены несколько десятков лет назад. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Tomorrow's Prosthetic Hand. Jessica Schmerler and Ian Chant; Scientific American Mind, July 1, 2016.

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

РАССТРОЙСТВО МОЗГА И ПСИХИКИ

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

Дайана Квон



ОБ АВТОРЕ

Дайана Квон (Diana Kwon) — журналистка, пишет про здоровье и естественные науки. Живет в Берлине.



Все началось с кашля.

Три года назад шотландка Трейси Макнивен, которой тогда было около 35 лет, подхватила тяжелую инфекцию дыхательных путей, и в результате у нее развился стойкий кашель, который не проходил даже после приема лекарств. Через несколько месяцев начали появляться странные симптомы. Макнивен обратила внимание, что ее ноги немеют и она не может контролировать их движения. Когда она шла, то чувствовала себя марионеткой, которой кто-то управляет. В течение двух недель такая странная потеря чувствительности постепенно усиливалась. И однажды вечером, когда Макнивен была дома, у нее отнялись ноги. «Я лежала и чувствовала себя так, словно не могу вдохнуть, — вспоминает она. — Я не ощущала ничего ниже пояса». Мать отвезла ее в больницу, где Макнивен пробыла более полугода.

Во время ее первых недель в больнице врачи проводили множество тестов, пытались понять причину таких симптомов. Они предполагали, что у Макнивен прогрессирующее нейродегенеративное заболевание из группы «болезней двигательного нейрона» или, возможно, рассеянный склероз — болезнь, при которой иммунные клетки атакуют нервную систему собственного организма. Однако, как ни странно, сканирование мозга, анализы крови и спинальная пункция не выявили никаких отклонений.

Такая сложная ситуация, как у Макнивен, встречается нередко. По информации, полученной при наиболее точном на сегодня анализе ситуации в неврологических клиниках, примерно у трети пациентов имеются неврологические симптомы, которые частично или полностью необъяснимы, например тремор, судороги, слепота, глухота, боль, паралич и кома, симптомы могут быть похожи на почти любое неврологическое заболевание. У некоторых пациентов подобные осложнения сохраняются годами или даже десятилетиями, иногда больным требуется кресла-каталки, или же они даже не могут встать с кровати. Хотя у женщин такое встречается чаще, чем у мужчин, это на первый взгляд необъяснимое заболевание может возникнуть у любого человека и в любом возрасте.

Несколько поколений исследователей пытались понять это необычное состояние, которому в разные времена давали разные названия: истерия, конверсионное расстройство или психосоматическое заболевание. Однако такие ярлыки долгое время подразумевали конкретные объяснения для данного явления, которое сегодня многие ученые рассматривают как сложное заболевание на стыке психиатрии и неврологии. Некоторые из тех названий все еще используют и сегодня, но современное, подчеркнута нейтральное обозначение этого

состояния — «функциональное неврологическое расстройство» (ФНР), что означает просто проблему в работе нервной системы.

Пациенты с ФНР уже давно борются за получение адекватной медицинской помощи. Их обвиняли в симуляции и придумывании симптомов, у них болезненно, но часто безрезультатно собирали сведения о наличии психологической травмы в детстве. Врачи, которые не знали, как лечить человека, который, согласно анализам, был здоров, просто отказывались от таких пациентов. «На протяжении очень многих лет врачи недооценивали распространенность этого расстройства и тот урон, который оно наносит людям, — рассказывает Кэтрин Лафавер (Kathrin LaFaver), невролог, специализирующаяся на двигательных расстройствах в Медицинской школе Финберга при Северо-Западном университете. — Эти люди действительно оказались [в пропасти] между неврологией и психиатрией».

Однако в последние десять лет с помощью таких методов, как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ),

исследователи начали понимать, что происходит в мозге пациентов с этим загадочным заболеванием. А на основании новых моделей работы мозга ученые лучше представляют, как развивается заболевание и как его можно лечить.

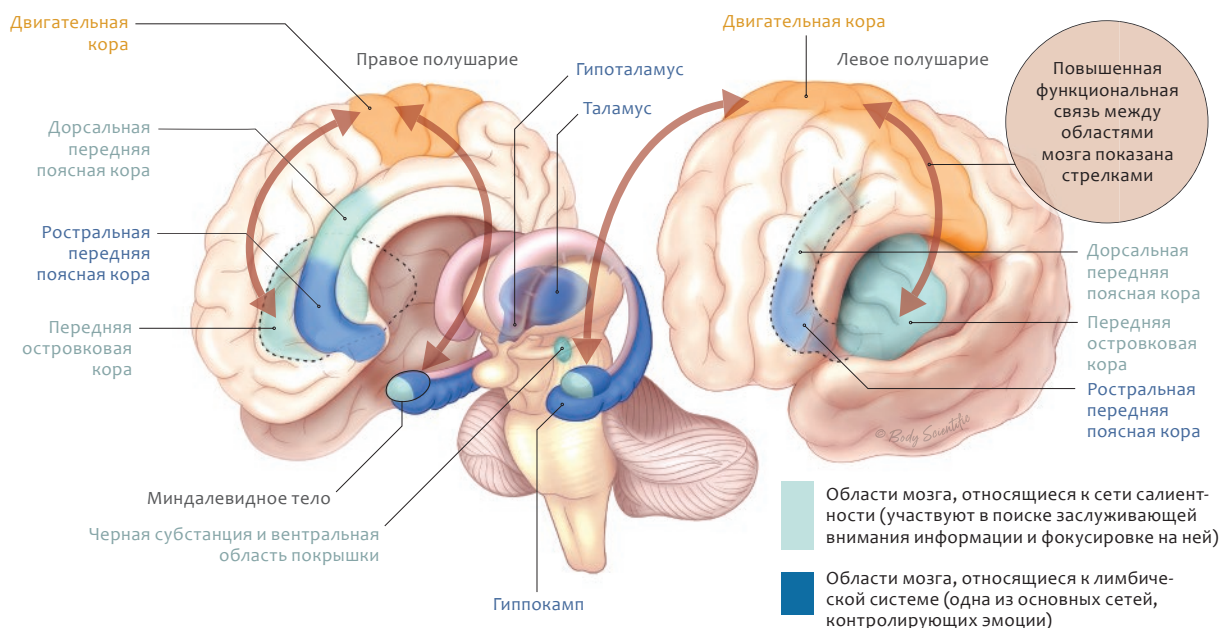
Загадочное расстройство

Более 3 тыс. лет тому назад хеттский царь Мурсили II попал в ужасную грозу. После этого у него возникло временное нарушение речи, которое пропало, а затем появилось снова после ночного кошмара о том происшествии. Подданные посчитали непонятный недуг своего царя гневом бога грома — одного из могущественных божеств древних цивилизаций. Когда современные ученые пересмотрели записи об этом случае, они поставили диагноз «функциональная афония» (потеря способности говорить).

На протяжении всей истории человечества люди, как и хетты в приведенном примере, упоминали богов, колдовство и одержимость демонами, давая сверхъестественную трактовку заболеванию, которое сегодня

Связь между мозгом и телом

Пациенты с физическими симптомами (такими, как паралич), но без видимых травм могут иметь функциональное неврологическое расстройство (ФНР). При нейровизуализации у таких пациентов были выявлены небольшие аномалии в некоторых областях и сетях мозга. Исследования показывают, например, что усиливается функциональная связанность, то есть корреляция активности, между областями, участвующими в контроле движений, и структурами, влияющими на внимание и эмоции, как показано на рисунке. Это позволяет предположить возможный механизм заболевания. Активность в сетях, влияющих на осознание себя, таких как височно-теменной узел и связанные с ним структуры, при ФНР тоже может отличаться.



SOURCE: "EMOTIONAL PROCESSING IN FUNCTIONAL NEUROLOGICAL DISORDER: A REVIEW, BIOPSYCHOSOCIAL MODEL AND RESEARCH AGENDA," BY SUSANNA PICK ET AL., IN JOURNAL OF NEUROLOGY, NEUROSURGERY AND PSYCHIATRY, VOL. 90, 2019, ILLUSTRATION BY BODY SCIENTIFIC

называют ФНР. По мнению некоторых историков, впервые научное объяснение этого состояния попытались дать античные врачи около 400-х гг. до н.э., в частности Гиппократ, когда ввели термин «истерия» для описания широкого набора недугов, в том числе паралича, головных болей, головокружения и болезненных ощущений. Они считали, что все это возникает, когда матка (греч. *hystera*) начинает блуждать по телу.

Представления об истерии достигли своего расцвета в XIX в., когда предполагаемая причина переместилась из матки в мозг. Среди нескольких врачей, изучавших эту тему, был Жан Мартен Шарко, которого многие считают отцом неврологии. В парижской больнице Сальпетриер он подробно описал симптомы истерии у пациентов и после их смерти провел вскрытие мозга. Хотя Шарко не смог обнаружить каких-либо структурных изменений у этих людей, он был убежден, что нарушения, которые он наблюдал, были связаны с невидимыми, нестабильными изменениями в мозге, которые он называл «динамическими, или функциональными, поражениями».

Шарко также обнаружил, что вопреки распространенному мнению мужская истерия — это не редкость, просто она часто оставалась незамеченной. Он обратил внимание, например, на случаи истерии среди работников национальной железнодорожной компании, возникавшие, по-видимому, после небольших физических травм. Его работа сделала популярным изучение истерии и вдохновила на работу в этой области нескольких исследователей, в том числе Жозефа Бабинского, Пьера Жане и Зигмунда Фрейда.

Однако в отличие от Шарко эти ученые рассматривали истерию скорее как нарушение мышления, а не мозга. Фрейд предположил, что она возникает, когда вытесненная травма от испытанного в детстве насилия или других тяжелых событий трансформируется в физические симптомы, и назвал ее конверсионным расстройством. Такие взгляды, бывшие догмой на протяжении большей части XX в., навесили на это заболевание ярлык и перенесли его из сферы неврологии в область психиатрии. Через несколько десятилетий, возможно, по случайному совпадению, одновременно угасло влияние Фрейда в психиатрии и число случаев конверсионного расстройства сократилось настолько, что иногда его считали исчезнувшей болезнью викторианской эпохи.

Спустя столетие новое поколение исследователей обратило внимание на заболевание. При ближайшем рассмотрении оказалось, что, несмотря на уменьшение количества диагностированных случаев во второй половине XX в., это состояние не исчезло. Благодаря новым исследованиям выяснилось, что оно имеет отношение как к неврологии, так и к психиатрии. В 2013 г. некоторые врачи были обеспокоены тем, что термин «конверсионное расстройство» плохо воспринимался пациентами и, вероятно, неправильно указывал на психику как единственную причину такого состояния. Они добились включения названия «функциональное неврологическое расстройство» в качестве альтернативного обозначения этого заболевания в пятое издание Диагностического и статистического руководства по психическим расстройствам (*DSM-5*).

Явные признаки

В прохладный солнечный февральский день я наблюдала, как невролог Джон Стоун (Jon Stone) из Эдинбургского университета вел первичный прием пациентов в Клинике регенеративной неврологии Энн Роулинг, где его группа занимается диагностикой и лечением ФНР. Стоун внимательно слушал, когда, где и как появились первые симптомы. Он собирал подробную медицинскую и личную информацию о пациентах и проводил неврологическое обследование. Затем, как детектив, он соединял все эти детали воедино, чтобы поставить диагноз.

В последние годы ФНР превратилось из диагноза исключения, то есть ярлыка, который врачи навешивают на пациента, чье состояние не имеет никакого другого объяснения, в диагноз на основе отчетливых признаков и симптомов. Оно похоже на другие неврологические расстройства, но имеет и определенные отличия. Например, в тесте Гувера слабость конечности временно проходит, если внимание пациента отвлечено на что-то другое. Или вовлечение в тремор: если пациента с функциональным тремором одной руки просят начать трясти другой рукой в определенном ритме, то пораженная конечность начинает дрожать в том же ритме. Этот эффект не наблюдается у людей с нейродегенеративными заболеваниями, такими как болезнь Паркинсона. Среди явных признаков функциональных припадков — крепко зажмуренные глаза, учащенное дыхание и тремор, длящийся несколько минут, — данные симптомы редко бывают при эпилептических приступах.

Подобные признаки были известны врачам на протяжении десятилетий: тест Гувера, например, был описан врачом Чарлзом Франклином Гувером (Charles Franklin Hoover) в XIX в. Стоун поясняет, что в прошлом врачи не рассказывали про такие признаки больным. Однако он указывает на них пациентам, чтобы помочь им понять суть их состояния, и говорит, что сейчас врачи все чаще придерживаются этой же тактики. Наблюдение за больными помогает понять патологию, которую Стоун называет «не аппаратной, а программной проблемой» мозга.

Впервые с этим расстройством Стоун столкнулся в начале 1990-х гг., когда был начинающим врачом. Он был очарован. Сам Стоун вырос с заиканием и знал, каково это — не контролировать собственное тело. Его волновал подход к лечению людей с ФНР, как он предпочитал называть это состояние. Среди медицинских работников считалось, что симптомы заболевания не настоящие, по крайней мере не настолько настоящие, как те, которые наблюдались при рассеянном склерозе или, например, инсульте. Многие врачи беспокоились, что либо не могут определить истинную причину болезни, либо обмануты притворщиком. В результате пациенты с ФНР не получали такого же сочувствия, внимания или заботы, как люди с так называемыми органическими неврологическими заболеваниями.

Стоун решил копнуть глубже. Во время учебы в аспирантуре он встретился с Аланом Карсоном (Alan Carson), который учился на психиатра и разделял его интерес. В 2002 г. они приступили к оценке масштабов проблемы, изучив обращения в четыре неврологических центра в Шотландии за пятнадцатимесячный период. Они проанализировали данные по более чем 3,7 тыс. пациентов и выяснили, что 1144 из них, то есть почти треть, имели неврологические симптомы, считавшиеся частично или полностью необъяснимыми с медицинской точки зрения. Среди них только у четверых в итоге в течение следующих 18 месяцев была диагностирована другая неврологическая проблема. Эта работа показала, насколько широко распространено ФНР.

В конце концов Стоун и Карсон объединили усилия с неврологом из Национального института неврологических расстройств и инсульта США Марком Халлеттом (Mark Hallett), который тоже занимался



Синдром отстраненности

Начиная с 1990-х гг. из Швеции стали поступать сообщения о загадочном заболевании. Детей доставляли в отделения неотложной помощи в состоянии, похожем на кому, — неподвижных, немых, неспособных пить и есть, ни на что не реагирующих, даже на боль. У такого состояния не было никакой определенной медицинской причины, а длилось оно месяцами или даже годами. Все эти пациенты имели кое-что общее: они были из семей беженцев, как правило, принадлежавших к этническим или религиозным меньшинствам, из стран бывшего Советского Союза или Югославии. Во многих случаях триггером, запустившим заболевание, по видимому, был отказ в предоставлении убежища.

К началу 2000-х гг. были зарегистрированы сотни случаев этого необъяснимого заболевания. По мере того как росло число пострадавших детей, происхождение болезни становилось предметом активных споров. Некоторые высказывали мнение, что дети притворяются или что родители вызвали у них это состояние, чтобы получить вид на жительство. Несмотря на то что такие предположения вызывают возмущение и у врачей, и у общественности, их продолжают повторять до сих пор. В 2014 г. Шведский национальный совет здравоохранения признал это новым заболеванием — *Uppgivnhetssyndrom* (синдромом отстраненности). Другие считали это проявлением уже известной болезни, например депрессии, кататонии или конверсионного расстройства.

Карл Саллин (Karl Sallin), педиатр из Каролинской университетской больницы в Швеции, с коллегами предположили, что это культурно-специфичное функциональное неврологическое расстройство. Они считают, что синдром отстраненности возникает, когда такие факторы, как предшествующая психологическая или физическая травма, утрата надежды, что убежище будет предоставлено, и страх депортации, сочетаются с культурно-специфическими убеждениями, подсознательно подталкивающими, как тело должно реагировать на чрезвычайный внешний стресс. Саллин отмечает, что явная специфичность этого состояния для определенных групп беженцев в Швеции означает, что появление болезни сильно зависит от представлений, преобладающих в конкретной группе. (Тем не менее появились сообщения о похожем состоянии у беженцев, размещенных на крошечном острове Науру и ожидающих получения убежища в Австралии.) До сих пор специалисты не пришли к единому мнению о том, что представляет собой это расстройство.

Количество случаев синдрома отстраненности достигло пика в начале 2000-х гг., а затем сократилось. Однако в последние годы это заболевание было диагностировано у сотен детей.

продвижением этого направления. Помимо проведения собственного исследования, Халлетт начал собирать группу ученых и врачей, которые могли бы внести свой вклад в изучение ФНР. Сначала это был небольшой семинар для нескольких десятков участников, но сообщество постепенно расширялось и разрослось до целого научного общества, основанного Халлеттом, Карсоном и Стоуном в 2019 г.

Ошибочные прогнозы

Спустя год после того, как Макнивен попала в больницу из-за ФНР, ее направили к психологу. Сначала она думала, что ей это не нужно, поскольку ее состояние улучшилось благодаря физиотерапии. Однако после нескольких сеансов психотерапии Макнивен была шокирована открытием: оказывается, она заблокировала воспоминания о некоторых ключевых событиях своего детства. И в числе забытого были годы физического насилия со стороны друга семьи.

Почти треть пациентов, обратившихся в неврологические клиники в Шотландии, имели симптомы, считавшиеся необъяснимыми с медицинской точки зрения

Несмотря на то что поначалу она не хотела рассматривать роль психологических факторов в своей болезни, сейчас Макнивен говорит, что, видимо, они действительно вносят свой вклад. Многие из тех, кто сегодня занимается исследованием ФНР, согласились бы, но с некоторыми пояснениями. В отличие от Фрейда, который сосредоточился на роли вытесненной травмы, современные исследователи считают, что с этим состоянием связано множество факторов. Они бывают предрасполагающими — например, негативные переживания в детстве, наличие в прошлом физической травмы или аффективных и тревожных расстройств; запускающими (триггерами) — физическая травма или стрессорное событие; и пролонгирующими — к ним относятся отсутствие доступа к необходимому лечению или реакция пациента

на расстройство. Все эти факторы учитывает современная биопсихосоциальная модель ФНР.

До сих пор не существует единого общепринятого объяснения того, как данные факторы объединяются при формировании ФНР, но некоторые ученые предполагают, что заболевание, возможно, связано с одной из базовых функций мозга — прогностической обработкой. Эту идею продвигает нейробиолог Карл Фристон (Carl Friston) из Университетского колледжа Лондона. Он утверждает, что мозг постоянно делает и оценивает предсказания, сравнивая данные, полученные от наших органов чувств, и внутренние модели, построенные на основе предыдущего опыта. Когда возникает несоответствие между предположениями и реальностью, мозг либо обновляет существующие модели, либо посылает команды телу действовать так, чтобы соответствовать ожиданиям. Например, если вы хотите идти, но ваша нога не двигается, мозг отмечает ошибку предсказания, которую можно устранить, если вы переместите ногу. Фристон и другие исследователи считают, что предсказания лежат в основе всего, что делает мозг, — от восприятия движений и до принятия решений.

Невролог Марк Эдвардс (Mark Edwards) из Больницы Св. Георгия в Лондоне вместе с коллегами предположил, что при ФНР прогностический процесс искажен и у пациентов возникают аномальные представления о том, как должно чувствовать и действовать их тело. По мнению Эдвардса, одна из главных причин подобной аномалии — чрезмерное внимание к собственному телу, могущее быть связанным с целым рядом факторов, среди которых наличие физического заболевания, аффективные и тревожные расстройства или насилие в детстве. Когда происходит триггерное событие, например травма конечности или приступ паники, из-за наличия повышенного внимания мозг может создавать измененные предсказания по поводу тела. В некоторых случаях прошлый опыт, например наличие заболевания в семье, тоже может способствовать формированию таких ожиданий.

Представим себе, что человек падает и получает сильное растяжение ноги, в результате конечность временно теряет подвижность. Как только подвижность возвращается, у большинства людей обновляются предсказания мозга о способности поврежденной конечности двигаться. Однако у этого человека слегка повышена тревожность,

и поэтому он подсознательно уделяет больше внимания своему телу, а после внезапной смерти одного из родителей он интенсивнее реагирует на проблемы со здоровьем. Эти предрасполагающие факторы усиливают чувствительность, связанную с травмой, в результате внутренние представления о неподвижности ноги сохраняются даже после того, как работоспособность конечности восстановлена, и это приводит к функциональному параличу. (В некотором смысле это противоположность тому, что происходит с людьми, чувствующими фантомную конечность. Такие люди не могут обновить модель после ошибки предсказания, когда ожидаемое ощущение в отсутствующей конечности не совпадает с реальной сенсорной обратной связью.)

Гипотеза об изменении прогностической обработки у пациентов с ФНР сегодня проверена в нескольких экспериментах. Например, в исследовании 2014 г. Эдвардс с коллегами использовали задание «сравнения усилий», в котором автоматическое устройство надавливает на палец, а потом людей просят своей рукой надавить себе на палец с той же силой. Здоровые люди склонны надавливать собственной рукой слишком сильно, потому что из-за ожиданий мозга надавливание воспринимается слабее (по этой же причине вы не можете сами себя пощекотать). В то же время люди с ФНР выполняли это задание ненормально точно, потому что внутренняя система прогнозирования работала иначе. Тем не менее нужно гораздо больше данных, чтобы подтвердить, что такой механизм обеспечивает правильное и достаточное объяснение этому состоянию.

Исследование мозга

Исследователи ФНР изучают мозг пациентов, чтобы найти изменения, связанные с этим состоянием. Однако современным ученым, чтобы заглянуть в мозг своих пациентов, уже не нужно ждать посмертного вскрытия. С помощью таких методов, как фМРТ, удалось выяснить, что в мозге людей с ФНР действительно есть отличия. «Мы начинаем выявлять динамическое поражение, которое искал Шарко», — говорит невролог и психиатр из Массачусетской больницы общего профиля Дэвид Перес (David Perez).

При сравнении пациентов с ФНР и людей, которых просили имитировать те же симптомы, с помощью фМРТ исследователи выявили отличающуюся активность в височно-теменном узле, который связан

с осознанием себя. Данные подтверждают, что в отличие от симулятивного расстройства (его тяжелая форма называется синдромом Мюнхгаузена), при котором пациенты умышленно изображают другие заболевания, симптомы у людей с ФНР не поддаются их сознательному контролю.

С помощью нейровизуализации было сделано еще одно важное открытие. У пациентов с ФНР оказались более сильные связи между областями контроля движений и двумя сетями мозга, работающими с эмоциями: сетью салиентности, отвечающей за обнаружение важной информации и фокусировку на ней, и лимбической системой, связанной с регуляцией эмоций. Так, в 2010 г. группа Халлетта сообщила об усилении связей между миндалевидным телом — важнейшей областью лимбической системы — и дополнительной моторной областью, отвечающей за готовность к началу движения. Другие исследователи, например Перес, показали гиперсвязанность двигательных областей с такими структурами сети салиентности, как островковая доля и передняя поясная кора. По словам Переса, эти наблюдения позволяют предположить, что у людей с ФНР сети, связанные с эмоциями, могут вмешиваться в работу двигательной системы.

Группа Переса выяснила также, что некоторые факторы риска могут быть связаны с этими сетями. В исследовании, опубликованном в 2020 г., они показали, что сила связи двигательных областей с лимбической и салиентной сетями положительно коррелирует с тяжестью физического насилия, пережитого в детстве. Однако Перес поясняет, что это, вероятно, имеет отношение только к тем пациентам, у которых присутствует подобная травма. В его исследовании многие пациенты не сообщили о наличии какого-либо физического насилия в детстве. Тем не менее эти данные, по его словам, означают, что такой фактор риска, как травматический опыт, может изменять сети в мозге у людей, у которых потом развивается ФНР.

Ученые исследуют также, каким образом такие факторы, как стресс, влияют на нервные сети у больных с ФНР. Невролог Сельма Айбек (Selma Aybek) из Бернского университета говорит, что не у всех пациентов были в прошлом психологические травмы или тяжелые события и что у них может отличаться физиологическая реакция на стресс. Ее группа обнаружила, что по сравнению со здоровыми людьми у пациентов

с ФНР более высокий уровень таких маркеров стресса, как кортизол и амилаза, и они сильнее переживают при выполнении стрессорирующего задания. Основываясь на этих данных, ее группа с помощью нейровизуализации изучает в мозге пациентов с ФНР наличие связи между областями, задействованными в стрессовом ответе, и областями, связанными с контролем.

Таким образом, постепенно проясняется патофизиологическая картина при ФНР. Однако большая часть этой работы была проведена на пациентах с двигательными нарушениями, а значит, еще только предстоит изучить такие сенсорные изменения, как, например, нарушение зрения. Валери Вун (Valerie Voon), нейропсихиатр из Кембриджского университета, сотрудничавшая с Халлеттом в нескольких смелых проектах, говорит, что в большинстве таких исследований размер выборки был небольшим, поэтому их

Используя неинвазивные зонды, исследователи находят небольшие различия в мозгах пациентов с функциональными неврологическими расстройствами

результаты надо будет подтверждать в более крупных работах. Остается также открытым вопрос, как результаты нейровизуализации согласуются с моделью прогностической обработки. Перес считает, что многие выявленные области могут быть той сетью, при участии которой возникают искаженные предсказания.

Светлое будущее

Летом после второго курса педагогического колледжа в Шотландии 19-летнюю Рейчел Труп срочно доставили в больницу с симптомами, похожими на инсульт. Однако МРТ показала, что у нее нет инсульта, а тесты на другие неврологические заболевания не выявили отклонений. В конце концов ей диагностировали ФНР. Однако последовавшее лечение причиняло ей мучения. Ни врачи, ни физиотерапевты, казалось, не знали, как улучшить ее состояние, и упражнения, которые ей предписывали делать, приносили больше страданий, чем пользы. По ее словам, было постоянно больно.

Через несколько месяцев Труп решила больше не ходить на физиотерапию. На тот момент вся правая сторона ее тела почти не действовала и для передвижения она пользовалась креслом-каталкой. Однако после того как ее еще несколько раз госпитализировали с похожими на инсульт приступами, она, наконец, встретила команду Стоуна и получила медицинскую помощь, которая нужна именно при ФНР. Для этого использовали разновидность физиотерапии, отвлекая внимание от пораженных конечностей во время выполнения упражнений для восстановления нормального контроля над телом.

Во время физиотерапии пациентов с ФНР отвлечение внимания от пораженной конечности часто имеет большое значение, поскольку, как предполагается в модели прогностической обработки Эдвардса, внимание играет решающую роль в формировании симптомов. Когда внимание направлено в другую сторону, неверные ожидания мозга в отношении движения пропадают. Стоун и его коллеги участвуют в продолжающемся в Великобритании рандомизированном клиническом испытании этого типа специализированной физиотерапии для лечения функциональных двигательных расстройств (разновидности ФНР, влияющей на движение). Во время лечения пациентов не только заново учат двигаться, но и информируют о том, какие симптомы могут возникать и от каких физических и психологических факторов это может зависеть.

Для того чтобы расширить список методов лечения ФНР, исследователи проверяют разные подходы. В другом крупном клиническом испытании с участием более 300 пациентов оценивалась эффективность использования при функциональных припадках когнитивно-поведенческой терапии (КТП) — целенаправленного воздействия, ориентированного на изменение деструктивных схем поведения или мышления. Результаты, опубликованные в июне 2020 г. в *Lancet Psychiatry*, свидетельствуют, что с помощью КТП не удастся снизить частоту приступов у всех пациентов.

В Королевском колледже Лондона группа исследователей под руководством нейропсихиатра Тима Николсона (Tim Nicholson) изучает возможность использования при ФНР неинвазивного метода воздействия на мозг — транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Недавно они завершили предварительное исследование, и результаты были достаточно многообещающими,

чтобы запускать более крупное клиническое испытание. Существуют разные объяснения причин возможной эффективности ТМС. Она вызывает кратковременное мышечное подергивание, которое может стать толчком к переучиванию движения; стимуляция областей мозга, измененных при ФНР, может способствовать восстановлению функции; либо это может быть эффект плацебо. Группа под руководством Лафавера в Северо-Западном университете изучает использование медитации и практики осознанности, по словам Лафавера, пациенты считают их полезными для поддержания прогресса в лечении.

Перес говорит, что сегодня основные методы лечения пациентов с ФНР — психологические, такие как когнитивно-поведенческая терапия. Однако необходимы более эффективные подходы: сейчас прогноз остается неблагоприятным. Все еще относительно редко пациенты с ФНР полностью восстанавливаются, часто случаются рецидивы. Согласно метаанализу 24 исследований, опубликованному в 2014 г., через семь лет после первоначального диагноза в среднем около 40% пациентов сообщили, что симптомы остались прежними или ухудшились. Кроме того, по-прежнему существует сильная стигматизация таких пациентов и им трудно получить лечение. Лафавер говорит: «Я думаю, нам предстоит еще долгий путь».

К счастью, ситуация меняется. В последнее десятилетие, по мере того как рос интерес исследователей к ФНР, по всему миру увеличивалось количество клиник, занимающихся данным расстройством. Пациенты тоже заговорили. Например, в 2012 г. была создана международная благотворительная организация «ФНР — надежда» (*FND Hope*) для повышения осведомленности и борьбы за права пациентов.

Но споры продолжаются, и это отражается в дискуссии о названии болезни. У какой доли пациентов имеются, например, психологические факторы? Возникают ли симптомы в основном из-за преобразования стресса в такую форму или нужны еще какие-то другие объяснения? В одном метаанализе выяснилось, что доля пациентов с ФНР, сообщивших о наличии стрессорных факторов, варьировала в разных исследованиях от 23% до 86%. Невролог и психиатр из Брауновского университета Курт Лафранс — младший (Curt LaFrance, Jr.) говорит, что такой разброс возникает, потому что для выявления этих факторов требуется

больше времени, чем некоторые врачи могут уделить одному пациенту. В своей практике и в научной литературе он постоянно встречал свидетельства, что психологический стресс трансформируется в физические симптомы, поэтому он выступает за использование термина «конверсионное расстройство». Частично отражая такую точку зрения, старое название сохранили, когда ФНР добавили в *DSM-5*, но при этом отказались от необходимости выявлять психологические факторы для постановки диагноза. Это тоже вызывает споры.

Ясно одно: поскольку данное состояние находится на стыке неврологии и психиатрии, для решения этой загадки требуются знания из обеих областей. Такое размытие границы между физическим и психическим заболеванием становится все более распространенным. Сегодня ученые понимают, что стресс (психологический фактор) может способствовать развитию болезни Альцгеймера, а воспаление (физиологический фактор) может вызывать депрессию. Кроме того, такие традиционно считающиеся неврологическими заболеваниями, как эпилепсия и инсульт, часто связаны с эмоциональными и поведенческими нарушениями. «Мозг не делится на неврологию и психиатрию, — говорит Перес. — Нам нужна новая наука о мозге и мышлении, в которой действительно отражено, что здоровье мозга — это психическое и физическое здоровье».

В последние несколько лет Трейси Макнивен часто пользуется креслом-каталкой из-за ФНР. Но благодаря физиотерапии и психотерапии она начала выздоравливать. Ее симптомы не исчезли, у нее по-прежнему недостаточная чувствительность ног, нарушено зрение и она испытывает боль. «Я постоянно чувствую, что воюю со своим телом», — говорит Макнивен. Но она надеется на полное выздоровление. «Надо сохранять позитивный настрой, чтобы продолжать с этим бороться. Если веришь, надежда есть всегда». ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Квон Д. Самообучающиеся роботы // ВМН, № 5–6, 2018.

Противостоят дезинформации

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

СОДЕРЖАНИЕ

Как пройти через выборы	96
Истоки недоверия к вакцинам	99
Движение за правду	102
Борьба за власть	109
Ложная информация о COVID-19, которая не исчезнет	112





Как пройти через выборы

Клэр Уордл

В августе генеральный директор компании *Twitter* Джек Дорси давал интервью для подкаста *The Daily* газеты *New York Times* и ему задали недвусмысленный вопрос о том, что будет делать его компания, если президент Дональд Трамп в *Twitter* объявит себя победителем выборов-2020 еще до того, как будет произведен окончательный подсчет голосов. Дорси сделал паузу, а потом неопределенно ответил, что компания извлекла уроки из неразберихи, возникшей в 2000 г. с пересчетом голосов во Флориде, и работает с «коллегами и гражданским обществом, чтобы понимать, что происходит на самом деле». Интервью состоялось за 88 дней до выборов, и у меня упало сердце.

Illustration by Hanna Berczyk



ОБ АВТОРЕ

Клэр Уордл (Claire Wardle) — руководительница *First Draft*, организации, которая занимается исследованиями и проводит международные тренинги по вопросам освещения случаев дезинформации и противостоянию ей. Ее последняя статья в *Scientific American* была посвящена методам манипулирования СМИ.

Те из нас, кто занимается изучением дезинформации и исследованием попыток онлайн-вмешательства в демократические процессы по всему миру, воспринимают эти выборы как своего рода Олимпиаду. Тяжело вспомнить, насколько разным было отношение к угрозе ложной и недостоверной информации в ноябре 2016 г., когда через два дня после президентских выборов Марк Цукерберг сделал знаменитое заявление о том, что было бы безумием считать, будто фейковые новости повлияли на результат. Теперь появилось целое

направление, занимающееся проблемой дезинформации: новые журналы поддерживают междисциплинарные исследования, миллионы долларов тратятся на некоммерческие организации и новые компании, разработаны новые формы регулирования — от Кодекса практик в отношении дезинформации Европейского союза до закона США, запрещающего так называемые глубокие фейки.

В течение прошедших четырех лет прогнозирование последствий воздействия дезинформации на выборы 2020 г. проводилось в форме

огромного числа конференций, исследовательских проектов и инициатив, которые предупреждали нас о влиянии на демократию слухов, теорий заговора и лжи. Предполагалось, что последние месяцы станут финишной прямой. Поэтому когда Дорси не дал конкретный ответ на вопрос о весьма вероятном сценарии, ощущалось это так, будто наблюдаешь за падением члена команды лицом вниз в тот момент, когда он должен был взять эту высоту.

Каждая политическая платформа, каждый отдел новостей, избирательные органы и группы гражданского общества могли бы располагать подробным планом ответных действий для ряда возможных сценариев, поскольку они это уже проигрывали. Наиболее распространенная форма дезинформации — та, что сеет сомнения относительно самого избирательного процесса: флаеры, в которых неверно указана дата выборов; видео, на которых избирательные урны выглядят как подделка; ложные заявления о возможности онлайн-го-



сотрудники которых измучены после месяцев работы с ложной информацией о COVID-19, все еще борются за ресурсы. Общество не обучено справляться с натиском дезинформации, засоряющей подаваемый материал. Большинство отделов новостей не проработали и не проиграли возможные сценарии того, как они будут освещать, скажем, утечки информации, имеющие эффект разорвавшейся бомбы, в преддверии дня голосования или после него. Весной 2017 г. Франция столкнулась с утечкой информации с хештегом #macronleaks: за два дня до выборов были опубликованы 20 тыс. электронных писем, связанных с избирательной кампанией Эммануэля Макрона и ее финансовой историей. Поскольку французский закон запрещает упоминание выборов в СМИ в последние 48 часов избирательной кампании, влияние было ограничено. В США такой защиты нет.

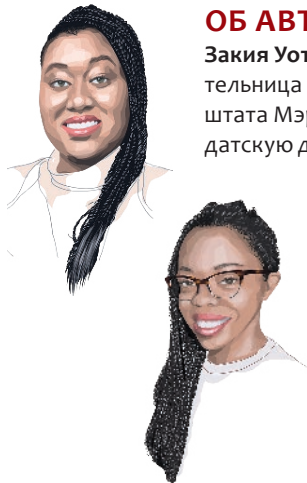
Сейчас паника по-настоящему ощутима. Мой электронный почтовый ящик переполнен письмами от представителей некоторых политических платформ, предлагающих присоединиться к запоздало созданным специальным комиссиям, а также от новых компаний, интересующихся, возможно ли быстро создать какую-нибудь технологию, чтобы «перевести стрелки» в сторону неприкосновенности выборов. Стратегия политических платформ почти ежедневно меняется, но эти изменения не продуманы, непрозрачны и не прошли независимую оценку.

В конце концов, распространение дезинформации, поляризация и наполненный эмоциями контент — наша новая реальность, и наибольшая угроза, с которой мы сталкиваемся в данный момент, — это подавление избирателей. Поэтому, вместо того чтобы промолчать, когда ваши друзья и члены семьи публикуют теории заговоров в Facebook, начните разговор о серьезном уроне, который наносят слухи и ложь нашей жизни, нашему здоровью, нашим взаимоотношениям и нашему обществу. Не концентрируйтесь на достоверности того, что было опубликовано; используйте корректные формулировки, спрашивая, как люди голосуют. Нельзя стыдиться за распространение дезинформации, потому что все мы уязвимы перед ней, особенно теперь, когда наш мир перевернулся с ног на голову и многие из нас действуют по принципу «бей или беги». Для того чтобы не потерять себя в этом шуме, мы должны помогать друг другу адаптироваться. ■

Распространение дезинформации, поляризация и наполненный эмоциями контент — наша новая реальность и источник угроз, с которыми мы сталкиваемся в данный момент. Для того чтобы не потерять себя в этом шуме, мы должны помогать друг другу адаптироваться

лосования, циркулирующие в социальных медиа и закрытых группах в WhatsApp. Низкая стоимость создания и распространения дезинформации позволяет смутьянам проверять различные идеи и концепции: они просто ищут именно ту, которая могла бы нанести реальный ущерб.

Мы не пытались справиться с этой серьезной ситуацией. Платформы социальных медиа, по-видимому, лишь недавно признали, что эти выборы, возможно, не закончатся 3 ноября. Некоммерческие организации,



ОБ АВТОРАХ

Закия Уотли (Zakiya Whatley) — ученый и преподавательница, руководитель Программы для выпускников факультета биологии Университета штата Мэриленд, соосновательница подкаста *Dope Labs*; защитила кандидатскую диссертацию по генетике и геномике в Дюкском университете.

Титилайо Шодия (Titilayo Shodiya) — инженер из Мэриленда, заместительница руководителя по качеству Национального института стандартов и технологий, соосновательница подкаста *Dope Labs*; защитила кандидатскую диссертацию в области машиностроения и материаловедения в Дюкском университете.

Истоки недоверия к вакцинам

Это не просто «антинаучное» мышление

Закия Уотли и Титилайо Шодия

Несмотря на почти 7 млн инфицированных и 200 тыс. погибших, многие американцы отказываются носить маски, потому что они не чувствуют, что коронавирус реален. Возможность заболеть не беспокоит даже некоторых из тех, кто верит, что вирус существует.

Как это произошло? Если на время оставить в стороне политическую недоброжелательность, то противоречащие сообщения, которые начали поступать с февраля и продолжали приходить все лето, могли сбить с толку даже самого настойчивого человека, занимающегося поиском информации. Рекомендации от заслуживающих доверия организаций были похожи на качающийся маятник. Звучало примерно следующее: «Коронавирус не угрожает Америке. Центры по контролю и профилактике заболеваний (CDC) требуют прохождения карантина всеми прибывающими из-за рубежа. Не касайтесь поверхностей. Маска вам не нужна. CDC не требуют прохождения карантина приезжающими. На самом деле вам не нужно носить маску, а поверхности не представляют угрозы».

Неудивительно, что в обществе существует раскол относительно представлений о том, как

нам необходимо себя вести и восстанавливаться — и коллективно, и индивидуально. И даже те, кто рассматривает COVID-19 в качестве реального повода для беспокойства, испытывают тревогу относительно наиболее обещающего средства при пандемии — вакцины. Согласно результатам опроса, проведенного AP-NORC в середине мая, менее 50% опрошенных американцев пообещали пройти вакцинацию от коронавируса, когда вакцина станет доступной. Хотя сообщения о собственном поведении не всегда строго соответствуют поведению в действительности, проводимые опросы выявляют точно такие же настроения.

Для людей, занимающихся просвещением по вопросам здравоохранения, существует большое искушение отвергнуть мнение тех, кто отказывается вакцинироваться или сомневается, и назвать их сторонниками теории заговоров или ложно информированными



скептиками, которые меняют мнение, если предоставить им факты. Но недоверие к процессу, связанному с вакциной от коронавируса (от разработки до клинических испытаний и распределения), нельзя отвергать как «антинаучное» мышление. Это не просто результат нынешней политической поляризации и опасной дезинформации, поступающей из высших кругов власти.

Даже несмотря на то что вакцины почти полностью исключили риск, связанный с множеством предотвратимых болезней, за последние два десятилетия неуверенность растет и количество отказов от вакцинации увеличивается. Обычно отказы от вакцинации чаще всего встречаются в населенных белыми богатыми районах, но опросы, проводимые с целью разобраться в ожиданиях людей относительно вакцины от коронавируса, показывают высокий уровень неуверенности и отказов и среди маргинализованных сообществ. На самом деле эти группы, по-видимому, наиболее скептически настроены: только четверть темнокожих и 37% латиноамериканцев, опрошенных AP-NORC, сказали, что они обещают сделать прививку, когда вакцина станет доступна. Если учесть, что сообщества афро- и латиноамериканцев, а также коренного индейского

населения находятся в группе максимального риска инфицирования, а число их представителей, погибших от COVID-19, исключительно велико, подобный результат может показаться любопытным противоречием. Однако нетрудно понять опасения этих групп, а в некоторых случаях и откровенный отказ следовать рекомендациям системы здравоохранения, если принимать во внимание расизм, исторически внедренный в систему медицины, и вред, нанесенный необъективной наукой.

Исследование наиболее острых вопросов взаимодействия науки и общества — центральный элемент редакторской стратегии *Dope Labs*, подкаста, созданного нами в 2019 г. для расширения представлений о коммуникации в науке и научном сообществе. Вышло более 30 млн выпусков подкаста, но даже при такой насыщенности слишком большая часть предлагаемого слуша-

телям материала в США предназначена для белых, богатых и образованных. Наша цель — сконцентрировать внимание на тех, кому чаще всего недоступно научное повествование. Это означает, что в наших выпусках рассматривают физику и химию «Черной пантеры» и остальной кинопродукции вселенной *Marvel*, когда выходит новый фильм; в День благодарения говорят о влиянии поселенческого колониализма на коренное население и экологию; когда мы обсуждаем изменение климата, то изучаем взаимосвязь движений за расовую справедливость с борьбой против выбросов парниковых газов.

Внедавно вышедшем выпуске мы вместе с автором Анджелой Саини (Angela Saini) сосредоточили свое внимание на истории научного расизма. Если рассматривать через такую призму недоверие к вакцинам и научному вмешательству, то становится очевидно, что оно существует не без причины. Вспомните об эпохе принудительной стерилизации — тактики, использовавшейся евгеническим движением в США для предотвращения размножения тех, кого считали «нездоровыми». Этой процедуре подвергали темнокожих, индейских и латиноамериканских женщин, а также тех, кого определяли как «слабоумных». Вопреки заявлениям

ученых — сторонников евгеники критерии, использовавшиеся для определения «нездоровых» людей, строго соотносили с их экономическим статусом, а не генетикой. Подумайте также об отголосках исследования сифилиса в Таскиги, когда в 1932 г. Служба общественного здравоохранения США набрала в программу сотни мужчин-афроамериканцев в обмен на бесплатное медицинское обслуживание. Даже после появления в 1947 г. жизненно важной терапии антибиотиками этим мужчинам еще десятилетиями продолжали давать плацебо только для того, чтобы исследователи могли наблюдать, насколько ухудшается состояние пациентов по мере развития болезни.

Люди вполне обоснованно сомневаются в мотивах фармацевтических компаний или задаются вопросом о возможном существовании уже проверенной вакцины от коронавируса, когда ученые в элитных университетах создают собственные «гражданские вакцины» и прививают самих себя и своих коллег. Тем временем общественность ждет появления «официальной» вакцины, а люди, выполняющие необходимую работу, продолжают умирать.

Рассмотрите другие конспирологические теории, циркулирующие вокруг потенциальной вакцины. Вот, например, боязнь того, что во вводимом препарате будут содержаться микрочипы для слежки. Склонность верить слухам, будто ученые будут собирать наиболее личную информацию во время оказания медпомощи, не покажется столь уж неестественной, если вспомнить, что в 1951 г., пока Генриетта Лакс (Henrietta Lacks) лечилась от рака в Госпитале Джонса Хопкинса, без ее ведома у нее взяли образцы тканей, что способствовало проведению большого числа исследований.

Расизм в медицине наблюдался не только в прошлом. В исследовании, результаты которого были опубликованы в сентябре в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, провели анализ 1,8 млн родов в США и обнаружили, что смертность среди темнокожих новорожденных в три раза выше, когда роды принимают белые врачи, по сравнению со смертностью в случаях, когда работают темнокожие врачи. Хотя движущий механизм неясен, таких результатов, особенно в сочетании с собственным негативным опытом в медицинских учреждениях, достаточно, чтобы заставить людей сомневаться в том, что врачи лечат всех по одним и тем же стандартам оказания медицинской помощи.

Людям и организациям, ответственным за разработку и предоставление информации о вакцине от коронавируса, необходимо

учитывать столь неоднородный фон, если мы хотим взять COVID-19 под контроль. Признать, что под рукой у «науки» имеются средства, благодаря которым американцев, и в частности маргинализированные группы, иногда вводят в заблуждение, обращаются с ними плохо или неверно понимают, — первый шаг на пути к возврату доверия. Те, кто стремится нанести вред, манипулируя общественным диалогом и используя наследие расизма в медицине в виде сообщений, направленных на разжигание гнева и страха, имеют собственные интересы. Должностные лица в сфере здравоохранения, стремящиеся отстаивать ясность, должны учитывать эти моменты уязвимости и реагировать на них, а не игнорировать.

Но как это выглядит на практике? Энтони Фаучи (Anthony Fauci), кажется, выбрал подход «никогда не говори "нет"» и выступает в менее знакомых медиаформатах, где уже существует аудитория, научная или иная: *Young Money Radio* Лила Уэйна, *Instagram Live* с Мэттью Макконахи и канал на *YouTube* Академии Хана. Необходимы разные ведущие и нетрадиционный подход к подаче информации. Нам пишут, что *Dope Labs* — слишком несерьезный или не настоящий научный подкаст, потому что мы отказались от использования терминологии. Но это сделано специально. Нам не нужно еще больше материалов в одинаковом стиле; мы хотим, чтобы люди переосмыслили, почему способность внушать доверие оценивается на основе речи ведущего, его интонации и сопровождающего фона.

Пропагандисты науки также должны сознательно использовать открытость, то есть активно направлять общество на всех стадиях разработки вакцины и получения разрешений. Следует объяснять на стадии проверки эффективности и безопасности; поддерживать во время обычных задержек, приводящих к изменению графика; признавать, что сама система, на которую мы полагаемся в настоящее время, допускала ошибки в прошлом. Лучше всего, когда разговор ведется не с позиции отстраненного представителя власти, но признаются страхи и тревоги аудитории. Необходимо сосредоточиться на способах, избранных нами для того, чтобы избежать повторения прошлых ошибок, — не в качестве запоздалого объяснения или расплывчатых банальностей, а в качестве ключевого элемента послания.

Как и многие стихийные бедствия, пандемия указывает на слабости нашей системы и недостатки квалификации. На пути к вакцине мы не можем позволить себе цепляться за барьеры, исключая людей, особенно тех, кто настроен наиболее скептически. ■



Джоан Донован (Joan Donovan) — адъюнкт-профессор Гарвардской школы управления им. Джона Кеннеди и директор по научным исследованиям Центра по вопросам средств массовой информации, политики и государственного управления им. Джоан Шоренстайн. Эта статья посвящена памяти исследователя и активиста Джеффри Джуриса (1971–2020).



Движение за правду

20 лет назад протестные движения в интернете невольно проложили путь для онлайн-манипуляций СМИ. Защита правды — это выход из положения

Джоан Донован

Во время встречи Всемирной торговой организации (ВТО) в Сиэтле в 1999 г. десятки тысяч протестующих заполнили улицы с баннерами и куклами-марионетками, чтобы выразить несогласие с глобализацией экономики. Их ожидало жестокое подавление с применением силы. В то же время небольшая группа актеров-активистов под названием *The Yes Men* создала пародийный веб-сайт, имитирующий сайт ВТО. Замаскировавшись под дизайн и логотипы официальной страницы, они публиковали критические заявления об организации. Эта мистификация оказалось настолько удачной, что *The Yes Men* пригласили выступить от лица ВТО на нескольких конференциях по всему миру. Ситуация становилась все более абсурдной, и наблюдатели стали задаваться вопросом о том, что же они видят, — и в этом был смысл.

Осознав, что можно добиться успеха за счет подобных выходов с использованием имитации официальных веб-сайтов, *The Yes Men* сделали карьеру на создании шумихи, выдавая себя за разные организации, среди которых оказались Национальная стрелковая организация США, газета *New York Times* и концерн *Shell*. Мрачным предвестием нынешних кампаний по дезинформации стали шутки этих активистов на сайте *GWBush.com* об оплошностях кандидата в президенты Джорджа Буша — младшего.

Благодаря мистификациям *The Yes Men* поняли, какой властью обладает интернет в качестве нового поля действий в Сети, где можно вести борьбу с правдой. Они использовали двусмысленность во времена, когда большинство пользователей интернета уже

скептически относились к онлайн-контенту. Примером для «культурного сопротивления», подхода, использовавшегося *The Yes Men*, стали Ги Дебор и так называемые ситуационисты 1960-х гг., выступавшие за социальную и политическую критику. В 1980-е и 1990-е гг. культурное сопротивление объединило активистов вокруг общей идеи и ряда стратегий, таких как небольшое редактирование рекламы ради серьезного изменения ее смысла. Такую форму «активизма» поддерживал *Adbusters*, канадский журнал, проведший несколько кампаний против корпораций: именно он первым в 2011 г. призвал к акции «Захвати Уолл-стрит» (*Occupy Wall Street*). Элементарное изменение слогана под символом компании *Nike* («Просто купи это» вместо «Просто сделай это») оказалось эффективным методом трансформации

представлений покупателей о том, что значит ношение модной одежды с корпоративным логотипом.

Критически важным для активистов, подобных *The Yes Men*, было следующее: грандиозное открытие заключалось именно в существовании разумного основания для мистификации. Когнитивный диссонанс, испытываемый читателем или зрителем, оказался эффективным орудием, которое открыло дорогу для критического мышления. Как только разум повергал в эту бездну, начиналась настоящая работа: убеждение новой аудитории в том, что эти корпорации — истинные враги демократии и справедливости.

Используемая *The Yes Men* тактика была своего рода манипулированием СМИ. Для этой и других групп интернет предоставил средства для передачи знания и способ противостоять доверчивости основной прессы и привлечь корпорации к ответственности. Но изобретательное использование интернета в качестве поля для шалостей и критики оказалось даже слишком действенным. Всего десятилетие-другое спустя технологические компании создали медиаэкосистему, которая позволяет правительствам, политтехнологам, маркетологам и другим заинтересованным сторонам постоянно оказывать воздействие на интернет-пользователей с помощью опасной дезинформации и обманом вовлекать их в ее распространение и умножение. Существует масса свидетельств того, как иностранные политтехнологи, пристрастные политические обозреватели, расисты, жестокие женоненавистники, мошенники пользуются тем, что выдают себя за других для получения наживы, повышения статуса и привлечения внимания СМИ. Как же мы оказались в такой ситуации, когда ложь распространяется гораздо быстрее и более широко, чем правда?

Ответ заключается в перспективах технологии сетевой коммуникации, системе новых данных и постепенно увеличивающемся потоке стратегически выгодной ложной информации. Мы должны признать, что зачастую правда скучна и для того, чтобы предпринять какие-то действия онлайн, скажем, поделиться видео, требуется определенное сочетание негодования, ощущения новизны и надежды. Однако вместо того чтобы предлагать ряд решений, включающих усовершенствование систем социальных медиа, отслеживание ботов или требование подтверждения идентификации личности, мы можем рассмотреть саму политическую и социальную активность, чтобы понять, как мы пришли к нынешней ситуации — и как нам из нее выбраться.

В наши дни трудно представить, что было время, когда происходившее онлайн не было столь разрушительным в мировом масштабе. В период расцвета *America Online* в середине 1990-х гг. интернет-пользователи защищали анонимность, используя ники и таинственные профили, изобилующие строками из песен. Большинство не считали безопасным вводить номер кредитной карты на веб-сайте или делиться информацией, раскрывающей персональные данные. Поскольку полоса пропускания была ограниченной, а соединение осуществлялось по телефонному кабелю, выход в онлайн означал полную остановку в реале, а связи формировались исходя из общих интересов или желания поиграть в нарды на *Yahoo Games*. Интернет был местом, куда можно было отправиться, чтобы побыть самим собой или кем-то еще. Джон Перри Барлоу (*John Perry Barlow*) и другие первопроходцы интернета восторженно называли его «домом разума», где ни телесное воплощение, ни законы не имеют особого значения.

Поскольку создание новостей было по-прежнему дорогостоящим, а их распространение оставалось преимущественно в руках медиамагнатов, интернет не считался местом, где можно искать авторитетную информацию. В середине 1990-х гг. информационные организации лишь рассчитывали стать цифровыми, что по большей части означало размещение печатных статей онлайн. Всеобщей боязни, что местные новости исчезнут, не существовало. Даже наоборот: казалось, будто сетевая коммуникация приведет к противоположному результату: любой человек, имеющий подключение к интернету, мог бы написать о своем сообществе и интересах и опубликовать это для всеобщего просмотра, анонимно или нет.

Я часто шучу, что интернет умер в тот день, когда кто-то придумал, как заставить пользователей платить онлайн за доставку пиццы. Как только интернет превратился в цифровую экономику, информация о личности, поддающаяся проверке, стала необходимой для ведения торговли. Конечно, первым товаром, широко продаваемым онлайн, стала порнография, и это указывает на важный момент: движущей силой социальных изменений часто служит не исключительное новаторское решение, а технологическая адаптация заурядных приземленных вещей. Технология развивается — и люди тоже; внедряя новые технологии, люди становятся частью рекурсивной цепи, которая меняет их самих и мир вокруг них.

В то время как печатная пресса была платформой, породившей общество читателей, интернет превратил всех в издателей. Первые

социальные сетевые платформы, такие как *LiveJournal*, *BlackPlanet*, *Friendster* и *My Space*, были похожи на телефонные справочники для самообслуживания; они предоставляли людям возможность делиться историями и общаться. Современные крупнейшие технологические компании Кремниевой долины начинались с весьма скромных замыслов — желания объединить людей по конкретным причинам.

Основу *Facebook* составляло поддержание эксклюзивности. Это была социальная сеть, но только для элитных колледжей. В самой ранней версии существовала женоненавистническая функция: пользователи могли сравнивать и ранжировать по привлекательности своих сокурсниц. *YouTube* начинался как модификация видеосвиданий, и *you* в названии было приглашением для пользователей, надеющихся найти настоящую любовь, загрузить короткие видео, в которых бы рассказывалось, каким они видят своего идеального партнера. *Twitter* предназначался для обмена сообщениями между коллегами, но, казалось бы, еще только определил свою цель, когда техноэлита фестиваля *SXSW (South by Southwest)* воспользовалась им для того, чтобы улучшить общение в уже технологически насыщенной среде. В таком контексте ограничение твитов по количеству знаков стало достоинством: появились эффективные микроблоги, где предпочтение отдавали текстам небольшого объема вместо скучных пространственных обличительных речей в традиционных блогах. Каждое из вышеперечисленных средств развивалось не только технологически, но и культурно, когда общество, миновав стадию ажиотажа, перешло к стадии разочарования.

Вопрос о том, каким образом компании социальных медиа могли бы приносить доход, возник сразу после их появления. Стремление получить прибыль определяло решения о расширении базы пользователей, изменении рекламы и превращении пользователей в рыночную стоимость. Технологии мобильной связи и широкополосной передачи данных увеличили возможность технологических компаний по расширению своих сервисов в новых областях, включая сбор данных. Персональные данные рассматривались как артефакт времени, проведенного на этих сервисах, и, даже просто взаимодействуя, онлайн-пользователи предоставляли немало остаточных данных, чтобы стимулировать цифровую экономику, в которой каждые клик, лайк, ссылка и движение мышки агрегируются и монетизируются.

Сайты социальных сетей превратились в социальные медиа, где бизнес-модель была ориентирована не просто на обеспечение связи человека с человеком и наполнение этих страниц рекламой, но и на подключение людей к «контенту» — информации, фотографиям, видео, статьям и развлечениям. Результатом стала цифровая экономика, построенная на вовлечении, где контент-фермы, создающие кликейтные приманки, превратились в символ интернет-экономики.

Но не только новостные сайты, наполненные всяким вздором, зарабатывают деньги. Создав насыщенную контентом среду, технологические компании превратили рекламодателей в покупателей, а пользователей — в дойное стадо. Данные о поведении пользователей можно перекомпоновать для использования в разных целях: от маркетинга и исследований до политических кампаний. Модели участия в прибыли, превратившие пользователей в творцов контента, породили так называемую культуру инфлюенсеров: находчивые создатели контента формировали сети последователей и подписчиков, а затем монетизировали их за счет пожертвований, подписок или спонсорского контента. Поскольку персональные данные стали дойной короной для компаний социальных медиа, пользовательские интерфейсы могли менять, чтобы увеличить время нахождения пользователя на сайтах.

Результатом, как нам сейчас хорошо известно, стало развитие экосистем персонализированной информации. Интернет-пользователи больше не видят одну и ту же информацию. Вместо этого алгоритмические эхокамеры формируют индивидуальные ленты новостей и расписания так, что даже сидящие рядом два человека могут получать совершенно разные рекомендации на основе их прошлой активности в Сети. Мошенничество и жульничество, например продажа поддельных товаров или незаконное предоставление услуг такси, расцвели онлайн.

Тем не менее технологические компании уклонялись от ответственности, прикрываясь заявлениями, что они — всего лишь ряд рельсов, по которым информация доставляется из одного места в другое. Преимущественно благодаря ранее существовавшему убеждению в том, что киберпространство вообще нельзя рассматривать как место действия, технологические компании выгодно воспользовались метафорическим ложным представлением, согласно которому юрисдикция в киберпространстве сомнительна, а ответственность



иллюзорна. Пока ученые, занимающиеся исследованием гендерных, расовых и технологических проблем, такие как Лиза Накамура (Lisa Nakamura) из Мичиганского университета, Элис Марвик (Alice E. Marwick) из Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле и Ти Эл Тейлор (T.L. Taylor) из Массачусетского технологического института (МТИ), постоянно писали об опасностях, связанных с лишением статуса материально существующего пространства, политики и законодательные органы отказывались относиться к интернету как к месту, где может быть нанесен реальный ущерб.

Использование ботов впервые стали практиковать рекламные агентства, понимавшие, что создание ложной привлекающей внимание информации может принести реальную прибыль. Теперь генерация фейковых аккаунтов и привлечение пользователей за счет манипулирования стали средствами, с помощью которых осуществляются мистификации

Непосредственно перед внедрением широкополосных сетей в 1990-х гг. на основе характера использования интернета активистами сформировалась узлокальная модель движения за справедливость с использованием медиа. Джеффри Джурис (Jeffrey Juris), антрополог, изучающий сетевые социальные движения, провел этнографическое исследование, посвященное тому, как движение против корпораций и глобализации конца 1990-х — начала 2000-х гг. применяло любую доступную технологию для организации крупных встреч и выступлений с протестами против совещаний ВТО и Международного валютного фонда (МВФ). Как писал Джурис, применение технологии сетевой коммуникации движением

сапатистов стало предвестником более крупных протестных объединений: повстанцы использовали сети для связи с другими группами по всему миру, разделяющими их взгляды, и для снабжения международной прессы последними новостями о борьбе за независимость в Чьяпасе.

При планировании протеста против встречи ВТО в Сиэтле в 1999 г. активисты полагались на веб-сайты и списки почтовой рассылки для координации своих действий, а также для завоевания доверия за рубежом. Джурис сообщил о такой форме медиаактивизма в 2005 г., когда он занимался изучением развития цифрового центра *Indymedia.org* для сетевых журналистов. Джурис писал: «*Indymedia* предоставил онлайн-форум для размещения аудио-, видео- и текстовых файлов, в то время как активисты тоже создавали временные медиацентры для производства альтернативной информации, экспериментов с новыми технологиями и обмена идеями и ресурсами. Под влиянием идей анархизма и руководствуясь логикой одноранговой коммуникации, антиглобалисты не только применили цифровые технологии как реальный инструмент, но и воспользовались ими для выражения альтернативных политических представлений, основанных на идеалах новой сети». Этот общий набор цифровых средств включал шаблоны сайтов, которые можно было быстро адаптировать и подключить через централизованный репозиторий. Объединяющим лозунгом сотрудников *Indymedia* стало «Не нужно ненавидеть СМИ, нужно стать СМИ!»

Это был тот же самый технооптимизм, что позднее заставил активистов использовать *Facebook*, *Twitter* и *YouTube*, наряду со списками почтовой рассылки, SMS-рассылкой и прямыми трансляциями, во время «арабской весны», выступлений движения *Occupy* и первых протестов *Black Lives Matter*. Такие сетевые социальные движения представляли собой мультиплатформу в нескольких смыслах этого слова: они существовали в вычислительной инфраструктуре, называющей себя технологической платформой, где предлагали альтернативную политическую платформу, направленную на достижение социальной справедливости.

Поскольку активисты использовали эту инфраструктуру для создания всеобщего обмена, технологические компании увидели новые возможности для своих продуктов. Стремясь не упустить момент, такие компании, как *Facebook* и *Twitter*, начали представлять свои продукты под новым брендом: как инструменты свободы слова. В этой новой маркетинговой

схеме компании социальных медиа сравнивали с цифровыми улицами и площадями, а их продукты представляли как олицетворение самой демократии. В действительности скользкий термин «платформа» позволил таким компаниям, как *YouTube*, *Facebook* и *Twitter*, избежать обязанностей по соблюдению общественных интересов и правового регулирования, которые обычно применяются к средствам вещания.

Затем, в 2013 г., скандал с Эдвардом Сноуденом раскрыл существующий парадокс: та же технология, что использовалась активистами для инициирования социальных изменений, применялась правительством для шпионажа за собственными гражданами, а также корпорациями и организаторами политических кампаний для проведения различных экспериментов. (Шошана Зубофф (*Shoshana Zuboff*) исследовала эту тему в своей работе 2019 г. о надзирающем капитализме.) Активисты использовали технологические платформы в основном как одно из множества доступных средств, необходимых для достижения большей справедливости в обществе. Когда продукты платформ изменились, изменилась и их пригодность для применения другими действующими лицами, такими как полиция, новостные организации, бренды и политики. Расширив базу покупателей и включив в нее всех перечисленных профессиональных игроков, технологические компании разрушили свою репутацию пространства для цифровой демократии и приобрели зловещий характер всевидящей медиасистемы — той, что настроена на извлечение прибыли за счет пользователей.

В течение 2000-х гг. *The Yes Men* продолжали применять собственную форму цифрового протестного движения, придумывая розыгрыши. Они разработали программу политического образования, где множество людей рассматривали использование мистификаций в качестве механизма социального протеста. Прodelки, несомненно, запомнились надолго и произвели впечатление, но розыгрыши и подражание могут привести к обратным результатам, так как дают ложную надежду. Никому не нравится чувствовать себя обманутым или объектом манипуляций, и тактика подверглась серьезной критике со стороны людей, ставших настоящими жертвами корпораций. Например, в 2007 г. во время интервью на *BBC The Yes Men*, выдавая себя за *Dow Chemical*, взяли ответственность за катастрофу из-за утечки газа в индийском городе

Бхопале и пообещали \$12 млрд в качестве компенсации. Эта «новость» была встречена с восторгом, который сменился печалью и разочарованием, когда пострадавшие выяснили, что *Dow Chemical* на самом деле не брали на себя таких обязательств.

В 1990-е гг. не только сторонники левых взглядов создавали убедительные поддельные сайты. Социолог Джесси Дэниелс (*Jessie Daniels*) провела исследование, посвященное использованию сторонниками идеи о превосходстве белой расы «замаскированных сайтов» для клеветы на Мартина Лютера Кинга и других темнокожих активистов, причем их методы похожи на тактику, которую бы использовало ФБР для размещения историй о Кинге. Сетевые группы расистов хорошо осведомлены, что они не могут показаться онлайн в своем истинном обличье. Остаются ли они анонимными, чтобы избежать позора или чтобы уклониться от расследования преступлений на расовой почве, сторонники идеи о превосходстве белой расы продолжают рассматривать Сеть и социальные медиа как политическую возможность для обращения в свою веру новых последователей. Поэтому они разрабатывают новые стратегии сокрытия своих личностей в интернете для того, чтобы нанести максимальный ущерб репутации своих мнимых противников.

Теперь это поле деятельности открыто для любой идеологически мотивированной группы. Тактика включает подражание отдельным политикам, создание множества фейковых аккаунтов и координацию травли журналистов и активистов за счет использования стриминговых платформ, чатов и досок объявлений. Наряду с оплачиваемыми рекламными средствами для воздействия на уязвимые сообщества подобные группы также пользуются автоматическим размещением постов для манипулирования алгоритмическими сигналами. Некоторые группы создают глубокие фейки. Они также приняли на вооружение методы, позволяющие влиять на трендовые алгоритмы и обходить модерацию контента.

Многие из таких приемов, например использование ботов, впервые стали применять рекламные агентства, понимавшие, что информация — это деньги, а создание ложной привлекающей внимание информации может принести реальную прибыль. Теперь генерация фейковых аккаунтов и привлечение пользователей за счет манипулирования стали средствами, с помощью которых осуществляются мистификации.



В отличие от актеров-активистов, применявших мистификации для раскрытия правды о капиталистической эксплуатации, эти самозванцы используют маскировку и псевдоанонимность для нападков на журналистов, политиков и обычных пользователей. Мы с моим коллегой Брайаном Фридбергом (Brian Friedberg) из Гарвардского университета писали о последствиях «псевдоанонимных операций влияния», когда имеющие политические мотивы лица подражают маргинализированным, недостаточно представленным уязвимым группам, чтобы клеветать, преуменьшать или преувеличивать их проблемы. Недавно были разоблачены аккаунты, созданные расистами, выдававшими себя за активистов-антифашистов.

Если/когда раскрывается личность владельцев псевдоанонимных аккаунтов, они не выступают с какими-то грандиозными разоблачениями или серьезной социальной и политической критикой. Их цель — обманом заставить журналистов очернять оппонентов или просто вызвать хаос. Такие распространители дезинформации быстро переходят к следующей кампании по медиаманипуляции для решения своих политических задач.

Искоренить такую практику и бороться с самозванцами возможно, но для этого технологическим компаниям придется признать, что их системы помогают медиаманипуляторам и поощряют их.

Действительно, у нас нет медиаэкосистемы с такими же возможностями. Муки, испытываемые каждый раз, когда видишь, как подобная тактика снова и снова используется для клеветы на тех, кто выступает за справедливость, служат иллюстрацией того, что в долгосрочной перспективе эти методы эффективны только для тех, кто хочет способствовать получению сиюминутной выгоды от постоянного доверия и безопасности. Многие люди считают, будто они могут распознать фальшивую информацию и пропаганду, но реальность такова, что сделать это намного труднее, поскольку стимулы для размещения ложной информации и само устройство социальных сетей склоняют чашу весов в пользу распространителей дезинформации. В среде, где новые утверждения распространяются быстро и широко, правда находится в крайне невыгодном положении.

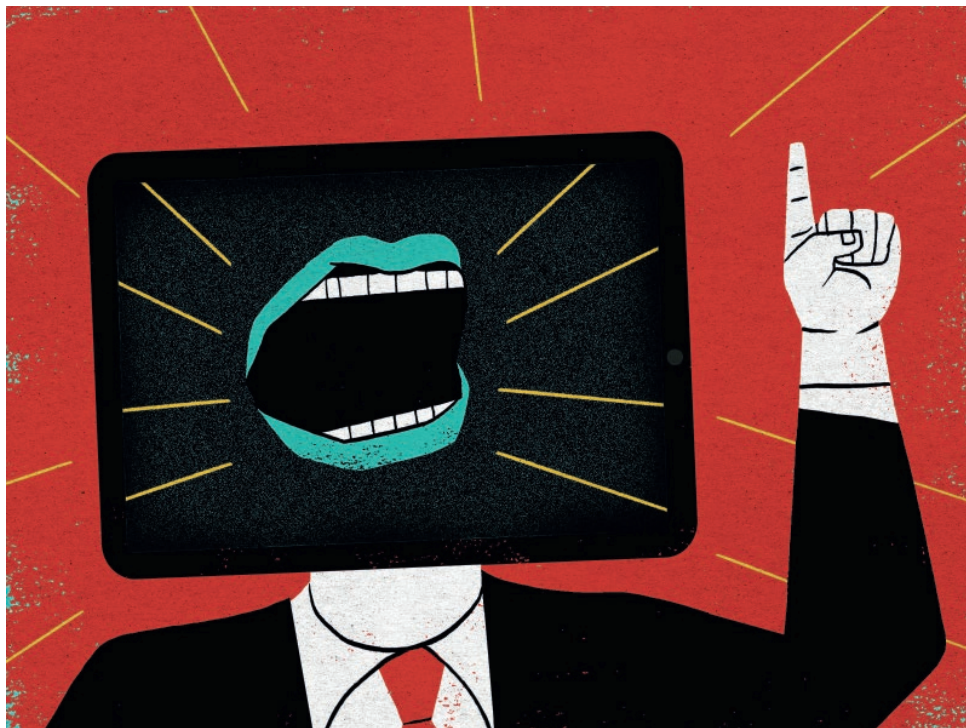
Поскольку технологические компании весьма сдержанно относятся к информационной войне, ведущейся на их платформах, за это в основном приходится платить обществу. Новостные организации, так же как и отдельные журналисты, привлекают огромные ресурсы

для борьбы с этой проблемой. Эксперты в области нацбезопасности и научно-исследовательские центры по всему миру создают программное обеспечение для модерации контента для мониторинга социальных медиа. В то же время активистов, которые долгое время терпели нападки со стороны неверно информированной прессы, теперь призывают защищать свое существование от самозванцев, размещающих дезинформацию и сознательно пользующихся авторитетом и доверием, завоеванными активистами за годы деятельности в цифровом пространстве.

Для любого, кого по-прежнему глубоко волнуют правда и доступ к ней людей, сопротивление прежде всего подразумевает отказ от идеологии, согласно которой технологические платформы — это демократия в действии. От обеспечения связи между людьми эти платформы перешли к подключению людей к информации, предоставляя власть группам, располагающим самыми большими ресурсами. По сути, это бизнес, разросшийся до огромных масштабов, но не имеющий планов по уменьшению вредного воздействия, оказываемого им на общество.

Перестройка социальных медиа для размещения своевременной, локальной, важной и авторитетной информации требует заинтересованности в построении справедливости, когда технология рассматривается не как нейтральный инструмент, а как средство для построения такого мира, который нам нужен. Как показывают исследования, которые провела Саша Костанца-Чок (Sasha Costanza-Chock) из МТИ, в процессе разработки должен применяться этический принцип «ничего, что касается нас, без нас». Например, без деятельности таких групп, как Лига алгоритмической справедливости, исследований Научно-исследовательского института *AI Now*, политической работы Американского союза защиты гражданских свобод (*A.C.L.U.*) и обычных адвокатов, выразивших свою поддержку как в Сети, так и вне ее, не существовало бы ответственности за использование технологии распознавания лиц.

Активисты выступают в роли провидцев в том смысле, что они не просто воспринимают технические устройства как таковые, но и представляют, чем они могут стать. В начале 2000-х гг. активисты трансформировали технологию новым удивительным способом, но эта эпоха закончилась. Мы не можем предаваться «техноностальгии» по тому, что было когда-то или могло бы быть. В нашей нездоровой экосистеме социальных медиа правда нуждается в защите. ■



ОБ АВТОРЕ

Джен Шварц (Jen Schwartz) — старший редактор *Scientific American*. Она пишет о том, как общество адаптируется (или не адаптируется) к быстро меняющемуся миру.

Борьба за власть

Могут ли практические игры-симуляции помочь журналистам бороться с дезинформацией?

Джен Шварц

Я не главный редактор рассадника пропаганды, выдающего себя за крайне правое СМИ, освещающее свежие новости. Но однажды, в феврале этого года, непосредственно перед мировым коллапсом, мне довелось сыграть эту роль.

Примерно 70 журналистов, студентов и представителей цифровых СМИ собрались в Городском университете Нью-Йорка, чтобы принять участие в игре — имитации кризиса. Кризис не за горами — президентские выборы 2020 г. в США. Игра была разработана так, чтобы продемонстрировать, как мы, журналисты и редакторы, могли бы отвечать на каскад ложной и дезориентирующей информации в день голосования и каким образом на наше освещение событий может отреагировать общественный дискурс. Тренинг был организован *First Draft*, исследовательской группой, которая обучает людей распознавать дезинформацию и бороться с ней.

После утреннего занятия, посвященного стратегиям освещения конспирологических теорий и написанию заголовков, не под-

держивающих ложь, организаторы разделили нас на группы по десять человек и присвоили каждому «отделу новостей» импровизированное название издания. Сидя за общими столами, мы примерили на себя роли журналистов, редакторов, управляющих социальными медиа и директоров по коммуникациям. Используя свои ноутбуки, мы зарегистрировались на портале, чтобы получить доступ к интерфейсу игры. Он выглядел как обычный рабочий стол: почтовый ящик электронной почты, внутриофисная система обмена сообщениями, функционирующая так же, как *Slack*, платформа микроблогов, работающая точно так же, как *Twitter*, и лента социальной сети, которая выглядела точной копией ленты *Facebook*. Программа должна была присылать

нам сообщения со свежими новостями, пресс-релизами и подсказками, а ленты соцсетей — реагировать на наше освещение событий. Несколько сотрудников *First Draft* за столом играли роль «справочной», представляя любое агентство, человека или компанию, которым нам, возможно, потребовалось бы «позвонить», чтобы ответить на вопросы. Других инструкций мы не получили.

Мой отдел новостей в основном состоял из студентов Высшей школы журналистики им. Крейга Ньюмарка при Городском университете Нью-Йорка и других местных университетов. Организаторы дали нам несколько минут, чтобы определить наши роли в отделе новостей и спланировать редакционную политику. Комнату наполнил приглушенный шум голосов журналистов, желавших бороться с плохими парнями, противостоять дезинформации и оказывать поддержку в день выборов, честно и объективно освещая события. Но у меня были другие планы и я была главной. «Простите, ребята, — сказала я, — но мы будем плохими парнями».

Симуляции должны включать экстремальные сценарии, если они предназначены для того, чтобы действительно напугать людей и подтолкнуть их к неожиданным: изменениям порядка действий и перераспределению ресурсов или к отключению определенных автоматизированных процессов, если все пойдет не так. Тем не менее журналисты и ученые, как правило, сопротивляются вовлечению в необычные ситуации. Мы отбрасываем сенсационные результаты, стремясь вернуть ожидания в сферу уже знакомого и здравого смысла. В статье в журнале *Nature*, опубликованной в августе, объяснялось, почему США оказались захвачены враждебно в ситуации с *COVID-19*: несмотря на то что за последние два десятка лет правительственные чиновники, ученые и лидеры бизнеса приняли участие в десятках тренингов — симуляций пандемии, как пишут журналисты Эми Максмен (Amy Maxmen) и Джефф Толлефсон (Jeff Tollefson), ни на одном занятии «не изучали последствия того, что Белый дом выведет из игры собственное министерство здравоохранения».

Следовательно, успех любого игрового сценария зависит от того, какие проблемы он затрагивает. Игра не должна предсказывать будущее, но она действительно должна вырвать игроков из существующего на настоящий момент положения вещей, чтобы они могли представить, какие ситуации возможны. А для

проведения стресс-теста готовности отделов новостей к 3 ноября 2020 г. все должно было стать необычным.

Ученые, занимающиеся проблемой дезинформации, часто предупреждают, что если концентрироваться на целях операций влияния или сложности методов, то их последствия переоценивают. Действительно, тактика распространения дезинформации сама по себе не столь хороша. Но намеренная жертва слаба: постоянное беспокойство и глубокий социальный раскол в Америке делают нас уязвимыми к атакам извне и изнутри. А поскольку смутяны дешево и легко могут наполнить ленты соцсетей пресловутой мешаниной провокационных сведений и вымысла, время от времени что-то остается и массово тиражируется крупными новостными организациями. Это и была моя цель в качестве главного редактора в воображаемой реальности.

Игра-симуляция началась постепенно. По электронной почте пришла подсказка: видели ли мы циркулирующий в соцсетях слух, что люди могут голосовать с помощью текстовых сообщений?

Пока другие отделы новостей приступили к созданию разъяснений, развенчивающих миф об SMS-голосовании, я поручила журналисту написать «твит», который бы еще больше усилил замешательство, но без прямой поддержки лжи. После быстрого редактирования мы опубликовали следующий пост: «Мы слышали, что можно голосовать с помощью текстового сообщения. Вы пробовали проголосовать по SMS? Расскажите нам о своем опыте!» Это сообщение разошлось быстрее, чем любой другой контент, но социальная сеть отреагировала равнодушно. Несколько людей призвали нас извиниться за распространение ложных представлений. Поэтому мы повесили другой пост: «Голосование по SMS — это путь будущего, но демократы его прикрыли. Почему элиты пытаются заглушить ваш голос? Расскажем в ближайшее время!»

Мы продолжили использовать такую модель беспочвенных предположений, нацеленных на то, чтобы в лентах соцсетей люди казались или обеспокоенными, или скептически настроенными. В конце концов в некоторых других отделах новостей поняли, что мы, возможно, действуем недобросовестно. Сначала они относились к нашим манипуляциям как к мифам, которые можно развенчать разъяснениями, перегруженными фактами. Но наше освещение событий становилось все более враждебным. Когда редактор из уважаемого СМИ во всеуслышание задал



вопрос о честности моего ведущего репортера, я пригрозила судебными исками против любого, кто будет на нее клеветать. «Мы ни перед кем не извиняемся!» — прокричала я своей команде.

Мои сотрудники развлекались, причиняя вред. В игре социальные платформы контролировали организаторы, *First Draft* (которые, как я узнала позднее, выделили восемь «разделов» предварительно загруженного контента), а также участники игры, вводящие данные вручную в режиме реального времени. Мы наблюдали, как ленты соцсетей реагируют на публикуемые нами «новости» с все большим возмущением. Наш директор по коммуникациям блокировал наших конкурентов, которые продолжали требовать, чтобы мы взяли ответственность за наши действия, и даже сформировали коалицию, чтобы призвать нас к ответу.

Потом появилась новая подсказка: кто-то в социальных медиа сообщил, что на его избирательном участке действует стрелок. Все внимание переключилось. Первый отдел новостей, получивший комментарии от «местной полиции», сразу же выложил пост: «В настоящее время нам неизвестно о каком-либо случае с угрозой возникновения стрельбы. Мы проводим проверку». В то время как другие команды поделились этим сообщением и продолжили работу над новостями, я увидела замечательную возможность в неопределенности утверждения. «Давайте зададим вопрос о правдивости копьев», — прошептала я своей команде.

Мы запостили вопрос, можно ли доверять этому отчету. Среди сонма страхов предположение о том, что избирателям угрожает насилие, было подобно удару молнии. Известная личность с огромным количеством поклонников попросила своих фанатов остаться дома ради безопасности. Мой отдел новостей тихо зааплодировал. Мы обнаружили, что именно вызывает повышенный интерес, и я проинструктировала всех отталкиваться от этого. Моя команда отправила дюжину «твитов», изредка обещая подробности истории, которые так и не появились.

Как только мы достигли успеха, я сделала паузу, чтобы посмотреть, что происходит в комнате. Я наблюдала, как другие команды тратят всю свою энергию на сбор фактов, их проверку и оформление в борьбе за то, чтобы опубликовать всего одну статью, развенчивающую ложные идеи, которые мы разбросали, как семена одуванчика. Нам даже не пришлось откровенно лгать: возможно, стрелок был! В тумане неопределенности мы использовали зерно веро-
ятной правды.

Неожиданно организаторы закончили игру: полтора часа прошли незаметно.

Я критически оценила себя в этот момент: стою, чуть наклонившись вперед, ладони вжимаются в стол, адреналин бурлит в крови. Весь прошедший год я занималась исследованиями цифровой дезинформации и писала статьи об ее истории, методах и влиянии на общество. Умом я понимала, что отдельные люди и целые группы желают манипулировать информационной средой ради власти, денег или просто ради удовольствия. Но я не знала, каково это чувствовать.

Я взглядела в лица своих коллег, снова воспринимая их скорее как обычных людей, а не как солдат моей армии, и вздрогнула от того, что они смотрят на меня с беспокойством в глазах.

Отчет о прохождении игры подтвердил, что мой отдел новостей организовал диверсию в медиасреде в день выборов. «Вы посеяли панику среди остальных отделов новостей», — позднее сказала мне заместитель директора *First Draft* Эйми Райнхарт (Aimee Rinehart). По ее словам, я оказалась первой, кто приспособил игру в качестве «злого распорядителя в интернете», и я задумалась, не должны ли симуляции в будущем всегда скрытно предназначаться одной группе роль коварного пропагандиста.

Мне понадобились крепкий алкоголь и много времени, чтобы успокоить нервы. Мои попытки манипулирования в ходе игры были вознаграждены и приумножены, и мне довелось стать свидетелем роста моей власти не просто в форме лайков или ссылок, а в форме немедленных результатов в «реальном мире».

Роль злодея продемонстрировала, что структура платформ приспособлена для контроля умов, а не для расширения их возможностей. Я знала это, но теперь я прочувствовала, почему журналистика не могла бы состязаться с операциями влияния на высокоскоростном поле битвы в социальных медиа: используя такое же оружие в качестве машины гнева, мы бы превратились в них самих. Вместо этого мы могли бы упрочить свое положение, создавая заголовки по принципу «факт — развенчивание заблуждения — факт», а также с помощью вспомогательных статей, в которых учитывается потребность общества в ясности. Потому что в конечном счете дело не в противостоянии правды и лжи или фактов и фальсификации, а в том, каков результат: или стабильность и общая реальность, или дезориентация и хаос. И в тот день, когда в игре-симуляции рассматривали выборы-2020, хаос победил путем пресечения голосования. ■



ОБ АВТОРЕ

Таня Льюис (Tanya Lewis) — помощник редактора *Scientific American*, освещает вопросы здравоохранения и медицины.

Ложная информация о COVID-19, которая не исчезнет

Самые коварные мифы о новом коронавирусе — и почему люди им верят

Таня Льюис

1 Вирус был искусственно создан в лаборатории в Китае.

Из-за того что патоген впервые появился в Ухане в Китае, президент Дональд Трамп и другие бездоказательно заявляют, что вирус появился в уханьской лаборатории, а некоторые конспирологи считают, что он был создан искусственно и представляет собой биологическое оружие.

Почему это неправда. Разведка США категорически отрицает возможность того, что вирус был создан в лаборатории, утверждая: «разведывательное сообщество <...> согласно с общим мнением ученых, что вирус, вызывающий COVID-19, не был искусственно создан или генетически модифицирован». Китайский вирусолог Ши Чжэнли (Shi Zhengli), занимающаяся изучением коронавирусов летучих мышей, чью лабораторию Трамп и другие называют предположительным источником вируса, сравнила нуклеотидную последовательность этого патогена и других коронавирусов, образцы которых ее команда собрала в пещерах, где обитают летучие мыши, и обнаружила, что она не совпадает ни с одним из них. В ответ на призывы к независимому международному расследованию происхождения вируса Китай пригласил исследователей из Всемирной

организации здравоохранения (ВОЗ) обсудить сферу деятельности такой миссии.

Почему люди этому верят. Людям нужен козел отпущения, на которого можно свалить вызванные COVID-19 страдания и негативные последствия для экономики, а Китай — иностранное государство и конкурент США — самая простая мишень. Случайные утечки патогенов из лабораторий действительно иногда происходят, и, хотя многие ученые утверждают, что такая возможность крайне маловероятна, этот факт дает достаточно оснований для поддержания легенды о том, что Китай намеренно создал вирус для того, чтобы выпустить его в мир.

2 COVID-19 не опаснее, чем грипп.

С самого начала пандемии Трамп глал о серьезности заболевания, утверждая, что оно не более опасно, чем сезонный грипп. В интервью журналисту и писателю Бобу Вудворду, записанных в начале февраля и в конце марта, Трамп признал, что ему было известно о том, что летальность COVID-19 больше, чем гриппа, и что он хотел преуменьшить серьезность этого заболевания.

Почему это неправда. Точный коэффициент летальности COVID-19 трудно определить,



Джорджи Брайан Кемп дошел до того, что подписал постановление, запрещающее городским администрациям издавать распоряжения о ношении масок. Он даже предъявил иск мэру Атланты Кише Лэнс-Боттомс, когда она издала такое распоряжение, хотя потом прекратил судебное разбирательство. Однако когда летом начался резкий всплеск коронавирусной инфекции по всей стране, даже те штаты, которые сначала сопротивлялись и затягивали введение таких мер, приняли постановления о ношении масок.

Почему это неправда. Давно известно, что маски — эффективное средство для того, что эпидемиологи называют профилактикой

но эпидемиологи подозревают, что он гораздо выше, чем у гриппа, — примерно между 0,5 и 1% в сравнении с 0,1% для гриппа. По оценкам Центров по контролю и профилактике заболеваний (CDC), от гриппа в США ежегодно погибают от 12 тыс. до 61 тыс. человек, тогда как от COVID-19 к середине сентября уже погибло 200 тыс. человек. Кроме того, многие люди уже имеют частичный иммунитет к гриппу благодаря вакцинации или перенесенной инфекции, тогда как с COVID-19 большая часть мира еще не встречалась. Так что нет, коронавирус — это не «просто грипп».

Почему люди этому верят. Потому что их лидеры продолжают это повторять. В дополнение к повторяемым заявлениям о том, что COVID-19 не опаснее гриппа, Трамп также сказал — и это неправда, — что количество смертей от COVID-19 преувеличено. В действительности же данные о количестве смертей, вызванных COVID-19, вероятно, наоборот неполны.

3 Не надо носить маску.

Несмотря на твердый консенсус среди представителей здравоохранения относительно того, что маски ограничивают передачу коронавируса, многие люди (и президент в том числе) отказываются их носить. Губернатор

(предотвращение распространения инфекции от больного к другим людям). В недавно опубликованной статье в *Lancet* провели анализ более 170 исследований и выяснили, что лицевые маски могут предотвратить заражение COVID-19. В многочисленных исследованиях также было установлено, что люди могут быть инфицированы и распространять вирус даже в отсутствие симптомов, вот почему все должны носить маску, чтобы предотвратить распространение вируса бессимптомными носителями.

Почему люди этому верят. Первые рекомендации CDC и ВОЗ относительно масок были непоследовательными и сбивали с толку: предполагалось, что в общем случае людям нет необходимости носить маску, если у них нет симптомов инфекции. Отчасти такие рекомендации были связаны с нехваткой высококачественных хирургических масок и масок N95, которые, как говорили эти организации, должны быть зарезервированы для работников здравоохранения. Даже несмотря на то что ношение масок теперь обязательно или рекомендовано во многих штатах, некоторые люди отказываются надевать маску, поскольку считают, что это ослабляет или нарушает их гражданские права.

Illustration by Hanna Barczyk

4 **Богатые элиты используют вирус для того, чтобы нажиться на вакцинах.**

В книге и конспирологическом фильме «Пандемия» Джуди Миковиц (Judy Mikovits), которая когда-то опубликовала привлекшее внимание, но затем отвергнутое исследование о синдроме хронической усталости, безосновательно заявляет, что директор Национального института аллергологии и инфекционных заболеваний США Энтони Фаучи (Anthony Fauci) и сооснователь *Microsoft* Билл Гейтс могут использовать свою власть для получения выгоды за счет вакцины от *COVID-19*. Она также утверждает без всяких доказательств, что вирус был создан в лаборатории и что ношение масок «активирует ваши собственные вирусы». Фрагмент фильма широко распространялся группой противников вакцинации и сторонников теории заговора *QAnon*. Видео просмотрели более 8 млн раз на *YouTube*, в *Facebook*, *Twitter* и *Instagram*, прежде чем его удалили.

Почему это неправда. Не существует доказательств того, что Фаучи или Гейтс получают выгоду от пандемии или вакцины. На самом деле Фаучи в течение всего периода пандемии предупреждает о рисках, связанных с вирусом, а Гейтс давно занимается благотворительной деятельностью, направленной на искоренение инфекционных болезней. Заявления Миковиц о происхождении вируса и эффективности масок также не имеют научной основы.

Почему люди этому верят. Богатые и влиятельные люди, такие как Гейтс и Фаучи, часто становятся мишенями теорий заговора. Трамп временами выступает с нападками на Фаучи, члена его собственной команды в борьбе с коронавирусом, называя того «паникером». Некоторые сторонники президента, возможно, считают более приемлемым верить в то, что Фаучи преувеличивает серьезность эпидемии, чем признать неспособность администрации Трампа ее сдержать.

5 **Гидроксихлорохин — эффективное лекарство.**

Когда в исследовании с небольшим количеством участников, проведенном во Франции, предположили, что средство от малярии гидроксихлорохин может быть эффективным в лечении болезни, Трамп и другие ухватились за это. В настоящее время это исследование широко критикуют, тем не менее некоторые люди продолжают назойливо рекламировать это лекарство, несмотря на растущее число свидетельств, что оно не помогает пациентам с *COVID-19*. В своем твите Трамп назвал гидроксихлорохин «одним из величайших прорывов в истории медицины» и многократно

повторял это во время брифингов, посвященных ситуации с коронавирусом, продолжив расхваливать лекарство. В конце июля он вторично опубликовал выложенную другим пользователем ссылку на видео, в котором врач из Хьюстона Стелла Иммануэль (Stella Immanuel) утверждала, что гидроксихлорохин — эффективное средство при лечении *COVID-19*. Эта врач в прошлом уже делала сомнительные предположения: например, будто доктора при лечении болезней используют инопланетную ДНК, а определенные заболевания вызваны демонами, занимающимися сексом с людьми в их снах. Видео просмотрели десятки миллионов раз, прежде чем компании социальных медиа его удалили.

Почему это неправда. В нескольких исследованиях было показано, что гидроксихлорохин не защищает от *COVID-19* тех, кто заражен. Сначала Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (*FDA*) выдало разрешение на применение лекарства в экстренных случаях, но позднее предостерегло от его использования из-за риска возникновения у пациентов проблем с сердцем и в конце концов аннулировало разрешение. В июне Национальные институты здоровья прекратили клинические исследования препарата, заявив, что хотя он оказался не опасен для пациентов, но и не принес никакой пользы.

Почему люди этому верят. Изначально предполагалось, что гидроксихлорохин может быть потенциально перспективным лекарством, а люди склонны больше всего верить первоначальной информации, узнанной ими о предмете, — этот феномен называется «эффект привязки». Поскольку Трамп постоянно повторял, что лекарство эффективно, его сторонники, возможно, более охотно верят сообщениям, подтверждающим их точку зрения, а не тем, что ее опровергают.

6 **Рост заболеваемости — это результат увеличения количества тестов.**

Когда число случаев коронавирусной инфекции в США резко возросло, Трамп часто заявлял, что эти всплески — просто результат того, что все больше людей тестируют. Он написал в *Twitter*, что «без тестирования <...> у нас почти не было бы случаев заболевания», и сказал в интервью, что причина роста заключается в возросшем объеме тестирования.

Почему это неправда. Если бы такой сценарий был правдой, то следовало бы ожидать уменьшения со временем числа положительных тестов в процентном соотношении. Однако количественный анализ показывает

обратное. Доля положительных тестов выросла во многих штатах (например, в Аризоне, Техасе и Флориде), в которых прошедшим летом наблюдались крупные вспышки заболеваемости, и уменьшилась в штатах, которые контролировали ситуацию (таких, как Нью-Йорк). Кроме того, одновременное возрастание числа госпитализаций и смертей служит еще более веским доказательством того, что рост числа положительных тестов по всей стране отражает действительное увеличение количества случаев заболевания.

Почему люди этому верят. На начальных этапах пандемии в США остро не хватало тестов, и их доступность постепенно увеличивается (хотя действительный охват тестированием еще далек от необходимого). Логично задать вопрос, не стали ли просто выявлять больше случаев, — но только если смотреть на общее число случаев, а не на долю положительных тестов или процент госпитализаций и смертей.

7 Популяционный иммунитет защитит нас, если мы позволим вирусу распространиться среди населения.

В начале пандемии существовали спекуляции о том, что Великобритания и Швеция планируют позволить коронавирусу циркулировать среди населения до тех пор, пока не сформируется популяционный иммунитет — состояние, когда достаточное число людей имеют иммунитет к вирусу и он не может больше распространяться. (Правительства обеих стран отрицают, что такова была их официальная стратегия, но Великобритания опоздала с введением полного локдауна, а Швеция отказалась от всеобщих ограничений.)

Почему это неправда. В подобном подходе есть серьезный изъян: по оценкам экспертов, для формирования популяционного иммунитета необходимо, чтобы *COVID-19* переболели от 60 до 70% населения. С учетом высокого уровня летальности этого заболевания заражение столь большого числа людей может привести к миллионам смертей. Именно такая трагедия случилась во время пандемии гриппа в 1918 г., в результате которой погибло по меньшей мере 50 млн человек. В Великобритании один из самых высоких уровней смертности от *COVID-19*. В Швеции погибло больше людей, чем в соседних с ней странах, а ее экономика пострадала, несмотря на отказ от остановки предприятий.

Почему люди этому верят. Люди хотят вернуться к нормальной жизни, а без широкодоступной вакцины от *COVID-19* единственный способ сформировать популяционный иммунитет — это позволить заболеть существенному числу людей. Некоторые предполагают, что

у нас уже сформировался популяционный иммунитет, но популяционные исследования на наличие антител показывают, что даже наиболее пострадавшие регионы еще далеки от этого порога.

8 Вакцина от COVID-19 будет небезопасной.

Появляются тревожные сообщения о том, что многие люди могут отказаться от прививки, когда вакцина от *COVID-19* станет доступной. Конспирологические теории о вакцинах-кандидатах циркулируют в группах противников вакцин и в вирусных видео. В фильме «Пандемия» Миковиц делает ложные заявления о том, что любая вакцина от *COVID-19* «убьет миллионы» и что так произошло и с другими вакцинами. В другой теории заговора утверждается, что у Гейтса есть тайный план по использованию вакцин для имплантации людям отслеживаемых микрочипов. Большинство американцев по-прежнему поддерживают вакцинацию, но постепенно растет число выступающих против. Недавнее исследование показало, что хотя группы противников вакцин в *Facebook* меньше, чем группы сторонников, они более тесно взаимосвязаны с теми, кто еще не определился. В ходе опроса, проведенного Институтом Гэллапа, выяснилось, что каждый третий американец не привился бы от *COVID-19*, если бы вакцина была доступна уже сегодня, и республиканцы прошли бы вакцинацию с меньшей вероятностью, чем демократы.

Почему это неправда. Вакцины ежегодно спасают миллионы жизней. Прежде чем вакцина будет одобрена для применения в США, она должна пройти три стадии клинических испытаний, чтобы доказать безопасность и эффективность для массового применения. Наиболее перспективные кандидаты на роль вакцины от *COVID-19* в настоящее время проходят масштабное испытание с участием десятков тысяч людей.

Почему люди этому верят. Вполне разумно с осторожностью относиться к любой новой вакцине или лекарству с точки зрения безопасности, а политизация *FDA* при администрации Трампа породила обоснованное беспокойство, что с одобрением вакцины будут торопиться. Тем не менее предыдущие испытания безопасности ведущих вакцин-кандидатов не выявили серьезных побочных эффектов; в настоящее время проводятся более крупные исследования безопасности и эффективности. Девять фармацевтических компаний, разрабатывающих вакцины, поклялись «соответствовать требованиям науки» и не выпускать вакцину, пока не будут доказаны ее безопасность и эффективность. ■

Перевод: С.М. Левензон

СОЦИАЛЬНЫЕ МЕДИА

ЦЕНА БЕСПЛАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Необходимо понять, как алгоритмы
и манипуляционные технологии
используют наши когнитивные
искажения и предубеждения: только
так можно их победить

Филиппо Менцер и Томас Хиллс

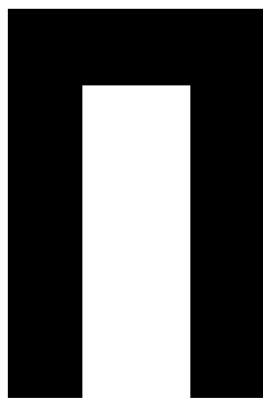




ОБ АВТОРАХ

Филиппо Менцер (Filippo Menczer) — почетный профессор информатики и компьютерных наук, директор Обсерватории социальных медиа (OSoMe) Индианского университета в Блумингтоне. Объект его изучения — инструменты противодействия манипуляциям в социальных сетях.

Томас Хиллс (Thomas Hills) — профессор психологии и директор магистерской программы по науке о данных и поведении в Уорикском университете в Великобритании. Его исследования посвящены эволюции разума и теории информации.



Представьте себе Энди — обыкновенного человека, который боится заразиться новой коронавирусной инфекцией *COVID-19*. Он физически не способен прочитать все статьи о вирусе и полагается на советы близких и друзей. Когда кто-то в *Facebook* высказывает мнение, что опасения по поводу пандемии преувеличены, Энди сначала отвергает эту идею. Затем отель, в котором он служит, закрывается, его работа под угрозой. Энди начинает задаваться вопросом, насколько в действительности серьезна вся эта ситуация, связанная с вирусом, от которого никто из его знакомых не умер. Коллега публикует статью о «ковидной панике», инспирированной крупнейшими фармацевтическими компаниями, вступившими в сговор с коррумпированными политиками. Эта точка зрения вполне согласуется с недоверием Энди к правительству.

Соответствующие поисковые запросы в интернете быстро приводят его к статьям, в которых утверждается, что *COVID-19* не страшнее гриппа. Энди присоединяется к онлайн-группе людей, которые были уволены или опасаются увольнения, и вскоре вслед за ними начинает задаваться вопросами: «Какая пандемия? Где пандемия?». Когда он узнает, что некоторые из его новых друзей планируют участвовать в митинге с требованием положить конец правительственным ограничениям и локдауну, он решает присоединиться к ним. Почти никто из участников массового протеста, включая его самого, не носит маски. Когда сестра спрашивает его о митинге, Энди уже полностью разделяет убеждение, которое прочно вошло в его сознание: коронавирус — это обман.

Приведенный пример иллюстрирует опасности и «минные поля» нашего восприятия — когнитивные искажения. Мы предпочитаем информацию, полученную непосредственно от тех, кому доверяем, от людей, принадлежащих к «нашей группе». Кроме того, мы

обращаем больше внимания на информацию, связанную с рисками, и, соответственно, охотнее ею делимся. Для Энди это информация о риске потери работы. Мы ищем и запоминаем то, что хорошо согласуется с уже имеющимися у нас убеждениями и информацией. Все эти искажения — продукт нашего эволюционного прошлого, десятки тысяч лет они служили нам верой и правдой. Люди, которые согласовывали с ними свое поведение (например, держались подальше от заросших травой болотистых мест, где, как кто-то сказал, водятся гадюки), имели больше шансов выжить.

Вот только современные технологии пагубно усиливают эти предубеждения. Поисковые системы направляют Энди на сайты, поддерживающие и разжигающие его подозрения, а социальные сети связывают с единомышленниками, подпитывая его страхи. Что еще хуже, боты (автоматические программы в социальных сетях, выдающие себя за реальных людей) позволяют третьим, чаще всего злонамеренным лицам воспользоваться чужими данными.

Эта проблема усугубляется возможностью широчайшего распространения информации при помощи интернета. Просмотр и создание блогов, видеоконтента, твитов, любых других единиц информации (так называемых мемов) стали настолько дешевыми и простыми, что рынок информации переполнен. Не имея возможности обработать весь этот массив данных, мы позволяем своим предубеждениям одерживать верх и решать, на что следует обратить внимание, а на что нет. Наши внутренние стереотипные ярлыки оказывают сильное и часто вредное воздействие на способность воспринимать, осознать и запоминать информацию.

В этой связи крайне важно разобраться в наших когнитивных уязвимостях (их еще называют когнитивными искажениями), а также в том, как именно алгоритмы и вредоносные программы могут ими воспользоваться и манипулировать нами. В Уорикском университете в Великобритании и в Обсерватории социальных медиа Индианского университета в Блумингтоне (*Observatory on Social Media*, сокращенно *OSoMe*, произносится как англ. *awesome* — «потрясающий») две группы проводят совместные исследования в области когнитивных искажений

пользователей социальных сетей. При этом они используют весь арсенал психологических экспериментов, симуляций, интеллектуальный анализ данных (*data mining*), искусственный интеллект и прочие инструменты. Результаты этих психологических исследований, проведенных в Уорикском университете, используются для создания компьютерных моделей, разрабатываемых в Индиане, и наоборот. Кроме того, группы работают над созданием аналитических средств и алгоритмов машинного обучения для борьбы с манипуляциями в социальных сетях. Некоторые из этих инструментов уже используются журналистами, общественными организациями и конкретными пользователями с целью обнаружения ботов, выявления путей распространения ложной информации и повышения общей информационной грамотности.

Информационная перегрузка

Избыток информации вызвал острую конкуренцию и борьбу за наше внимание. По словам лауреата Нобелевской премии экономиста и психолога Герберта Саймона, «не столько мы потребляем информацию, сколько она сама поглощает наше внимание». А одно

Информационная перегрузка

Наши новостные ленты в социальных сетях часто переполнены. Многие просматривают лишь несколько самых популярных материалов, выбирая, которым из них поделиться. Исследователи из Обсерватории социальных медиа (*OSoMe*) Индианского университета в Блумингтоне смоделировали это «ограниченное внимание». Каждый узел в данной сети представляет пользователя, связанного линиями с друзьями или

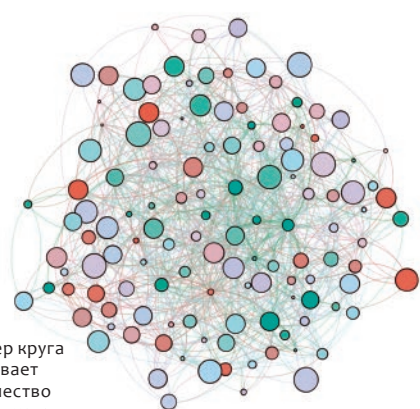
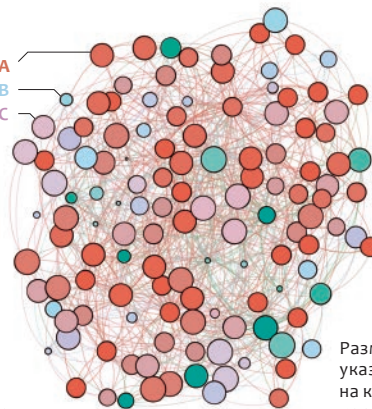
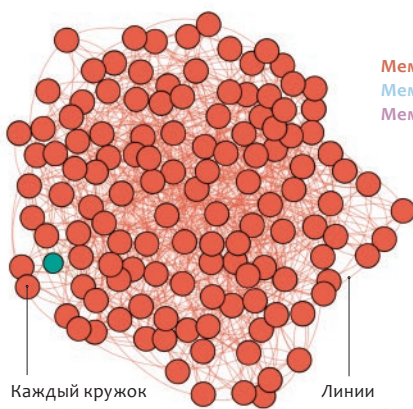
подписчиками. Пользователи обмениваются информацией, либо создавая ее, либо делясь уже существующей. Ученые обнаружили, что по мере увеличения количества мемов в сети (правее по шкале) качество наиболее популярных из них падает (круги становятся меньше). Подобная информационная перегрузка может объяснить, почему фейковые новости могут стать вирусными.

Меньше ← Количество активных мемов → Больше

Низкая информационная нагрузка и высокое качество постов

Различные цвета представляют различные мемы

Высокая информационная нагрузка и низкое качество постов



Каждый кружок представляет аккаунт в социальной сети

Линии представляют связи между аккаунтами

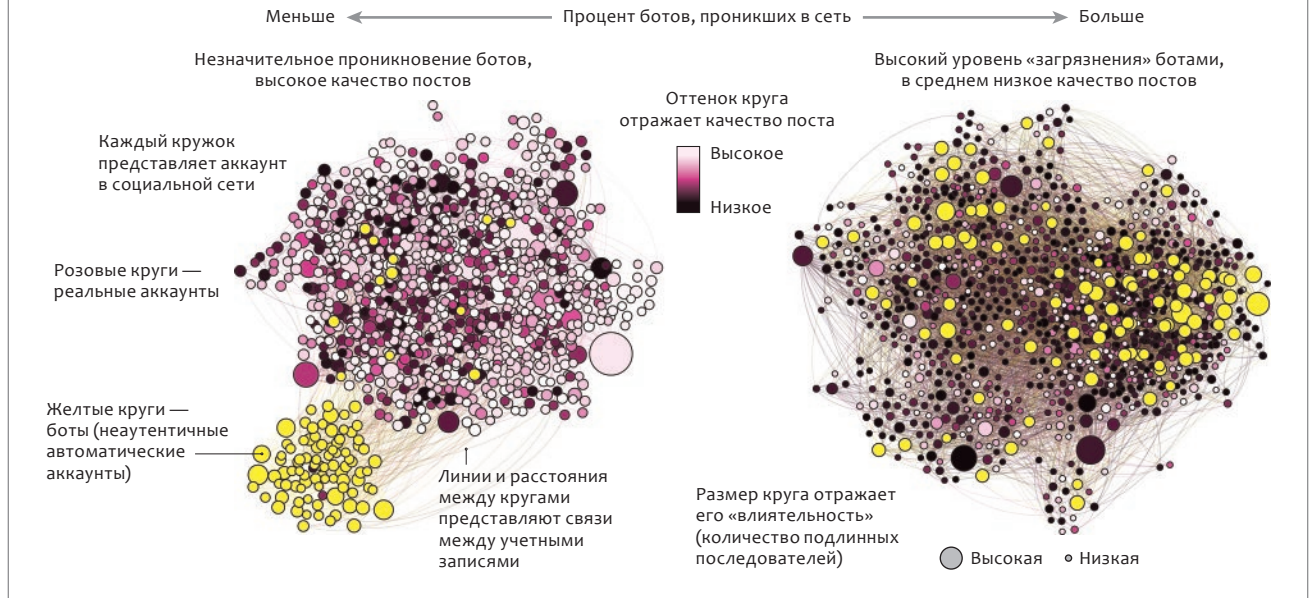
Размер круга указывает на качество последнего опубликованного мема

● Высокое ○ Низкое

Загрязнение ботами

Боты, или автоматические учетные записи, которые выдают себя за реальных пользователей, значительно снижают качество информации в социальных сетях. При создании одной из своих компьютерных моделей исследователи OSoMe включили в социальную сеть ботов (как пользователей, которые генерируют мемы нулевого качества и делятся только информацией друг друга). Результаты можно увидеть на рисунке.

В том случае, когда за ботами следит менее 1% пользователей, качество информации остается высоким (слева). Когда процент проникновения ботов в сеть превышает 1, некачественная информация начинает активно распространяться по сети (справа). В реальных социальных сетях всего несколько первых голосов ботов могут сделать фальшивую новость вирусной.



из очевидных последствий так называемой экономики внимания — потеря качественной информации. Команда OSoMe продемонстрировала этот результат с помощью набора простых симуляций.

За основу было взято множество пользователей социальных сетей, таких как Энди, взаимодействующих друг с другом наподобие узлов в сети онлайн-знакомств. На каждом временном шаге этой симуляции участник может либо создать новый мем, либо поделиться уже существующим из собственной ленты новостей. Для того чтобы симитировать ограниченное внимание, участникам разрешено было просматривать только строго определенное количество последних новостей в своих лентах.

Оценивая результаты моделирования на каждом временном шаге, Лилиан Вэн (Lilian Weng) из OSoMe обнаружила, что по мере того как внимание участников становилось все более ограниченным, распространение мемов начинало походить на степенное распределение, имеющее место в реальных соцсетях. То есть вероятность того, что конкретный мем будет опубликован заданное число раз, приблизительно равнялась обратной степени этого числа. Например,

вероятность трех публикаций заданного мема примерно в девять раз ниже вероятности одной его публикации.

Эту модель можно интерпретировать как «победитель получает все»: единицы мемов распространялись максимально широко, а остальные просто игнорировались. Объяснить это содержанием или ценностью конкретных мемов нельзя: в данной модели они были лишены содержания и каких-либо отличительных особенностей. Виральность контента (то есть в некотором роде его привлекательность) определялась исключительно статистическими методами в рамках модели распространения информации по социальной сети пользователей с ограниченным вниманием.

Согласно другому исследованию, автор которого — Сяоянь Цю (Xiaoyan Qiu) из OSoMe, даже когда отдельные пользователи отдавали предпочтение условно наилучшим мемам, общее качество самых популярных мемов улучшалось незначительно. Действующая модель показала, что даже в том случае, когда мы хотим видеть исключительно высококачественную информацию и делиться ей, ограниченность нашего внимания и неспособность просматривать все сообщения в новостных

лентах неизбежно приводят к тому, что мы делимся мемами, которые частично или полностью не соответствуют действительности.

Когнитивные искажения сильно усугубляют эту ситуацию. В 30-е гг. прошлого столетия известный британский психолог Фредерик Бартлетт провел серию революционных исследований в области процессов запоминания. Он рассказывал испытуемым индейскую легенду о юноше, который слышит боевые кличи, внемлет их зову и вступает в сказочную битву, которая в конечном итоге приводит к его настоящей смерти. Бартлетт просил испытуемых (которые не были коренными американцами) вспоминать и по возможности точно пересказывать эту довольно запутанную историю через определенные промежутки времени, от нескольких минут до нескольких лет. В результате он обнаружил, что со временем люди склонны все больше искажать культурно незнакомые, непонятные или чуждые им части рассказа, так что они либо стираются из памяти, либо превращаются во что-то более привычное. Сегодня мы знаем, что наш разум делает это постоянно: он корректирует наше восприятие новой информации так, чтобы оно соответствовало тому, что мы уже знаем. Одним из последствий так называемой предвзятости подтверждения становится то, что люди часто ищут, вспоминают или воспринимают только ту информацию, которая лучше всего подтверждает уже имеющиеся у них убеждения.

Исправить это очень сложно. Эксперименты неизменно показывают, что даже когда люди сталкиваются со сбалансированной информацией, содержащей различные подходы и точки зрения на проблему, они, как правило, фокусируют свое внимание на доказательствах того, во что уже верят. Представьте, что вы предъявите одну и ту же информацию людям с различными взглядами на какую-нибудь эмоционально окрашенную проблему, например изменение климата. Скорее всего, это приведет лишь к тому, что каждый из них еще более рьяно будет отстаивать свою точку зрения.

Что еще хуже, поисковые системы и социальные сети предоставляют персональные рекомендации, основанные на огромных объемах имеющихся данных о прошлых действиях пользователей. Эти алгоритмы отдадут предпочтение информации в наших лентах, с которой мы, скорее всего, априори согласны, независимо от того, насколько она незначительна. Одновременно они ограждают нас от данных, способных изменить наше мнение. Это делает нас легкой мишенью для социальной поляризации. Нир Гринберг (Nir

Grinberg) и его коллеги из Северо-Восточного университета в Бостоне недавно показали, что консерваторы в США более восприимчивы к дезинформации. Однако наш собственный анализ потребления низкопробной информации в *Twitter* показывает, что приверженность конкретной политической программе не играет решающей роли в этом вопросе. С другой стороны, судя по проведенным экспериментам, наша политическая предвзятость все же влияет на способность обнаруживать онлайн-манипуляции, хотя и несимметрично. Если пользователи-республиканцы с большей вероятностью принимают «ботов-консерваторов» за людей, то пользователи-демократы скорее примут консервативных пользователей за ботов.

Стадный инстинкт

Нью-Йорк, август 2019 г. Заслышав звуки, похожие на выстрелы, толпа людей начинает разбегаться в разные стороны. Другие следуют за ними, некоторые кричат: «Стрелок!»... Впоследствии выяснилось, что эти звуки издавала выхлопная труба мотоцикла. Возможно, в такой ситуации и полезно сначала бежать, а только потом задавать вопросы. В отсутствие четких указаний наш мозг начинает ориентироваться на поведение толпы, подобно поведению животных в стае.

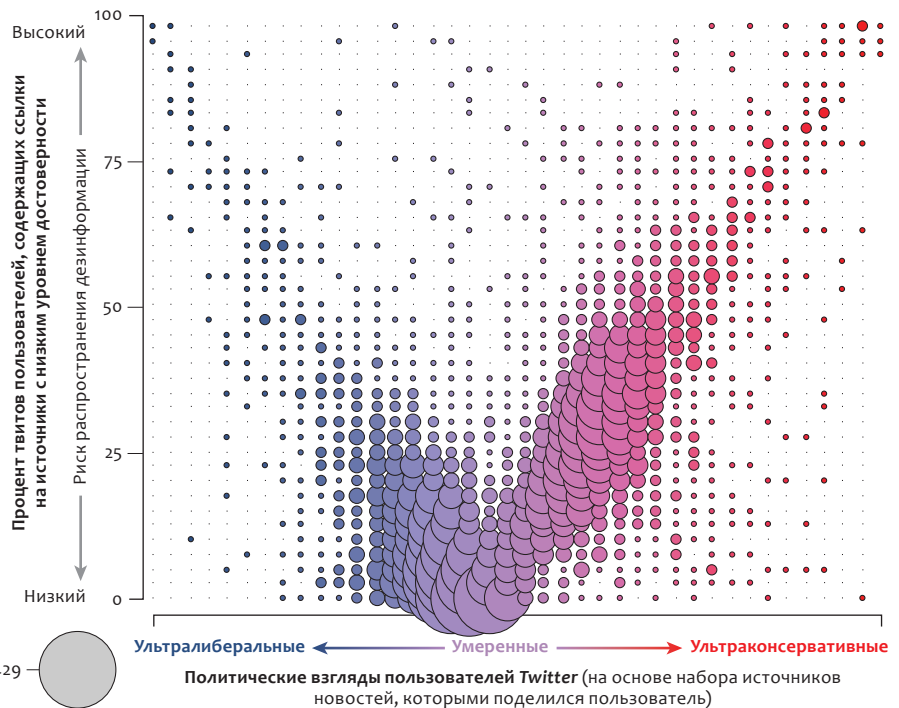
И так повсеместно. Увлекательное исследование с участием 14 тыс. веб-волонтеров провели Мэттью Салганик (Matthew Salganik), работавший тогда в Колумбийском университете, и его коллеги в 2006 г. Они обнаружили, что когда люди могут видеть, какую музыку скачивают другие, в конечном итоге они начинают скачивать похожие песни. Более того, ученые провели эксперимент, объединив испытуемых в различные социальные группы. Участники могли видеть предпочтения других членов своего круга, но не имели никакой информации о посторонних. Предпочтения отдельных групп быстро разошлись. С другой стороны, предпочтения «несоциальных» групп, где никто не знал о чужом выборе, оставались относительно стабильными. Иными словами, социальные группы создают настолько сильное давление, ориентированное на конформизм, что оно может переломить индивидуальные предпочтения. А в более крупных масштабах, усиливая исходные внутренние различия, это давление может в дальнейшем привести к крайней степени сегрегации между различными группами.

Социальные сети следуют аналогичному принципу. Популярность мема мы принимаем за его качество и в итоге лишь копируем

Уязвимость для фейковых новостей

Исследование пользователей Twitter, оценивавших свои политические взгляды, показало, что и либералы, и консерваторы в конечном итоге делятся информацией с сайтов, которые неоднократно публикуют новости с низким уровнем достоверности (по данным независимых проверок). Однако консервативные пользователи все же несколько более восприимчивы к распространению фейковых новостей.

На этом графике представлено более 15 тыс. пользователей Twitter. Размер каждой точки соответствует количеству аккаунтов, которые разделяют ту или иную политическую программу (по горизонтальной оси) и подвержены риску дезинформации (по вертикальной оси). Диапазон размеров точек — от 1 до 429.



что-то поведение. Эксперименты в *Twitter*, проведенные Бьярке Менстедом (Bjarke Mønsted) и его коллегами из Датского технического университета и Университета Южной Калифорнии, показывают, что информация передается посредством так называемого комплексного заражения. Постоянно сталкиваясь с одной и той же идеей, поступающей из различных источников, мы с большей вероятностью ее примем и поддержим дальнейшее распространение. Такое социальное искажение еще больше усиливается тем, что психологи называют эффектом «простого воздействия». Раздражители (например, конкретные люди), воздействию которых мы подвергаемся многократно, нравятся нам больше, чем случайные и нерегулярные стимулирующие воздействия.

Такие когнитивные искажения приводят к непреодолимому желанию обращать внимание на вирусную информацию: если об этом говорят все, это должно быть важно. Социальные сети, такие как *Facebook*, *Twitter*, *YouTube* и *Instagram*, показывают нам не только ту информацию, которая соответствует нашим взглядам. На самых видных местах они размещают популярный контент с указанием на количество людей, которым что-то понравилось или которые чем-то поделились. Мало кто из нас отдает себе отчет в том, что эти подсказки далеки от независимой оценки качества.

Фактически программисты, разрабатывающие алгоритмы ранжирования мемов для социальных сетей, исходят из того, что «мудрость толпы» быстро выявит высококачественные элементы. Популярность ими понимается как показатель качества. Анализ огромного количества анонимных данных о кликах, проведенный нашей группой, показывает, что интернет-платформы — социальные сети, поисковые системы, новостные сайты и т.д. — все преимущественно обслуживают информацию, генерируемую лишь небольшим количеством популярных источников.

Чтобы разобраться с этим феноменом, необходимо было понять, какой вклад в итоговую рейтинговую оценку вносят показатели качества и популярности. В нашей модели пользователи с ограниченным вниманием (то есть те, кто может видеть только определенное количество элементов в верхней части своих новостных лент) с большей вероятностью отметят мемы, которым данная платформа присвоила высокий рейтинг. Каждый мем в этом случае имеет два собственных показателя: качества и популярности (определяемой количеством кликов). Появляется возможность отследить зависимость итогового рейтинга от популярности, а не от качества. И моделирование показывает, что описанная выше «алгоритмическая предвзятость» обычно снижает качество мемов даже в отсутствие

предвзятости пользователей. Иными словами, даже когда мы хотим поделиться лучшей информацией, алгоритмы не дают нам этого сделать и в конечном итоге вводят в заблуждение.

Эхокамеры

Большинство из нас не хотят верить в то, что они — часть стада. Однако склонность к подтверждению своей точки зрения заставляет нас следовать за теми, кто похож на нас. Этот процесс иногда называют гомофилией, что можно определить как склонность единомышленников к объединению. Социальные сети усиливают гомофилию, позволяя пользователям изменять структуру своих социальных сетей посредством подписки, удаления из друзей и т.д. В результате люди разделяются на крупные сообщества, стремящиеся к все большему замыканию на самих себе и на циркулирующих внутри потоках дезинформации. Эти сообщества часто называют эхокамерами.

Для того чтобы исследовать появление таких эхокамер в интернете, *OSoMe* создала систему *EchoDemo*. В этой модели каждый участник обладает собственным политическим мнением, представленным числом, лежащим в интервале от -1 (условно говоря, либеральное) до 1 (консервативное). От этого показателя зависит посты пользователей. Кроме того, в рамках данной модели они имеют возможность отписаться от других участников общения, если их мнения не совпадают. Начав со случайных конфигураций сетей пользователей и их постов, мы обнаружили, что сочетание социально-политического мнения и возможности отказа от подписки значительно ускоряет формирование поляризованных и сегрегированных сообществ.

В самом деле, политические эхокамеры в *Twitter* настолько активны, что с высокой точностью можно предсказать политические предпочтения отдельных пользователей: вы придерживаетесь того же мнения, что и большинство ваших знакомых. Эта камерная структура эффективно распространяет информацию внутри самой себя, изолируя данное сообщество от других. В 2014 г. наша исследовательская группа стала объектом кампании по дезинформации, согласно которой мы якобы принимали участие в политически мотивированных акциях по подавлению свободы слова. Это ложное обвинение вирусным путем распространялось в основном в консервативной эхокамере, тогда как опровержения и реабилитирующие нас статьи

циркулировали в основном в либеральном сообществе. К сожалению, такое разделение фейковых новостей и их аргументированного опровержения — норма.

Социальные сети также способны усиливать наш негатив. В недавнем лабораторном исследовании Роберт Ягелло (Robert Jagiello), также из Уорикского университета, обнаружил, что информация, распространяемая в различных социальных системах (в частности, в соцсетях), не только укрепляет наши предубеждения, но и становится более устойчивой к корректировкам. Объектом его исследования была информация, передающаяся от человека к человеку в так называемой социальной цепи распространения. В ходе эксперимента первому человеку в цепи предлагалось прочитать серию статей о ядерной энергетике или пищевых добавках. Статьи были разработаны так, чтобы быть сбалансированными и содержать как положительную информацию (например, об уменьшении загрязнения или о продуктах длительного хранения), так и отрицательную (например, о риске аварии в реакторе или возможном вреде для здоровья). И далее участники социальной цепи распространения передавали друг другу содержание этих статей своими словами. В результате можно было наблюдать общее увеличение количества негативной информации по мере ее прохождения по цепочке, известное как социальное усиление риска. Более того, работа Даниэль Наварро (Danielle J. Navarro) и ее коллег из Университета Нового Южного Уэльса в Австралии показала, что информация в подобных социальных цепочках наиболее восприимчива к искажениям со стороны людей с крайними предубеждениями.

Наконец, социальное распространение также делает негативную информацию более «прилипчивой». Когда Ягелло после окончания эксперимента представил участникам исходную сбалансированную информацию — то есть те новостные статьи, которые прочитал первый человек в цепочке, — она мало повлияла на уменьшение вышеописанного негатива. Информация, прошедшая через цепочку людей, становится более негативной и устойчивой к корректировке.

В ходе исследования 2015 г., проведенного сотрудниками *OSoMe* Эмилио Феррарой (Emilio Ferrara) и Зеяо Яном (Zeyao Yang), были проанализированы эмпирические данные о так называемом эмоциональном заражении в *Twitter*. Это исследование показало, что люди, чрезмерно склонные к негативному контенту, после его просмотра

обычно публикуют негативную информацию, и наоборот: склонность к позитивным новостям аналогичным образом отражается и на постах. Поскольку негативный контент распространяется быстрее, чем позитивный, эмоциями легко манипулировать, создавая мемы, вызывающие отрицательные реакции, такие как страх и беспокойство. Феррара, который сейчас работает в Университете Южной Калифорнии, и его коллеги из Фонда Бруно Кесслера в Италии показали, что во время референдума о независимости Каталонии в 2017 г. социальные боты использовались для распространения резко негативной информации о жестокостях и подстрекательстве к насилию, что обостряло социальный конфликт.

Расцвет ботов

Качество информации в целом все больше ухудшается из-за развития социальных ботов, которые могут использовать все наши когнитивные искажения. Создавать ботов легко. Социальные сети предоставляют интерфейсы прикладного программирования, благодаря которым практически любой желающий сможет создать тысячи ботов, настроить их и управлять ими. Однако следует серьезно отнестись к тому, что продвижение сообщения, даже с помощью всего лишь нескольких голосов ботов на начальном этапе, может иметь огромное влияние на его последующую популярность.

В OSoMe мы разработали алгоритмы машинного обучения для обнаружения социальных ботов. Один из них, *Botometer*, представляет собой общедоступный инструмент, способный извлечь из предъявленной ему учетной записи *Twitter* 1,2 тыс. уникальных характеристик, чтобы проанализировать сам профиль, друзей юзера, структуру, периоды активности, язык и другие особенности. Программа сравнивает полученные показатели с характеристиками десятков тысяч ботов, идентифицированных ранее. На выходе мы имеем оценку вероятного использования автоматизации для данной учетной записи.

По нашим подсчетам, в 2017 г. до 15% активных учетных записей *Twitter* представляли собой ботов. Кроме того, можно утверждать, что они сыграли ключевую роль в распространении дезинформации в период выборов в США в 2016 г. В течение нескольких секунд после публикации фальшивой новостной статьи (например, заметки, утверждавшей, что команда Клинтон была причастна к оккультным ритуалам) десятки ботов автоматически распространяли ее на своих страницах,

а реальные пользователи, обманутые очевидной популярностью контента, также делились этой статьей.

Боты способны также оказывать на нас влияние, представляясь людьми из нашего круга или группы. В большинстве случаев для того, чтобы проникнуть в сообщество, боту необходимо всего лишь лайкнуть и репостить новость какого-нибудь члена этой группы.

Сяодан Лу (Xiaodan Lou) из OSoMe разработала социальную модель, где некоторые из участников — боты. Они проникают в определенное сообщество и делятся обманчиво привлекательным некачественным контентом — кликбейтом. Один из параметров данной модели описывает вероятность того, что реальный участник сообщества последует за ботами (для упрощения модели можно определить ботов как участников общения, генерирующих мемы нулевого качества и делящихся только информацией друг друга). Результаты моделирования показывают, что боты могут эффективно подавлять качество информации всей так называемой экосистемы, проникая лишь в небольшую ее часть. Боты также могут ускорить формирование эхокамер, предлагая следовать заранее определенным учетным записям, что приведет к росту сегрегации и самоизоляции внутри сообщества.

Существуют примеры успешного манипулирования общественным мнением одновременно с двух диаметрально противоположных позиций. В качестве инструментов используются все те же фейковые новости и боты, а целью выступают политическая поляризация или монетизация при помощи рекламы. Недавно мы обнаружили сеть неаутентичных учетных записей в *Twitter*, которые координировались одним и тем же лицом. Одни выдавали себя за сторонников кампании Трампа «Сделаем Америку снова великой», а другие представляли собой «сопротивление» политике Трампа. И те и другие рассчитывали на политические жертвования. Подобные операции усиливают контент, основанный на предвзятости подтверждения, и ускоряют формирование поляризованных эхокамер.

Политика сдерживания онлайн-манипуляций

Чтобы защититься от всех этих манипуляций, необходимо осознать собственные когнитивные искажения, а также те методы, которыми пользуются боты и алгоритмы. В OSoMe был разработан ряд инструментов, позволяющих лучше понять как наши слабые места, так и уязвимости социальных сетей. Один

из таких инструментов — мобильное приложение *Fakey*, которое может помочь научиться распознавать дезинформацию. По сути это игра, которая имитирует новостную ленту социальной сети, показывая актуальные статьи из источников с разным уровнем доверия. Пользователи должны принять решение и выбрать, чем можно поделиться в своей ленте, а какая информация нуждается в проверке. Анализ данных от *Fakey* подтверждает преобладание стадного онлайн-чувства: пользователи с большей вероятностью будут делиться статьями с низким уровнем доверия, если считают, что ими поделилось большое количество людей.

Другая общедоступная программа под названием *Noaxu* показывает, как любой мем распространяется в *Twitter*. В этой визуализации узлы представляют собой учетные записи *Twitter*, а ссылки показывают, как ретвиты, цитаты, упоминания и ответы распространяют мем от одной учетной записи к другой. Каждый узел имеет определенный цвет, соответствующий его оценке, полученный при помощи алгоритма *Botometer*, упомянутого выше, что позволяет пользователям наглядно увидеть, как боты усиливают дезинформацию. Эти инструменты использовались в журналистских расследованиях с целью раскрыть источники кампаний по дезинформации, аналогичные той, которая распространяет слухи о так называемом заговоре «Пиццагейт» в США. Они также помогли выявить попытки подавления избирателей при помощи ботов во время промежуточных выборов в США в 2018 г. Однако раскрывать манипуляции становится все труднее. Алгоритмы машинного обучения с каждым днем все лучше имитируют поведение человека.

Помимо распространения фейковых новостей, кампании дезинформации могут также отвлечь внимание от других, более серьезных проблем. Для борьбы с подобными манипуляциями мы недавно разработали еще один инструмент — программу под названием *BotSlayer*. По запросу она может извлекать хештеги, ссылки, учетные записи и другую информацию из твитов в соответствии с темами, которые интересуют пользователя. Для каждой такой темы *BotSlayer* отслеживает не только сами твиты, но и публикующие их учетные записи, а также условные баллы, указывающие на автоматизм ботов, в том случае если твит опубликовал или поделился им неаутентичный пользователь. В результате можно выявить темы, намеренно усиленные ботами или просто согласованными

учетными записями. Цель состоит в том, чтобы позволить журналистам, общественным организациям и политическим кандидатам выявлять и отслеживать недостоверные «кампании влияния» в режиме реального времени.

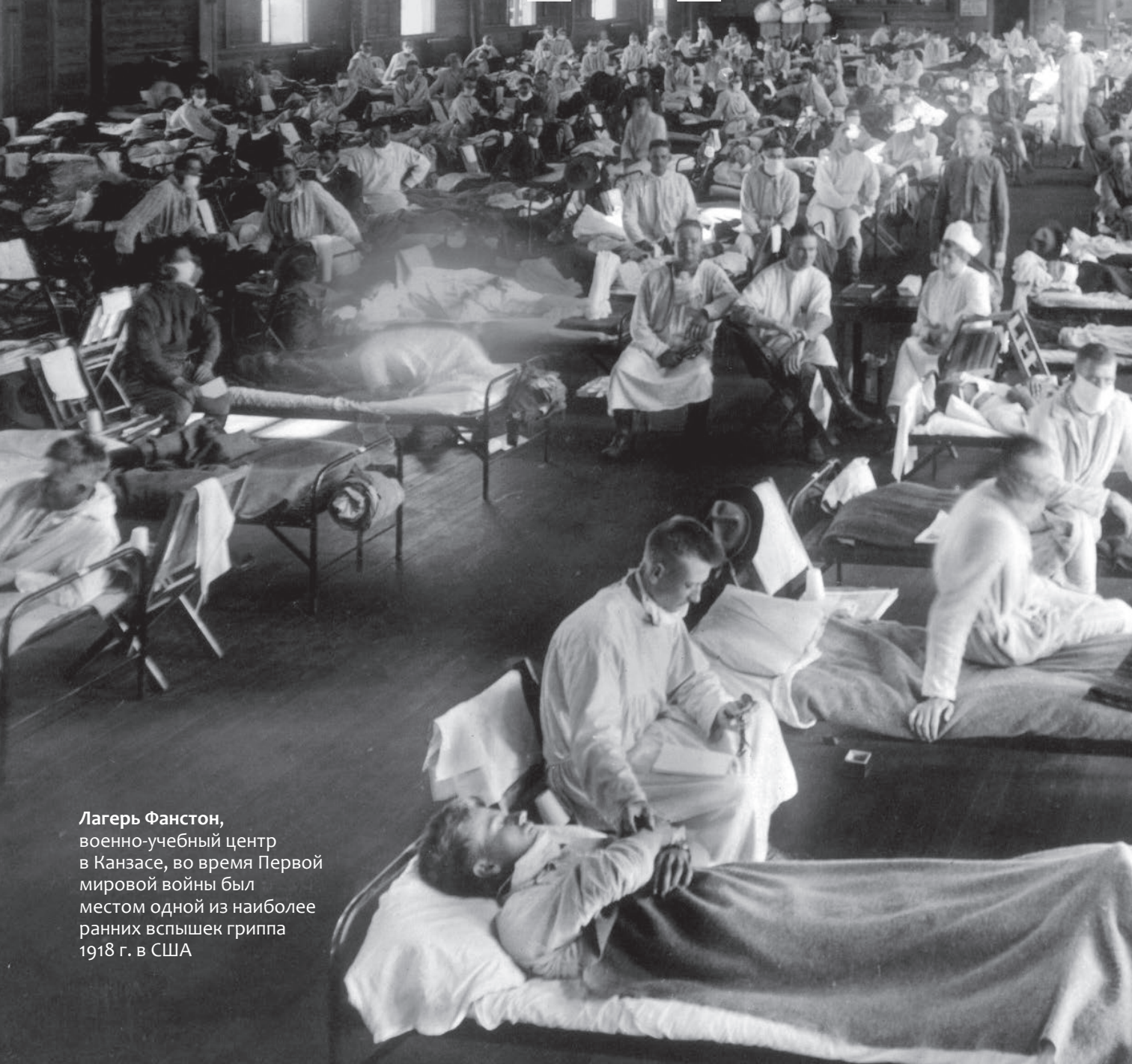
Эти инструменты могут оказаться полезными, но их недостаточно. Чтобы ограничить распространение фейковых новостей, необходимы институциональные изменения. Повышение уровня образования в области когнитивных искажений отчасти может помочь, хотя едва ли можно в должной мере охватить эту тему. Некоторые правительства и сами социальные сети также пытаются пресекать онлайн-манипуляции и фальшивые новости. Но в конечном счете кто решает, где фальшивка, а где нет? Можно снабдить информацию предупреждающим ярлыком, как это стали делать *Facebook* и *Twitter*, но можно ли доверять людям, которые раздают эти ярлыки? Слишком велик риск того, что такие меры могут вольно или невольно подавить свободу слова, которая имеет огромное значение для развитых демократий. Доминирование глобальных социальных сетей, тесно связанных с правительствами, еще больше усложняет ситуацию.

Одна из лучших идей на сегодня — усложнить создание некачественной информации и обмен ею. Можно создать искусственные препятствия, заставляя людей платить за обмен информацией или ее получение, а в качестве оплаты требовать от пользователей потратить их личное время и проделывать умственную работу, например решив головоломку, или же сделать символический взнос за подписку или использование информации. Любые автоматические публикации следует рассматривать как рекламу. Некоторые платформы уже используют подобные барьеры в виде так называемых *CAPTCHA* или телефонного подтверждения для доступа к аккаунтам. *Twitter* наложил ограничения на автоматические публикации. Нельзя останавливаться в попытках стимулировать обмен и продвижение лишь той информации, которая представляет ценность для пользователей.

Бесплатное общение вовсе не бесплатно. Уменьшая стоимость информации, мы снизили ее ценность, а в итоге заменили подделкой. Чтобы восстановить работоспособность информационной экосистемы и защитить нас от заблуждений, необходимо осознать уязвимость нашего перегруженного разума. ■

Перевод: Д.С. Хованский

ЗА ПАНДЕМ



Лагерь Фанстон,
военно-учебный центр
в Канзасе, во время Первой
мировой войны был
местом одной из наиболее
ранних вспышек гриппа
1918 г. в США

БЫТАЯ ИЯ

СОЦИОЛОГИЯ

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

Скотт Хершбергер



ОБ АВТОРЕ

Скотт Хершбергер (Scott Hershberger) в 2020 г. стал участником программы AAAS Mass Media Fellow и проходил стажировку в *Scientific American*.



В 1924 г. «Британская энциклопедия» выпустила двухтомную историю прошедшей части XX в. Более 80 авторов — профессоров и политиков, военных и ученых — внесли свой вклад в книгу «Эти бурные годы: двадцатое столетие в процессе формирования по рассказам многих из тех, кто его формировал» (*These Eventful Years: The Twentieth Century in the Making as Told by Many of Its Makers*). Однако ни на одной из 1,3 тыс. страниц книги нигде не упоминается ужасающая пандемия гриппа, которая за пять лет до этого унесла жизни 50–100 млн человек. Многие учебники по истории, вышедшие в последующие десятилетия, если вообще упоминают пандемию гриппа 1918–1919 гг., то в связи с обсуждением Первой мировой войны.

До недавнего времени общество плохо помнило эту пандемию. Людям, погибшим в обеих мировых войнах, посвящены памятники и дни национального траура. Музеи и кинофильмы рассказывают о гибели «Титаника» и о высадке на Луну. Но нет ничего подобного про грипп 1918 г. (который часто называют «испанкой» из-за ошибочного представления о его происхождении). В рассказах общества о своем прошлом это событие занимает непропорционально мало места.

Исчезновение столь серьезного бедствия из нашей коллективной памяти озадачило Гая Бейнера (Guy Weiner), историка из израильского Университета им. Давида Бен-Гуриона в Негеве. «Существует такая иллюзия, — рассказывает он: — мы считаем, что если событие имеет большое историческое значение, если оно затрагивает очень многих, влияет на судьбы целых стран, если от него умирают множество людей, то оно обязательно запомнится. На самом деле это работает совсем не так».

Бейнер 20 лет назад начал собирать книги о пандемии 1918 г. Долгое время они появлялись в незначительном количестве. Сейчас он с трудом успевает угнаться за идущим потоком. Он говорит: «В кабинете меня ожидают три высокие стопки [новинок]. Раньше эта тема интересовала лишь некоторых историков, а теперь грипп 1918 г. сравнивают с нынешней пандемией по уровню смертности, экономическим последствиям, эффективности

использования масок и поддержания социальной дистанции. Только в марте англоязычная страница про «испанку» в «Википедии» набрала более 8,2 млн просмотров, побив месячный рекорд 144 тыс. просмотров во время столетия пандемии.

Забвение и повторное открытие гриппа 1918 г. предоставляют возможности для изучения коллективной памяти и помогают предположить, как будущие поколения могут воспринимать нынешнюю пандемию.

Что такое коллективная память?

Коллективная память, первые исследования которой провел в начале XX в. Морис Хальбвак (Maurice Halbwachs), в последнее время вызывает большой интерес во всех социальных науках. Генри Редигер III (Henry L. Roediger III), психолог из Университета Вашингтона в Сент-Луисе, дал такое определение коллективной памяти: «то, что мы помним о себе как о части группы <...>, что формирует нашу идентичность». Он объясняет, что страны, политические партии, религиозные общины и спортивные болельщики сплетают из событий своего коллективного прошлого единую историю, которая усиливает самоидентификацию членов сообщества.

Для изучения коллективной памяти о хорошо известных исторических событиях исследователи часто используют открытые вопросы. Например, Редигер с несколькими коллегами, и в том

числе с Джеймсом Верчем (James Wertsch) из того же университета, просил американцев и русских назвать десять самых важных событий Второй мировой войны. Американцы чаще всего упоминали нападение на Перл-Харбор, атомную бомбардировку Японии и холокост. Большинство русских заостряли внимание на Сталинградской битве, Курской битве и блокаде Ленинграда. Единственным эпизодом, упомянутом в обоих списках, была высадка в Нормандии, которую в России называют «открытием второго фронта». Исследователи считают, что те моменты, которые жители каждой из стран упоминали особенно интенсивно, отражают интерпретацию события в этой стране, коллективное воспоминание народа о прошлом.

Такое исследование могло бы показать, что знают люди о гриппе 1918 г. «Насколько мне известно, этого никто не делал, — говорит Верч. — Если бы вы провели опрос, то ничего бы не получили». По его словам, даже при сравнении с COVID-19 мало кто может назвать важные подробности той пандемии гриппа. Верч поясняет, что коллективная память, по-видимому, сохраняет сюжеты с четкими началом, серединой и концом. «Если нужно выбрать один самый распространенный и самый природный когнитивный инструмент <...>, то это будет изложение события, — говорит он. — Не во всех человеческих культурах есть числа, не говоря уж о счете. Но во всех человеческих культурах рассказывают о произошедшем».

Для стран, участвовавших в Первой мировой войне, этот глобальный конфликт представлял собой четкую последовательность событий с множеством героев и злодеев, побед и поражений. Однако с таким невидимым врагом, как грипп 1918 г., ситуация была иной. Он возник непонятно откуда, атаковал несколькими волнами, убивая здоровых прежде людей, и исчез, так и оставшись непонятым. В то время ученые даже не знали, что этот грипп был вызван вирусом, а не бактерией. «Врачи ощущали стыд, — говорит Бейнер. — Это был огромный провал тогдашней медицины». Не имея подходящих свойств, чтобы закрепиться в форме рассказа, эта пандемия почти полностью исчезла из публичного дискурса вскоре после своего окончания.

В отличие от гриппа 1918 г. одновременно с COVID-19 не происходит крупномасштабной войны, которая в наших воспоминаниях могла бы конкурировать с пандемией. Анаучные знания о вирусах за прошедшее столетие значительно расширились. Тем не менее в некоторых аспектах не так уж много изменилось со времен той пандемии, пережитой нашими предками. «Даже если наш эксперимент с локдауном беспрецедентен по своим масштабам и строгости, мы думаем так же, как думали они [более ста лет назад], —

говорит Лора Спинни (Laura Spinney), автор книги «Бледный всадник: испанский грипп 1918 г. и как он изменил мир» (*Pale Rider: The Spanish Flu of 1918 and How It Changed the World*). — Пока у нас нет вакцины, наш основной способ защиты — поддержание социальной дистанции, и тогда это тоже был главный способ защиты». Нынешний спор о масках — тоже уже не первый: в 1919 г. около 2 тыс. человек участвовали в собрании Лиги антимасочников в Сан-Франциско.

Исследований влияния политического раскола в обществе на формирование коллективной памяти крайне мало. Редигер и Верч предполагают, что раскол повышает значимость воспоминаний человека о каком-то событии. Но Верч сомневается, что данный эффект повлияет на прочность коллективной памяти о нынешней пандемии. «Этот вирус нельзя назвать идеальным персонажем идеального сюжета», — говорит он.

Верч считает, что даже гонка при разработке и распространении вакцины вряд ли станет эффективным сюжетом. «Возможно, мы увидим появление ученого-героя, подобно Луи Пастеру в XIX в., — говорит он. — Однако надо отметить, что наши воспоминания будут именно о нем, а не о какой-то конкретной <...> эпидемии». Тем не менее независимо от того, закрепится COVID-19 в рассказах или нет, это заболевание окажется гораздо лучше задокументировано, чем пандемия, произошедшая 100 лет назад. Сможет ли подробное освещение в СМИ укрепить коллективную память?

СМИ и образы

Пока грипп 1918 г. еще свирепствовал, о нем много писали в газетах и журналах. Мэг Спратт (Meg Spratt), преподаватель коммуникации в Вашингтонском университете, говорит, что для освещения той пандемии в американской прессе часто использовался «биомилитаристский язык». Во многих статьях ситуация описывалась как битва людей (в основном представителей власти) с заболеванием. По словам Спратт, пресса того времени мало рассказывала о впечатлениях самих жертв и тех, кто выжил. При освещении событий внимание преимущественно уделялось специалистам и авторитетным лицам, и почти все они были белыми мужчинами. Кроме того, Спратт нашла доказательства, что Первая мировая война действительно затмила собой болезнь. «Когда осенью 1918 г. смертность от гриппа превысила смертность от войны, — пишет она в 2001 г. в статье на эту тему, — в *New York Times* об этом появилась небольшая заметка на одной из внутренних страниц газеты».

Спратт усматривает параллели между сообщениями в прессе о гриппе 1918 г. и о COVID-19. «Все еще уделяется особое внимание специалистам в области здравоохранения, пытающимся

предложить какую-то политику или рекомендацию для защиты людей, — рассказывает она. — Но сегодня, кажется, происходит более интенсивное освещение событий. Я думаю, это отчасти связано с использованием других технологий». Поскольку интернет и социальные сети позволили обычным людям публично рассказывать о своей жизни во время пандемии, «в итоге появился более богатый материал о том, что люди в действительности пережили», — отмечает Спратт. Таким образом, современные СМИ дают более полную картину нынешней пандемии, включая как непосредственные рассказы тех, кто боролся с пандемией, так и отчеты о расовых и социально-экономических различиях в воздействии *COVID-19*.

Фотографии тоже помогают в формировании коллективной памяти о *COVID-19*. Психологические исследования неизменно показывают, что наша зрительная память намного сильнее, чем запоминание слов или абстрактных идей. Именно поэтому, по словам Редигера, широко распространенные образы могут создавать опору для коллективной памяти. В истории полно таких известных изображений: американские войска водружают флаг над Иводзимой; башни-близнецы рушатся 11 сентября; Колин Каперник опускается на одно колено во время исполнения национального гимна. Однако «фотокамеры, как правило, остаются за дверьми больничной палаты, — говорит Спинни. — Мы обычно не заходим внутрь». Существует очень мало изображений, где показаны такие страшные симптомы, как посиневшее лицо и кровотечение из ушей, которые наблюдались у многих заболевших гриппом в 1918 г. Так и сейчас впечатляющие фотографии, которые могли бы способствовать укреплению коллективной памяти, редко попадают в современных новостях о переполненных больницах, нехватке СИЗ и высокой смертности в домах престарелых.

Однако даже если не возникнет никаких общеизвестных фотографий, люди будут помнить, как *COVID-19* повлиял на них и на их семьи. То же можно сказать и о гриппе 1918 г.: в 1974 г. историк Ричард Кольер (Richard Collier) опубликовал книгу, в которой собраны личные воспоминания более 1,7 тыс. человек со всего мира. Но коллективные воспоминания, как выяснили историки, то усиливаются, то ослабляются в соответствии с социальным контекстом времени.

Циклы воспоминания и забывания

2020 г. не был первым, когда вновь возникшая пандемия вызвала интерес к гриппу 1918 г. В XX в. было еще две пандемии гриппа, в 1957 и в 1968 гг. В обоих случаях «внезапно возвращалась память о Великом гриппе, — рассказывает Бейнер. — Люди начинали искать прецедент; начинали искать исцеление». Во время паники из-за птичьего

гриппа в 2005 г. и пандемии свиного гриппа в 2009 г. во всем мире резко увеличилось количество запросов в *Google* про «испанский грипп» (хотя в марте 2020 г. число таких запросов было еще выше). Все это время росло количество исторических исследований, которые детализировали историю гриппа 1918 г. и обеспечили основу для дальнейшего возрождения памяти о нем в обществе.

Бейнер думает, что нынешний кризис изменит воспоминания общества о пандемии 1918 г. Расположившись среди книг о том гриппе, он рассказывает: «Ни одна из них не стала знаменитым романом, книгой, которую все читают. Думаю, теперь это может измениться». Бейнер предсказывает, что *COVID-19* вдохновит на создание бестселлера или масштабного фильма, посвященного гриппу 1918 г. Такое культурное событие способствовало бы широкому обсуждению и усилило бы нынешнюю волну воспоминаний об этом событии в обществе. Бейнер ожидает, что в ближайшие десятилетия такие же «всплески и провалы в памяти» возникнут и про *COVID-19*. «Это будет непростая история», — говорит он.

Более сильная коллективная память о гриппе 1918 г. поможет создать условия, необходимые для поддержания в обществе воспоминаний о *COVID-19*, когда нынешняя пандемия закончится. Если появятся памятники, музеи или дни памяти, они также обеспечат социальную основу для продолжения обсуждения нынешнего кризиса. Нью-Йоркское историческое общество уже собирает предметы, связанные с *COVID-19*, для будущей выставки. «Я думаю, что на этот раз эпидемия повлияет сильнее, поскольку теперь мы понимаем, что публика не помнила об испанском гриппе 1918 г.», — говорит Жозе Собрал (José Sobral), социальный антрополог из Лиссабонского университета.

Верч в этом не уверен. «Через несколько лет, — говорит он, — мы, возможно, забудем об этом». Он предполагает, что отражение *COVID-19* в коллективной памяти зависит от того, как завершится пандемия коронавируса и будут ли после нее другие. «Только зная, чем все закончилось, — говорит Верч, — мы понимаем, что было в начале и в середине». ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Рид Э., Таубенбергер Д., Фаннинг Т. Реконструкция вирусубийцы // *ВМН*, № 4, 2005.



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия



Взгляд на науку
с пристрастием

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

scientificrussia.ru



Жертв черной смерти (чумы), которая свирепствовала в Лондоне с 1348 по 1350 г., хоронили на одном из городских кладбищ. Возбудителем эпидемии была бактерия *Yersinia pestis*.

АРХЕОЛОГИЯ

ДРЕВНИЕ
ЭПИДЕМИИ,
ИСК
НЕНЕ
ШИВ
ШИЕ
МИР

Исследование ДНК бактерий и вирусов, выделенной из останков людей далекого прошлого, свидетельствует о влиянии патогенов на судьбы империй и целых цивилизаций

Джеймс Клоуз

ОБ АВТОРЕ

Джеймс Клоуз (James P. Close) — популяризатор науки, живущий в Юго-Западной Англии.

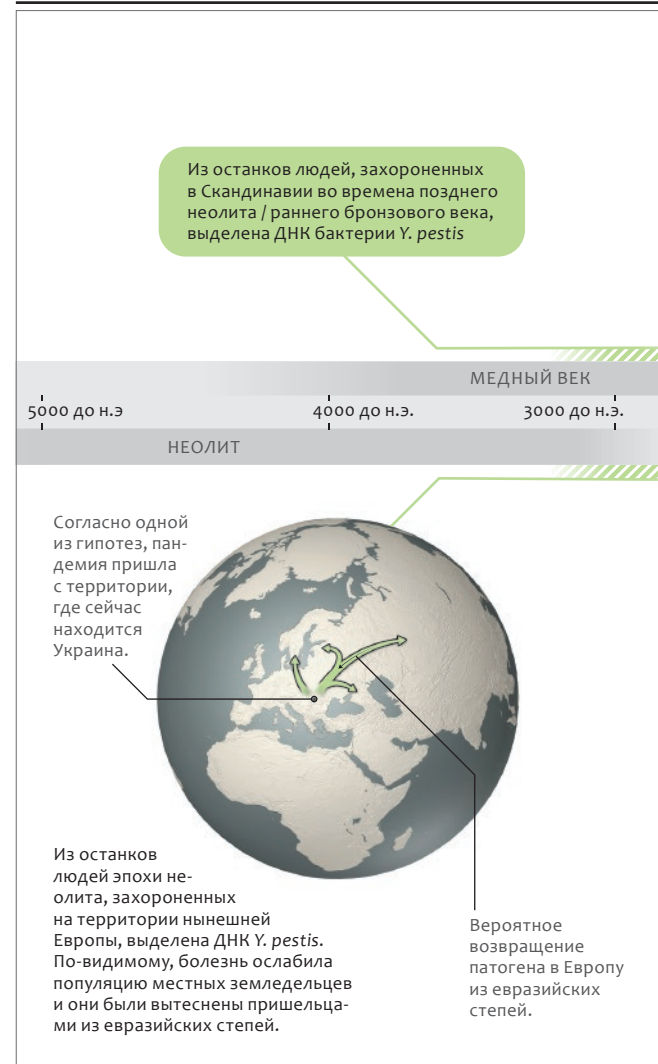


В

544 г. н.э., спустя годы войн с готами и вандалами, византийский император Юстиниан I значительно расширил свои владения: Восточная Римская империя почти окружила Средиземное море. Однако этот год не стал для правителя триумфальным: империю атаковал всемогущий невидимый враг, против которого было бессильно любое оружие.

Таинственная болезнь пронеслась по всем владениям Юстиниана, не пощадив и столицу, город Константинополь. У заболевших была высокая температура, под мышками и в паху образовывались болезненные вздутия, многие бредили. Заболел и сам император. Византийский историк Прокопий Кесарийский, живший в Константинополе, писал, что иногда в городе умирали 10 тыс. человек в сутки. Юстиниан пережил эпидемию, но его империя очень долго не могла оправиться от ее последствий. Она потеряла контроль над многими территориями и с трудом удерживала власть в Риме.

Эпидемиологи до недавнего времени не могли прийти к единому мнению относительно возбудителя инфекции. Одни считали, что это был сверхлетальный штамм бактерии *Yersinia pestis*, — по своим симптомам болезнь напоминала средневековую чуму (черную смерть), которую вызвал этот патоген; другие полагали, что Юстиниан



заразился вирусом гриппа, сходным с тем, который вызвал страшную эпидемию в 1918 г., унесшую жизни, по разным оценкам, от 50 до 100 млн европейцев. Историков, в свою очередь, интересовало, откуда пришла эта зараза. Многие считали резервуаром инфекции Египет, поскольку незадолго до катастрофы, постигшей империю Юстиниана, там бушевала похожая эпидемия.

Поставить точку в дискуссии позволил анализ ДНК, выделенной из зубов и костей жертв той давней эпидемии. Обнаружилось, что в зубах присутствует только ДНК *Y. pestis* и нет никаких следов генетического материала вируса гриппа. Проследив пути перемещения этого патогена по земному шару, ученые пришли к выводу, что резервуаром инфекции был не Египет, а западная часть Китая, откуда микроб распространился по обширным равнинам Евразии и проник в Европу. «За время путешествия он довольно сильно мутировал, и к границам

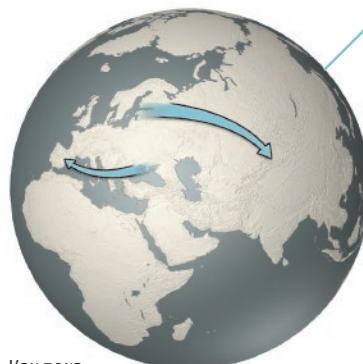
Первопричина четырех пандемий

За всю историю человечества земной шар был охвачен пандемиями много раз, при этом попытки выяснить их первопричину до недавнего времени кончались ничем. Анализ ДНК, выделенной из останков древних людей, показал, что за четырьмя из катастроф стоит бактерия *Yersinia pestis*, а к падению империи ацтеков в XVI в. причастна *Salmonella paratyphic*.

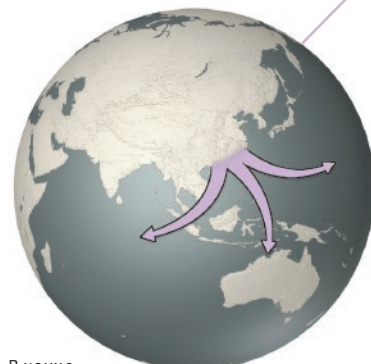
Пандемии 541–750 гг. н.э.	Чума 1346–1777 гг. н.э.	Сравнительно недавние пандемии: <i>Y. Pestis</i> 1890–1950 гг. н.э.
Пандемия <i>Cocoliztli</i> , империя ацтеков, примерно 1545 г. н.э.		Вспышки инфекций 1900–2000-х гг.: туберкулез, грипп 1918 г., СПИД, лихорадка Эбола, SARS, COVID-19



Во владениях императора Юстиниана I и на сопредельных территориях свирепствовала пандемия, вызванная другим штаммом *Y. pestis*. Результаты анализа дДНК свидетельствуют о том, что патоген пришел из Азии. Пандемия способствовала утрате многих территорий империи Юстиниана I.



Как показали результаты анализа дДНК, выделенной из костей скелета и зубов жертв черной смерти, штамм *Y. pestis* циркулировал по странам Европы, Ближнего Востока и Азии. Число жертв пандемии исчислялось миллионами.



В конце 1800-х гг. по континентам пронесся еще один штамм *Y. pestis*. Анализ ДНК свидетельствует о зарождении пандемии в Китае, распространении на Гонконг, Японию, Индию, Южную Америку, США и Европу. Вспышка затихла в 1950-х гг.

Византийской империи пришел в измененном виде», — говорит Александр Хербиг (Alexander Herbig) из Института изучения истории человека Общества Макса Планка в Йене, с помощью методов компьютерного анализа реконструировавший изменения в ДНК патогена по мере его миграции. Некоторые из этих модификаций наделили микроорганизм способностью инфицировать других хозяев, и он стал еще более опасным.

Выделение ДНК болезнетворных микроорганизмов из останков наших далеких предков позволяет заполнить обширные белые пятна в истории человечества. В данных молекулах содержится информация о том, как влияли бактерии и вирусы, вызывавшие пандемии, на судьбы цивилизаций. Анализ ДНК патогенов помог, в частности, выяснить, откуда пришла черная смерть, поразившая человеческий род в Средние века, и какую роль сыграла пандемия в падении цивилизации ацтеков. С помощью этого

подхода были найдены свидетельства того, что вспышка некоей инфекции, случившаяся в бронзовом веке, причастна к переселению народов из Азии в Европу. Люди принесли с собой свою культуру и свои гены, чье влияние прослеживается и сегодня.

С учетом всех этих открытий биологи воссоздали предположительную картину возникновения вспышки инфекции. Микроорганизмы становятся опасными, когда встречаются на своем пути компактно проживающую группу людей, которые ранее с данным видом бактерий и вирусов не взаимодействовали и потому не выработали к ним иммунитета. Многократно возросшая мобильность населения земного шара способствует распространению патогенов, при этом они чувствуют себя особенно комфортно среди маргинальных групп, неспособных себя защитить. Сегодня мы убеждаемся в этом еще раз, наблюдая, как распространяется вирус SARS-CoV-2 по земному шару.



ДНК, выделенная из зубов древних людей, захороненных во Фрельсгардене (Швеция), принадлежит бактерии *Yersinia pestis* (1). Захоронение (2) возрастом примерно 5 тыс. лет содержит останки 78 человек.

ДНК: путеводная нить

Биологи и историки уже давно пытались связать биологию патогенов с историческими событиями, но сделать это не удавалось вплоть до начала 2010 г. по причине невозможности исследования древней ДНК (дДНК). Так, попытки выделить генетический материал патогена, вызвавшего черную смерть, из останков жертв той пандемии кончались чередой неудач. «Мы предпринимали все новые и новые попытки — и всякий раз терпели фиаско», — сетует Хендрик Пойнар (Hendrik Poinar), биолог из Университета Макмастера в Онтарио, специализирующийся на исследовании дДНК. Кости в местах захоронений были сильно разрушены и содержали ничтожные количества генетического материала микробного происхождения.

Ситуация изменилась в прошлом десятилетии благодаря двум важным событиям. Первое состояло в осознании специалистами в области археогеномики того факта, что они искали генетический материал микроорганизмов не в тех частях скелета останков древних людей, где следовало. «Хранилищем времени» оказались не кости, а зубы. Снаружи они защищены прочным слоем эмали, а внутренняя часть, пульпа, забита ссохшейся кровью вместе с останками патогенов. Такую массу можно высверлить зубным буром и (если повезет) получить микроскопическое количество ДНК.

Но эта ДНК представлена беспорядочным набором фрагментов, из которых нужно составить исходную молекулу. Задачу

невозможно было бы решить без второго важного достижения — разработки метода скоростного секвенирования ДНК. Новый метод вошел в обиход благодаря созданию мощных компьютеров, которые, по словам Пойнара, «полностью изменяли правила игры». В основе метода лежит одновременное секвенирование множества коротких фрагментов ДНК и соединение их друг с другом в том порядке, который диктуется перекрыванием нуклеотидных последовательностей концевых участков. С появлением этого подхода отпала необходимость отыскивать в образце длинную молекулу — полноразмерную геномную ДНК, что практически невыполнимо.

Одним из первых результатов применения комбинации двух новшеств стало получение в 2011 г. Пойнаром с коллегами генома *Y. pestis*, составленного из фрагментов ее ДНК. Они были выделены из зубов останков людей — жертв черной смерти, захороненных в братской могиле в Лондоне. Исследование поставило точку в длительной дискуссии относительно возбудителя средневековой пандемии, унесшей жизни не менее 30% европейцев за период с 1347 г. по 1351 г. Как показали результаты пятилетних исследований, идентифицированный штамм по своей вирулентности не отличается от современного варианта *Y. pestis*. Высокая смертность во время той давней пандемии, по-видимому, была связана с нашествием черных крыс — переносчиков патогена, которые наводнили густонаселенные города, страдающие ужасающей антисанитарией и бедностью.

Самым большим сюрпризом для генетиков, которые занимаются исследованием дДНК, стало то, что ни пандемия времен правления Юстиниана I, ни средневековые эпидемии не были первыми событиями такого рода, повлиявшими на ход человеческой истории.

Доисторическая пандемия

В 2015 г. были опубликованы результаты исследований 101 генома древнего человека, воссозданного из фрагментов ДНК, которые были выделены из скелетов в местах захоронений, разбросанных по просторам евразийских степей. Из них следовало, что примерно 5 тыс. лет назад народы ямной культуры переселились из степей на территорию современной Европы, вытеснив местных земледельцев. Пришельцы занимались скотоводством, охотой и, вероятно, отличались воинственностью. «Но почему процветавшие несколько веков крупные европейские популяции, по-видимому, высокоорганизованные, так быстро сдались?» — задается вопросом один из археологов, участник исследования Кристиан Кристиансен (Kristian Kristiansen) из Гетеборгского университета в Швеции. Немногочисленные археологические данные свидетельствуют, что распад европейских популяций начался незадолго до пришествия степных народов, и Кристиансен с коллегами предположили, что они были ослаблены какой-то эпидемией. «Может быть, это была черная смерть», — подумали исследователи.

Вместе с генетическим материалом древнего человека Кристиансен с коллегами выделили ДНК самых разных вирусов и бактерий. «От 95% до 99% данных нам не удалось использовать, — говорит Саймон Расмуссен (Simon Rasmussen) из Копенгагенского университета. — Мы поместили ископаемые останки в хранилище, а с появлением метода скоростного секвенирования смогли вернуться к отложенным образцам и сравнить их с другими геномами. Собрав все 100 млрд небольших фрагментов ДНК, мы осуществили их скрининг на предмет наличия генетического материала патогенных микроорганизмов».

Через две недели непрерывной работы компьютеры дали ответ. Примерно в 7% образцов присутствовали следы ДНК патогена, скопившегося в пульпе зубов древних людей. Бактерии попали туда с кровью, а значит, они циркулировали по всей кровеносной системе, что было очень опасно для заболевших. «Скорее всего, люди умирали

от сепсиса», — считает Расмуссен. Многие препараты ДНК находились в плохом состоянии, поэтому он полагает, что на самом деле генетический материал патогена присутствовал в образцах в большем количестве и что пандемия буквально косила людей. Пойнар высказывается более осторожно: он считает, что к краху европейской популяции могут быть причастны и другие факторы, например голод или война.

Исследование поставило точку в длительной дискуссии относительно возбудителя средневековой пандемии, унесшей жизни не менее 30% европейцев за период с 1347 г. по 1351 г. Как показали результаты пятилетних исследований, идентифицированный штамм по своей вирулентности не отличается от современного варианта *Y. pestis*

Если даже патогенные бактерии были только одним из виновников катастрофы, последствия их причастности должны присутствовать и сегодня. Кристиансен с коллегами считает, что, как это было с более поздними вспышками заболеваний, вызванных *Y. pestis*, древняя пандемия пришла в Европу из азиатских степей. Народы ямной культуры, по-видимому, обладали каким-то иммунитетом к данной бактерии, контактируя с ней сотни лет. Это давало им преимущество перед европейскими земледельцами. Результат их распространения до сих пор виден в облике, языке и генетике жителей современной Европы. По мнению Кристиансена, «доисторическое нашествие изменило ход истории будущих европейцев. С точки зрения генетики все нынешние жители Европы — потомки древних степных народов».

Недавно получены новые свидетельства в пользу этой теории: обнаружена ДНК *Y. pestis* в останках двух древних людей эпохи неолита. По-видимому, вспышка

заболевания, вызванного этой бактерией, произошла на территории нынешней Скандинавии сразу после вторжения туда народов ямной культуры. Сегодня Кристиансен с коллегами занимаются поисками других мест, где можно было бы обнаружить следы пребывания древней разновидности этой бактерии. Они называют ее «прародительницей всех пандемий».

Опыт противостояния COVID-19 показывает, что основы нашей уязвимости при встрече с новыми патогенами не претерпели существенных изменений: обычно они передаются человеку другими видами живых существ, распространяются по всему земному шару любителями путешествий и теми, кто совершает дальние перелеты по долгу службы, и вызывают вспышки в местах компактного проживания людей

Эволюционный экскурс

На сегодня проанализировано несколько десятков геномов древних *Y. pestis* из тех регионов земного шара, где случались вспышки инфекций за последние 5 тыс. лет. Выявленные в этих геномах изменения позволили реконструировать эволюционную историю бактерии и те давние генетические aberrации, которые могли превратить один из оппортунистических кишечных патогенов в самого страшного убийцу за всю историю человечества.

В первоначальной форме бактерии — варианте пятитысячелетней давности — ее переносчиком вряд ли могли быть крысиные блохи, как это произошло позже, в то время, когда в Европе свирепствовала черная смерть. У древней бактерии отсутствовал фермент, который есть у современного штамма и который спасает его от переваривания в кишечнике блохи. Скорее всего, прежний вариант распространялся

воздушно-капельным путем, когда его носитель чихал или кашлял. Но примерно 4 тыс. лет назад *Y. pestis* выработала способность образовывать биопленку, и это стало, пожалуй, самым губительным для человечества «изобретением» микробов, объясняет Йоханнес Краузе (Johannes Krause), специалист по дДНК из Института изучения истории человека Общества Макса Планка. В одном из генов бактерии возникли мутации, отвечающие за образование адгезивного внеклеточного матрикса; мутации в других генах лишили их способности замедлять или останавливать формирование матрикса. В результате бактериальные клетки начали слипаться, образовывать в кишечнике насекомых сгустки и закупоривать его. Голодные блохи стали лихорадочно кусать животных-хозяев одного за другим в поисках пищи и заражать их.

Люди и патогены

Биологи, занимающиеся исследованием дДНК, могут проследить историю не только *Y. pestis*, но и других микроорганизмов, что позволяет установить время, когда многие современные патогены, в частности возбудители проказы, туберкулеза, гепатита В и парвовирусы, превратились в глобальную проблему. По мнению Краузе, это случилось, когда человек стал переходить к оседлому образу жизни.

По мере развития цивилизации расширялись связи между изолированными ранее сообществами: люди начали перемещаться на лошадях и на лодках, перенося с собой разнообразные микроорганизмы. Согласно Хербигу, «распространению болезней по всему земному шару способствовало развитие торговли, сопряженное с перемещениями людей на большие расстояния». Установлено, что расползание гепатита В в древние времена шло параллельно миграции людей в бронзовый и железный века. Аналогично туберкулез переносили экипажи торговых судов и сами торговцы, которые останавливались в караван-сараях вдоль Шелкового пути. Такие данные приводит Кэйтлин Пепперелл (Caitlin Pepperell) из Висконсинского университета в Мадисоне, которая вместе с коллегами исследовала дДНК возбудителя туберкулеза и пришла к выводу, что современные штаммы этого патогена появились менее 6 тыс. лет назад, а не 7 тыс., как считалось ранее.

В распространении микробов были повинны не только купцы. Патогены часто переносили животные, о чем свидетельствуют

результаты секвенирования ДНК: вместе с одомашненными животными люди становились «хозяевами» микробов, обитающих в их организме. Так, члены одной из сохранившихся популяций американской красной белки, обитающей в Англии, до сих пор выступают носителями средневекового штамма возбудителя проказы, по видимому, приплывшего в эту страну на кораблях викингов. Аналогичным образом — по воде — попал в Южную Америку штамм туберкулезной палочки, поражающей человека: его принесли с собой тюлени. Об этом свидетельствуют результаты анализа дДНК, выделенной из останков древних перуанцев. Геном этого штамма близок к геному современных тюленей и морских львов. «О причастности тюленей к "транспортировке" туберкулезной палочки и передаче ее человеку говорят также археологические и антропологические данные, поскольку средневековые перуанцы действительно охотились на тюленей, — поясняет Хербиг, участвующий в упомянутых исследованиях. — На их керамических изделиях можно найти изображения людей, которые охотятся на тюленей и разделяют их туши».

Сочетание человеческих факторов — увеличение численности популяции, более тесная коммуникация между людьми и между людьми и животными — существенным образом повлияло на ситуацию в Новом Свете, когда туда прибыли европейцы. Ацтекская цивилизация, существовавшая до XVI в. на территории современной Мексики, была завоевана испанцами, которые установили на всей территории жестокие порядки: ацтеки трудились до изнеможения и недоедали.

Вскоре после вторжения европейцев, произошедшего в 1521 г., на ацтеков обрушилась жесточайшая эпидемия, одна из самых страшных в истории человечества. По описаниям монаха-францисканца Бернандино де Саагуна (Bernardino de Sahagún), попавшего в Мексику спустя восемь лет после высадки первых отрядов завоевателей, от инфекции умерли 80% местных жителей. Но что это была за инфекция, долгое время оставалось загадкой. Диапазон предположений был необычайно широк: от геморрагической лихорадки, малярии и тифа до натуральной оспы. Неясно было даже то, была ли болезнь местного происхождения или ее принесли завоеватели.

И только в 2018 г. истину удалось установить. Из останков людей, погребенных во время эпидемии, Краузе с коллегами

выделили дДНК и выяснили, что в половине с лишним образцов содержался генетический материал бактерии *Salmonella paratyphic*, которая вызывает острую кишечную инфекцию. До прибытия европейцев этот микроорганизм в Америке не встречался, так что можно с уверенностью говорить, что его завезли из Старого Света. Возможно, были заражены пища или вода, которыми были забиты трюмы кораблей, или животные (куры, свиньи, коровы), которых завоеватели везли с собой; разносчиками могли быть также корабельные мыши и крысы.

Как раз в это время в Америке произошел ряд природных катаклизмов, в частности засуха, о чем свидетельствует картина годичных колец на спилах стволов, обнаруженная в 2000 г. Это повлекло за собой голод и перемещение больших групп населения в поисках более благоприятных мест, что способствовало распространению инфекции среди ослабленных людей, ранее не встречавшихся с завезенным микроорганизмом. Цивилизация рухнула.

Сегодня мы знаем гораздо больше о патогенах и способах борьбы с ними, чем это было 500, а тем более 5 тыс. лет назад. Но опыт противостояния COVID-19 показывает, что основы нашей уязвимости при встрече с новыми патогенами не претерпели существенных изменений: обычно они передаются человеку другими видами живых существ, распространяются по всему земному шару любителями путешествий и теми, кто совершает дальние перелеты по долгу службы, и вызывают вспышки в местах компактного проживания людей, часто малоимущих и плохо питающихся. Об этом свидетельствуют результаты исследований дДНК, которые говорят также о том, что поворотные моменты в истории развития цивилизаций были связаны не только с деятельностью конкретных личностей, будь то император Юстиниан I или конкистадор Эрнан Кортес, но также с нашествием невидимых невооруженным глазом живых существ — бактерий и вирусов. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

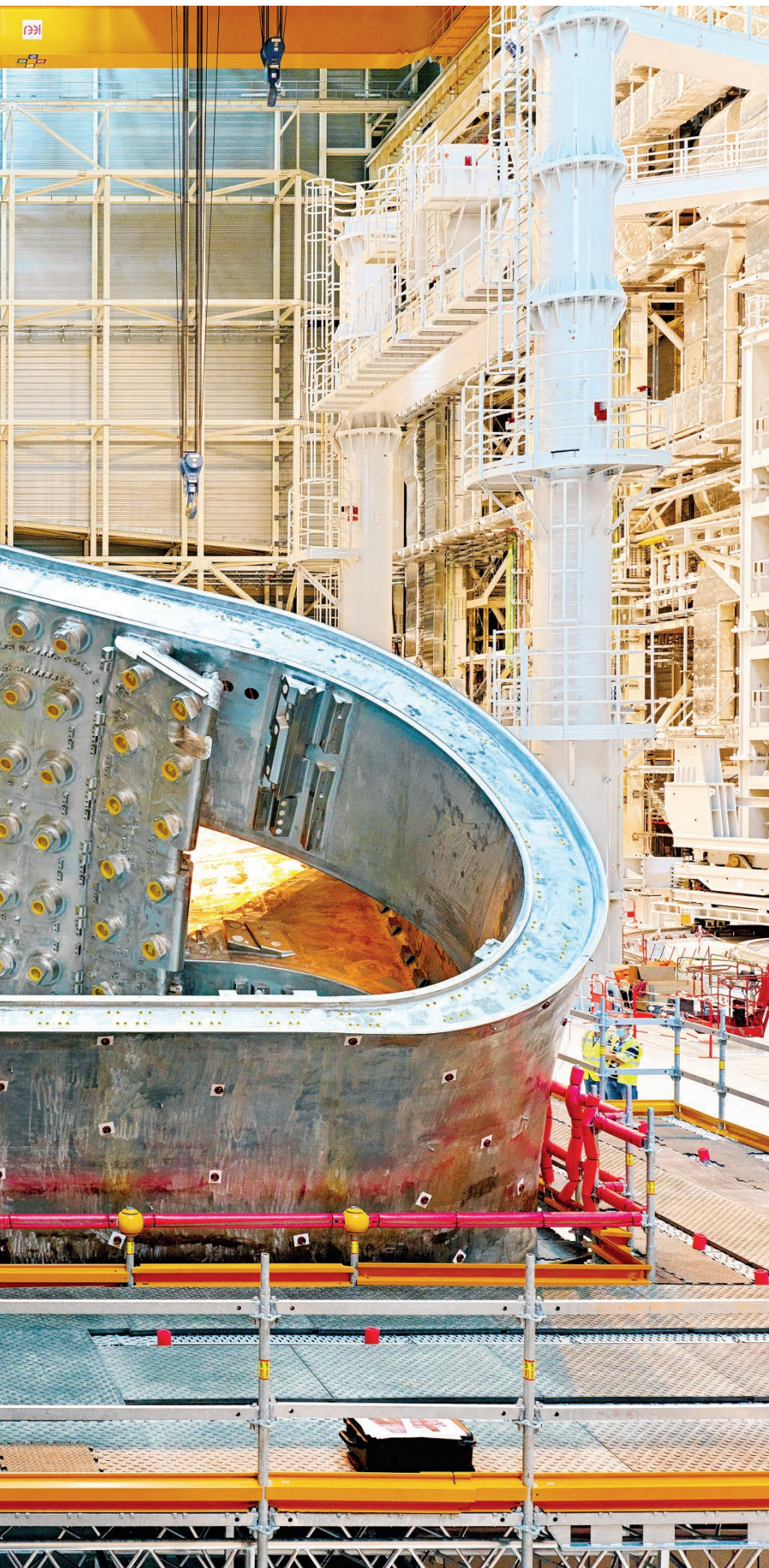
ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Спинни Л. Как земледельцы завоевали Европу // ВМН, № 8–9, 2020.

■ The Black Death. William L. Langer; February 1964.

Реактор-бублик. Инженеры работают над первой секцией вакуумной камеры — контейнера в форме тора, в котором будет создаваться плазма и где в идеальном случае воспламенится реакция термоядерного синтеза. Внутри ITER два изотопа водорода — дейтерий и тритий — будут сталкиваться с огромной скоростью, что дает двум атомам шанс слиться вместе и образовать гелий. Небольшая часть массы, потерянная в результате реакции, превращается в энергию в результате сделки, в которой посредником выступает знаменитое уравнение Альберта Эйнштейна $E = mc^2$.





ФИЗИКА

Началась
сборка *ITER* —
самого большого
в мире ядерного
реактора
синтеза

Клара Москович

О СМЕТЫ МЕТЫ

Photographs by Manuela Schirra and Fabrizio Giraldi

ОБ АВТОРЕ

Клара Москович (Clara Moskowitz) — старший редактор журнала *Scientific American*, пишет о космосе и о физике.



Homo sapiens — вид, для комфортного существования которого необходимо много энергии, а нынешние источники энергии никуда не годятся. Ядерный синтез, процесс, который питает Солнце, мог бы стать неиссякаемым ресурсом чистой энергии, которая нам необходима, — если только ученые смогут придумать, как это сделать.

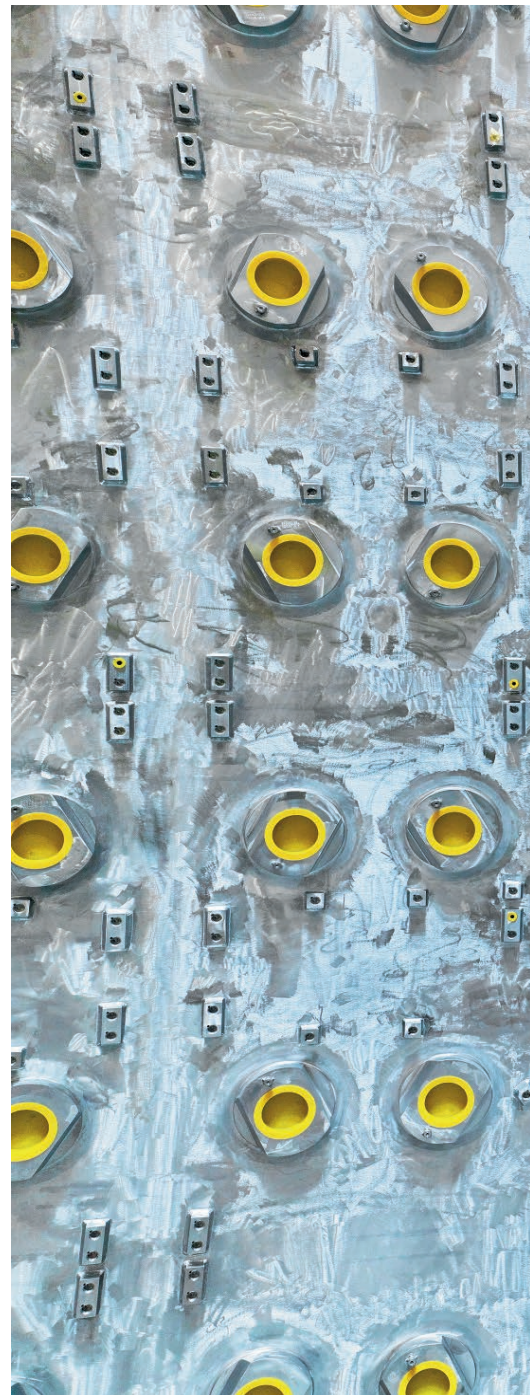
Международный термоядерный экспериментальный реактор (*ITER*) — крупнейшая и самая амбициозная попытка обуздать энергию, выделяемую, когда два атома сливаются в один. Эксперимент стоимостью \$25 млрд во французской коммуне Сен-Поль-ле-Дюранс — совместный проект Европейского союза, Китая, Индии, Японии, Южной Кореи, России и США. Его конечная цель — сделать то, что не удалось ни в одном термоядерном эксперименте ранее: получить больше тепла, чем было затрачено на его производство.

Проект зашел в тупик в результате задержек и взвинчивания затрат, а независимая критическая оценка несколько лет назад привела к увольнению высшего руководства. В глазах некоторых скептиков это всегда будет бессмысленным занятием, бесполезной тратой времени и средств на эксперимент, цель которого — даже не действующая электростанция, а лишь подтверждение правильности концепции. В июле 2020 г. *ITER* наконец подошел к долгожданной вехе: официально началась сборка установок, когда ученые начали соединять вместе различные детали, поставляемые странами-партнерами. «У нас такое чувство, что предстоит пробежать несколько марафонских дистанций подряд. Вы добегаєте до конца первой, но осознаете, что впереди дорога еще длиннее, — говорит Бернар

Биго (Bernard Bigot), занявший пост генерального директора *ITER* в 2015 г. — Это придает уверенности в будущем, но мы знаем, что ничто не следует воспринимать как должное».

Труднейшая задача — построить в лаборатории миниатюрную звезду, а затем управлять ею. Сердце эксперимента — это цилиндр весом 23 тыс. т, в котором мощные сверхпроводящие магниты попытаются удержать плазму с температурой 150 млн градусов Цельсия достаточно долго для того, чтобы успел произойти термоядерный синтез. Заставить физику работать как нужно будет огромной проблемой, равно как и непростая задача осилить постройку машины. «Это крупномасштабный международный проект, детали для которого производятся по всему миру, он должен сложиться как пазл и заработать», — говорит не входящий в команду *ITER* специалист в области физики плазмы Саския Мордейк (Saskia Mordijk) из Колледжа Вильгельма и Марии в Уильямсберге, штат Виргиния.

Ученые надеются включить реактор в 2025 г., имея конечную цель запустить его на полную мощность к 2035 г. Если все задуманное удастся, выигрыш будет колоссальным. Теоретически термоядерный синтез сможет высвободить гораздо больше энергии, чем сжигание угля или нефти, и даже больше, чем ядерные



реакции деления, питающие традиционные атомные электростанции. Реакции синтеза не производят ни парниковых газов, ни радиоактивных отходов. «Термоядерный синтез, с моей точки зрения, — единственная возможная альтернатива возобновляемым источникам энергии, решить проблему изменения климата, — уверен Биго. — Следующие три-четыре года будут иметь решающее значение».

Перевод: А.П. Кузнецов



Температурный градиент. Внутри ITER будет находиться одно из самых горячих мест во Вселенной — вакуумный сосуд, в котором неистовствует плазма с температурой 150 млн градусов Цельсия, а также одно из самых холодных мест во Вселенной: магниты, которые будут удерживать эту плазму и управлять ей, должны охлаждаться до температуры около 4 Кельвинов (-269°C). Их разделяет покрытое бериллием стальное «одеяло», или, как говорят физики, бланкет, экранирующий эти секции друг от друга, который будет крепиться к внутренней стенке вакуумной камеры с помощью заглушек, в настоящее время закрытых желтыми колпачками, которые защищают их от пыли.



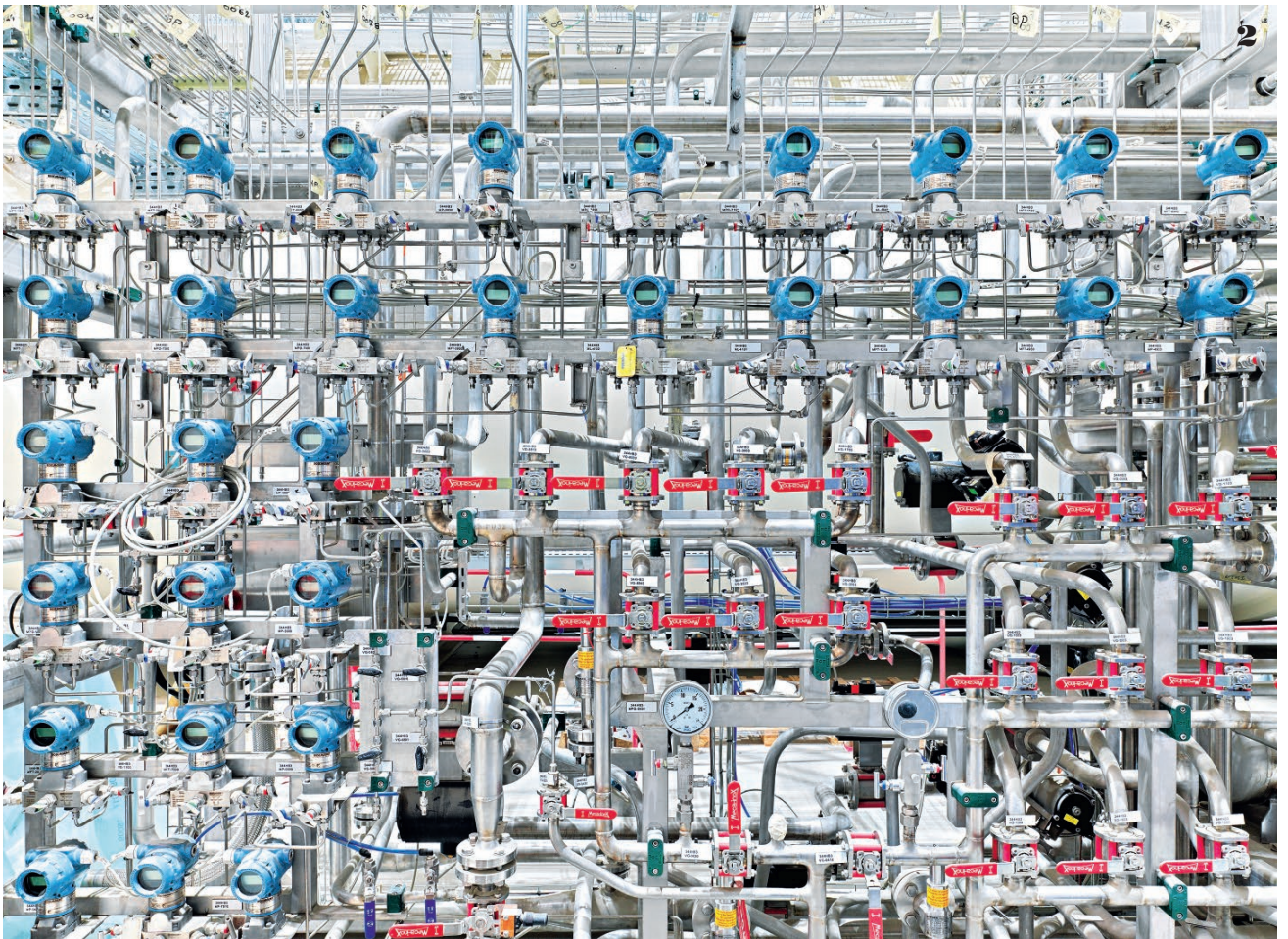
Самая большая в мире. Камера токамака, если смотреть сверху (1) и из середины (2), представляет собой цилиндр, в котором будет проходить эксперимент ITER. Слово «токамак» — аббревиатура от русскоязычного термина «тороидальная камера с магнитными катушками» в рамках концепции, впервые разработанной физиком Игорем Головиным в 1957 г. Токмак ITER будет самым большим из когда-либо построенных, вдвое больше, чем самый крупный из действующих в настоящее время. Основание машины было опущено внутрь камеры в июле 2020 г., что ознаменовало начало сборки проекта на площадке на юге Франции. Площадка финансируется Европейским союзом, который оплачивает почти половину общей стоимости проекта; вкладом Европы управляет компания Fusion for Energy («Синтез для энергетики»; полное название — «Европейское совместное предприятие по ITER и развитию термоядерной энергии»).





Пустой резервуар. Вакуумная камера реактора будет собрана из шести сегментов, каждый из которых построен в Южной Корее или Италии. Огромные стальные секции нужно было доставить на судне в порт Фос-сюр-Мер неподалеку от Марселя, откуда их перевезли по стокилометровой дороге, ведущей на северо-восток, к площадке ITER. Теперь, когда первые детали прибыли, рабочие установят в них магниты и термозащитные экраны, а затем опустят в камеру токамака (1).

Глубокое охлаждение. Сверхпроводящие магниты в реакторе могут работать только при сверхнизких температурах, близких к абсолютному нулю, которые будут поддерживаться жидким гелием, циркулирующим через криогенные насосы. Операторы управляют системой с помощью сложного набора ручных клапанов (2) на основе местных показаний давления, температуры и скорости потока. Готовая криогенная установка, построенная подрядчиком, компанией Air Liquide (фр. «Жидкий воздух»), станет крупнейшей в мире гелиевой холодильной установкой (3).





Магнитная ловушка. Термоядерная плазма в ITER будет заключена в оболочку и станет удерживаться системой магнитов, включая шесть кольцевых сверхпроводящих магнитов полоидального поля (показаны здесь), которые будут крепиться друг к другу по горизонтали, чтобы взять плазму в кольцо. Кроме того, 18 катушек тороидального поля будут окружать машину по вертикали, а один большой центральный соленоид будет располагаться посередине. Все вместе это образует самую большую сверхпроводящую магнитную систему из когда-либо построенных. Сверхпроводники позволяют электрическому току течь, не испытывая сопротивления, что даст возможность электронам свободно перемещаться, создавая сильные магнитные поля.

Конструкция магнита. Изготовленные из сплавов ниобия с оловом и ниобия с титаном полоидальные магниты — единственные компоненты ITER, производимые на месте. При диаметре 17–24 м и весе до 400 т каждый они слишком велики, чтобы их можно было построить где-нибудь в другом месте, а затем перевезти. Катушка № 6 полоидального поля показана здесь внутри охлаждающего криостата.



ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Fusion's Missing Pieces. Geoff Brumfiel; June 2012.



ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

СКОЛЬКО ДОЛЖЕН СТОИТЬ CO_2 ?

Эффективное применение математики в сочетании с выбором основополагающей политики поможет в определении адекватного налога для снижения выбросов углекислого газа

Гилберт Меткалф

ОБ АВТОРЕ

Гилберт Меткалф (Gilbert E. Metcalf) — экономист, профессор Университета Тафтса, занимается проблемами экономики климата; научный сотрудник Национального бюро экономических исследований. Автор книги «Плата за загрязнение: почему налог на CO₂ — благо для Америки» (*Paying for Pollution: Why a Carbon Tax Is Good for America*, 2019).



Спросите любого экономиста, как нам следует реагировать на изменение климата, и услышите ответ, что наиболее эффективная стратегия состоит в установлении цены на выбросы парниковых газов, в идеале за счет налога на эмиссию двуокиси углерода. Это отражает основной экономический принцип: отходы, производимые в процессе любой деятельности, имеют стоимость. Мы платим за выброс мусора, за очистку наших сточных вод, и мы должны платить за углекислый газ, который получаем в качестве отходов таких видов деятельности, как сжигание ископаемого топлива.

Мы можем установить плату за загрязнение с помощью налога на выбросы соединений углерода или программы ограничения и торговли квотами на вредные выбросы, как это сделали европейские страны в отношении электростанций и промышленных предприятий.

Согласно политике ограничения промышленных выбросов с применением квот, устанавливается общий эмиссионный лимит (фиксированный максимум). Компании, имеющие небольшие расходы на сокращение выбросов, уменьшают свои выбросы и продают квоты фирмам с высокими затратами, которые продолжают эмиссию, тем временем круг участников не превышает лимита. Следует сказать, что цены в рамках соглашений о торговле квотами

оказались нестабильными и системы нуждаются в строгом надзоре, дабы избежать проблем.

Есть ли причины беспокоиться? Углеродный налог дает более четкое представление о стоимости выбросов, которую оценивает бизнес-сообщество. И в США уже есть хорошо развитая система сбора налогов, которая бесперебойно работает по сбору акцизов на многие виды ископаемого топлива.

По аналогичным причинам экономисты, такие как Грегори Мэнкью (Gregory Mankiw), бывший глава Совета экономических консультантов США при президенте Джордже Буше, активно поддерживали налог за выбросы диоксида углерода. Двухпартийный Руководящий совет по изменению климата, представляющий собой

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Экономисты сходятся во мнении, что налог на выбросы соединений углерода — самый эффективный способ снижения эмиссии углекислого газа. Однако налоги, принятые в отдельных странах, сильно различаются по величине от менее чем \$1 до \$121 за тонну. На моделях в США их значения имеют тенденцию к сближению, колеблясь от \$40 до \$47.
- В центре определения данного налога стоит расчет социальной стоимости диоксида углерода. С этой целью необходимо принять ставку дисконтирования для инвестиций, учитывая вред экономике от выбросов CO₂ и риск потенциальных бедствий.
- Назначая налоговую ставку, руководящие лица, определяющие политику, могут заложить получение доходов, конкретные цели по сокращению выбросов или страхование от катастроф.

Урон долларам

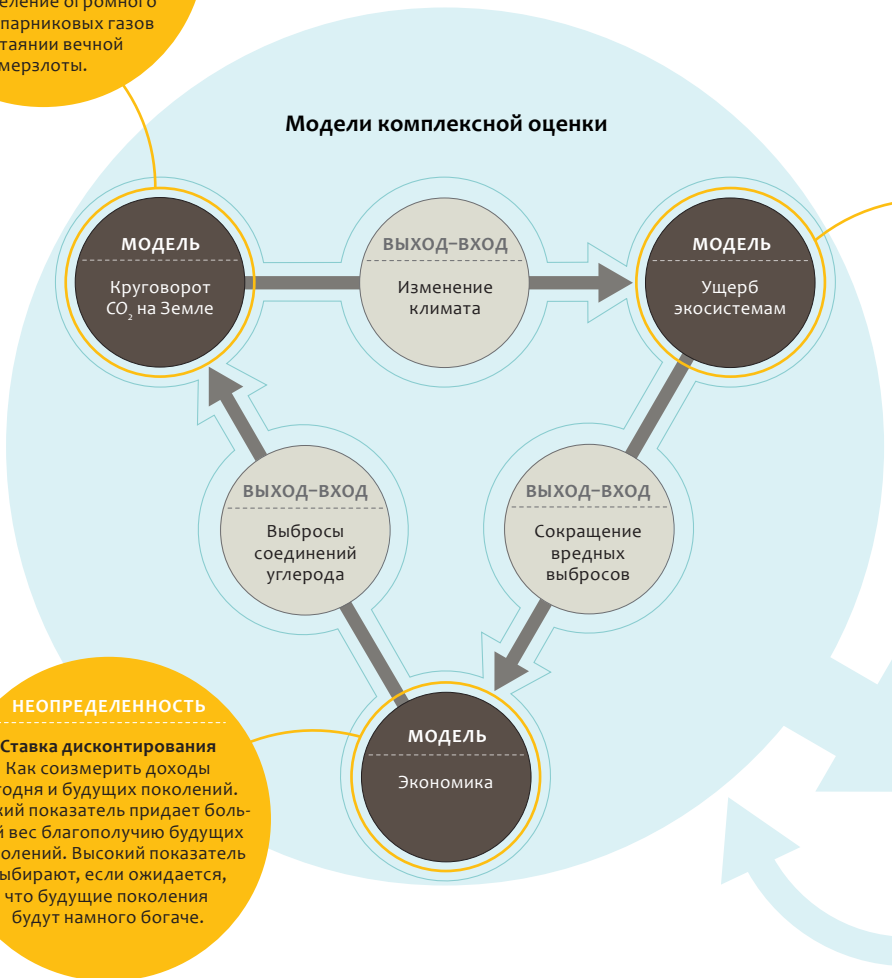
Экономисты используют модели комплексной оценки для расчета оптимальной ставки налога на выбросы — такое-то количество долларов за тонну выбросов двуокиси углерода. На моделях ведется расчет взаимодействия климата и экономики с помощью показателей экономики, мирового круговорота вредных выбросов, полученных в результате экономической деятельности, и ущерба экономике от повышения температуры в атмосфере и в верхних слоях океана. Эксперты также учитывают факторы неопределенности.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ
Катастрофы
Как учесть крайне маловероятное, но весьма разрушительное развитие событий, такое как, например, быстрое таяние приполярных ледяных щитов или выделение огромного объема парниковых газов при таянии вечной мерзлоты.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ
Ущерб
Как измерить ущерб здоровью людей, сельскому хозяйству и т.д. Начинается с расчета равновесной чувствительности климата: насколько повысится температура при увеличении выбросов парниковых газов.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ
Ставка дисконтирования
Как соизмерить доходы сегодня и будущих поколений. Низкий показатель придает больший вес благополучию будущих поколений. Высокий показатель выбирают, если ожидается, что будущие поколения будут намного богаче.

ОТВЕТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ
Назначение ставки налога на выбросы CO₂



институт международной политики, опубликовал в 2019 г. заявление, в котором утверждается, что «налог на эмиссию CO₂ представляет собой самый надежный рычаг высокоорентабельного сокращения выбросов соединений углерода, обеспечивая необходимые масштабы и скорость исполнения». На момент написания этой статьи заявление подписали 3589 экономистов, в том числе три бывших председателя Федеральной резервной системы, ныне здравствующие, 27 нобелевских лауреатов и 15 бывших председателей Совета экономических консультантов. Отношение к вопросам изменения климата стало главной

темой президентской кампании в США, и в конгрессе рассматриваются восемь законопроектов, один из которых насчитывает 80 соавторов, чтобы определить цену нашего загрязнения окружающей среды углекислым газом.

Однако отметим, что введение налога на выбросы CO₂ вызовет большой политический подъем. Если действительно откроются двери в этом направлении, климатологи, экономисты и политики должны быть готовы к атаке. Следует сделать верный шаг с первого раза. И нужно будет объяснять, почему конкретная ставка налогообложения признана допустимой.

Определение этой ставки не вызывает труда: установить налог на тонну CO_2 в размере ущерба, причиненного его выбросами. Но как правильно оценить ущерб?

Ущерб от выбросов

Экономисты обычно рассчитывают ущерб, нанесенный в результате негативных влияний изменения климата, с помощью моделей комплексной оценки (МКО) — масштабных компьютерных моделей, фиксирующих взаимосвязь экономики и климата. Они используют ряд уравнений, которые характеризуют мировую экономику, глобальную циркуляцию выбросов CO_2 , происходящих вследствие хозяйственной деятельности, и ущерб, вызванный повышением температур в атмосфере и в верхних слоях океана. Эти модели настолько важны, что в 2018 г. Нобелевская премия по экономике была присуждена экономисту Йельского университета Уильяму Нордхаусу (William D. Nordhaus) за его новаторскую работу в данной области.

Такие модели, как динамическая комплексная модель климата и экономики (*DICE*) Нордхауса, стали оказывать влияние на анализ государственной экономической политики. Администрация Барака Обамы использовала три МКО, включая *DICE*, для определения стоимости в долларах, которую правительство должно использовать в анализе затрат и выгод для предлагаемых новых нормативных актов, включая ужесточение в 2011 г. норм экономии автомобильного топлива.

Модели, кажется, отвечают на вопрос о том, как установить правильную ставку налога на выбросы диоксида углерода. Но оценочные показатели ущерба зависят от увязки нескольких ориентировочных расчетов, в которых заложена большая неточность. Встают проблемы. Во-первых, это сопоставление доходов нынешнего и будущих поколений; для этого нам нужна ставка дисконтирования, она также играет важную роль в выработке многих политических решений, таких как установление налога на нужды социального обеспечения или финансирование крупных проектов капитального строительства. Во-вторых, это измерение ущерба от наших выбросов CO_2 . В-третьих, принципиален вопрос, как учитывать возможность долгосрочных последствий низкой вероятности, но с высокой степенью ущерба — так называемых катастроф.

Расчеты оптимальной налоговой ставки могут изменяться в широких пределах

в зависимости от того, как трактовать разные факторы. В конце концов, МКО могут дать нам надежную отправную точку для вычисления налога на выбросы CO_2 в США, но в них есть расхождения по поводу «предпочтительного» размера. Кроме того, мы должны учитывать социальные и политическое давление. Это влияние может быть огромным: 15 европейских стран уже установили налоги на выбросы углекислого газа, и их значения колеблются от \$2 до \$96 при двух крайних значениях — одно менее \$1, а другое равно \$121.

Социальная стоимость диоксида углерода

Идея использования налога для уплаты ущерба обществу насчитывает более 100 лет. Влиятельный экономист из Кембриджского университета Артур Пигу (Arthur C. Pigou) утверждал, что если загрязнение порождает издержки (ущерб) для кого-то, не оплачиваемые производителем загрязнений, то правительство должно ввести налог на загрязняющую деятельность в размере нанесенного ущерба. Пигу, в сущности, протянул так называемую невидимую руку Адама Смита «зеленым» инициативам.

Так, например, при сжигании одной тонны угля образуется примерно две тонны углекислого газа, так как в воздухе соединяются атомы углерода и кислорода. Если убытки с каждой тонны CO_2 , скажем, равны \$50, Пигу предписывает взимать налог в размере \$100 за тонну угля. Таким образом, стоимость угля для общества будет включать в себя стоимость его сжигания — это социальная стоимость углерода (*SCC*). Чтобы подсчитать эту стоимость, нам нужно прибегнуть к МКО. Возьмем модель Нордхауса.

Нордхаус опубликовал свой первый отчет о модели *DICE* в 1992 г. По его тогдашним оценкам, в 2015 г. показатель *SCC* должен был составлять \$4,54 за тонну углекислого газа. Когда же наступил 2015 г., после обновления модели он повысил ставку до \$31. При условии оптимальной политики *SCC*, скорее всего, вырастет до размера чуть более \$100 за тонну к 2050 г. и до \$265 к 2100 г. (Все показатели указаны в долларах на 2010 г.)

Эти предварительные данные находятся в среднем расчетном диапазоне основных МКО. Например, когда администрация Обамы определяла *SCC* с целью проведения оценки новых нормативно-правовых актов, она использовала модель *DICE* наряду с двумя другими известными моделями: *FUND* и *PAGE*. Данные на 2050 г., рассчитанные по модели *FUND*, были примерно вдвое

меньше, чем по модели *DICE*, а оценки по *PAGE* — почти вдвое больше.

Эти показатели выглядят убедительно, но экономист из Массачусетского технологического института Роберт Пиндик (Robert Pindyck) утверждает, что модели комплексной оценки неприемлемы, потому что сопряжены со слишком большой неопределенностью. Его точка зрения экстремальна, но мы должны серьезно отнестись к проблемам, поднятыми им и другими учеными. Давайте рассмотрим три ключевых допущения МКО, которые могут сильно повлиять на SCC: ставку дисконтирования, функцию ущерба и потенциальные катастрофы.

Учет будущих поколений

Любое решение об издержках и выгодах, которые не совпадают по времени, требует введения учетной ставки. Рассмотрим ценный вклад, по которому через десять лет мне заплатят \$1 тыс. Сколько стоит этот актив сегодня? Предположим, я мог бы положить немного денег на счет, приносящий доход в размере 3% в год. При начислении сложных процентов вложенные сегодня \$744 за десять лет вырастут до \$1 тыс. Другими словами, будущая, полученная через десять лет, стоимость в \$1 тыс. составляет сегодня \$744. Точнее говоря, настоящая дисконтированная стоимость \$1 тыс. на десять лет составляет \$744 при дисконте 3%.

Когда правительствам необходимо выбрать учетный процент, они иногда пользуются величиной доходов, которые люди ожидают получить на инвестиционном рынке. Например, Административно-бюджетное управление США, как правило, рекомендует семипроцентную дисконтную ставку для оценки государственного регулирования, поскольку это примерная окупаемость капиталовложений в частном секторе за последние годы.

Для долгосрочных проектов разница между семипроцентной скидкой и трехпроцент-

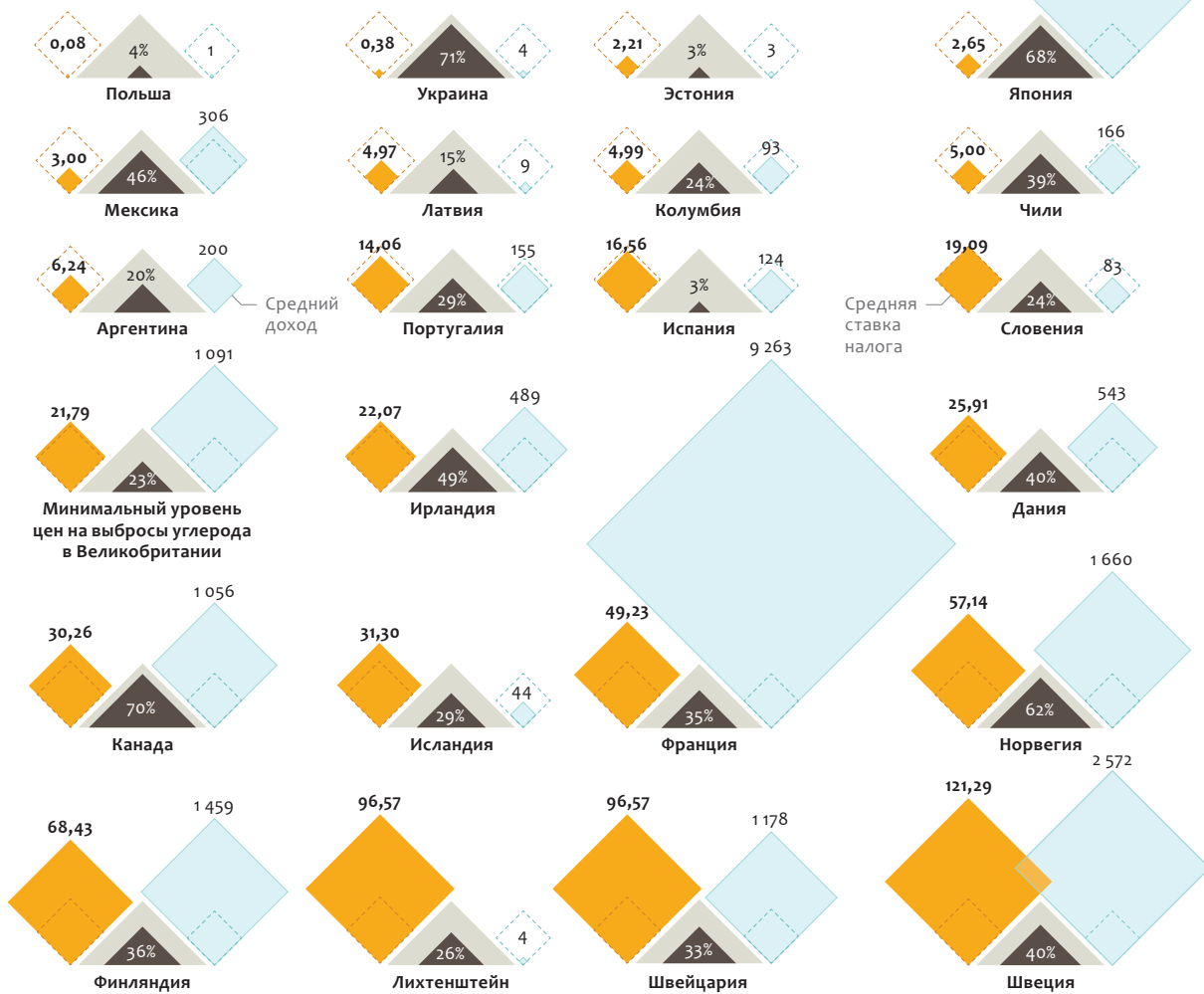
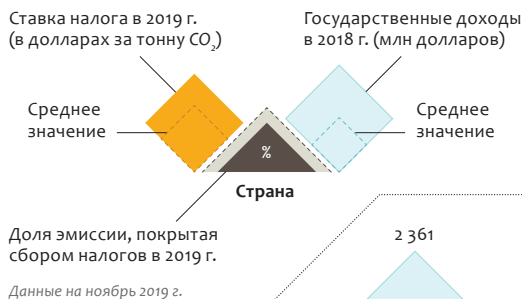


ной скидкой огромна. Современная дисконтированная стоимость \$1 млн на 250 лет составляет 4,5 цента при ставке 7%, а при 3% ее значение на сегодня составляет \$618. Чем выше учетная ставка, тем меньше мы должны потратить в настоящем, чтобы уменьшить будущие выбросы.

Дисконтирование на уровне 7% представляется целесообразным для государственных проектов, которые рассчитаны на 5–15 лет, но не подходят для мероприятий, связанных с изменением климата, где доход от сегодняшних инвестиций мог бы работать в течение 200 или более лет. Но поскольку люди, как правило, не делают инвестиций в расчете на 200 лет, не существует и соответствующей рыночной ставки. Это верно даже в отношении государственных капиталовложений в инфраструктуру. Большинство таких проектов, как, например, канал Эри, имеют срок эксплуатационной службы 50–100 лет до того, когда объекты нужно будет перестраивать или отказываться от них ввиду технической

Неразбериха с налогами на CO₂

Два десятка стран уже ввели налоги на выбросы соединений углерода, причем размер ставок изменяется в широком диапазоне от \$0,08 в Польше до \$121 в Швеции. Все страны применяют налог только к проценту от их общих выбросов, а некоторые налоги — только к определенным видам ископаемого топлива. Различия объясняются, скорее всего, политическим давлением. На главных моделях в США предлагается обложение налогом от \$40 до \$47, но страна пока не прибегла к исполнению ни одного плана.



отсталости (в случае данного канала произошла переориентация на железную дорогу, а затем на скоростные шоссе).

Если рыночные ставки не служат верным ориентиром, то, вероятно, мы можем применить экономическую теорию. Экономист Фрэнк Рэмси (Frank Ramsey), коллега Пигу, утверждал, что дисконтная ставка в долгосрочной перспективе должна учитывать два положения. Первое касается решений

нравственного порядка, отражающих отношение к разным поколениям. Оно опирается на низкую ставку дисконтирования на том основании, что мы не должны относиться к будущим поколениям иначе, чем к современникам. Согласно второму, дисконтная ставка должна учитывать изменение доходов с течением времени; чем богаче будущие поколения по сравнению с нами, тем меньше мы должны чувствовать себя

вынужденными нести расходы сейчас ради их обеспечения в будущем. Второй подход ведет к принятию высокой учетной ставки.

В 2006 г., принимая во внимание оба эти положения, британский экономист Николас Стерн (Nicholas Stern) написал обзор изменения климата, чтобы передать его на рассмотрение правительству США. В его докладе был сделан вывод, что правильная ставка дисконтирования в целях разработки климатической политики должна была составлять тогда 1,4%. При таких условиях \$1 млн через 250 лет стоит сегодня почти \$31 тыс., что намного больше \$618, вычисленных с использованием трехпроцентной дисконтной ставки. Опираясь на свои расчеты, Стерн утверждал, что затраты на изменение климата в пять раз превышают затраты на сокращение выбросов. Обзор Стерна оказал большое влияние во всем мире на формирование представления о необходимости значительного и быстрого сокращения выбросов в настоящее время.

С практической точки зрения мы должны скорректировать подходы, которые приводят к высоким и низким ставкам дисконтирования. Один из подходов к разрешению вопроса состоит в том, что учетная ставка не должна оставаться постоянной с течением времени; она должна снижаться. Если неопределенность в отношении будущего дохода возрастает по мере нашего продвижения в будущее, тогда нам необходим коэффициент предосторожности. Экономист из Гарвардского университета Мартин Вейцман (Martin Weitzman), недавно ушедший из жизни, привел доводы, что в ближайшем будущем следует использовать ставку дисконтирования в 4%, тогда как в отдаленном (от 76 до 300 лет) — 1%, причем снижая ее постепенно в течение ряда промежутков времени.

В конце концов, экономисты не имеют четких инструкций по определению «лучшей» дисконтной ставки отчасти из-за различных морально-этических позиций сменяющихся поколений. Следует отметить, что небольшие изменения дисконтной ставки могут привести к значительным изменениям социальной стоимости диоксида углерода, а это важный фактор, влияющий на установление налога на выбросы.

Неопределенность ущерба

Вторым фактором неопределенности в установлении цены на углерод считается ущерб, наносимый экономике выбросами CO_2 . В модели *DICE* потери, грубо говоря, зависят

от квадрата повышения температуры. Этот подход условен, если связан с комплексным влиянием потепления, как, например, при снижении продуктивности в сельском хозяйстве, повышении показателей смертности от жары и болезней, исчезновении видов, геополитических рисках, таких как миграции населения, вызванные засухой, и т.д.

Нордхаус, как и другие разработчики МКО, выводил свою функцию экологического ущерба исходя из анализа имеющихся публикаций. Это хорошие новости, поскольку ученые добились большого прогресса в измерении ущерба, нанесенного изменением климата. Но никто не может учесть все вероятные потери. В качестве поправки Нордхаус увеличил свои расчетные оценки ущерба на одну четверть. Согласно его подсчетам, всемирный ущерб оценивается как 8,5% совокупного дохода при повышении температуры на нашей планете на $6^\circ C$. Для сравнения: ВВП США упал более чем на 25% во время Великой депрессии с 1929 г. по 1933 г.

У ученых есть методы количественной оценки возможного большого повышения температуры. В 1896 г. шведский химик Сванте Аррениус (Svante Arrhenius) провел серию всесторонних измерений, чтобы удостовериться, что удвоение концентрации CO_2 в атмосфере может нагреть Землю на $4^\circ C$. Эта зависимость, теперь известная как равновесная чувствительность климата, оказалась удивительно долговременной. К сожалению, уменьшение сопряженной неопределенности продвинулось слабо. В пятом оценочном докладе (самом последнем) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) говорится, что равновесная чувствительность климата «вероятна в диапазоне от $1,5^\circ C$ до $4,5^\circ C$, весьма маловероятна ниже 1° и наиболее маловероятна выше $6^\circ C$ ». Но амплитуда колебаний ущерба в диапазоне от $1,5^\circ C$ до $4,5^\circ C$ огромна. Разработчики МКО могут справиться с такой неопределенностью, повторяя тысячи раз расчеты на модели и изменяя ключевые параметры. Затем они сообщают средневзвешенные оценки, а также верхние и нижние границы значений руководящим лицам, чтобы понять диапазон неопределенности в отношении значений SCC.

Такое положение не вполне удовлетворяет. Вейцман пояснил, что существует «тревожный уровень вероятности» того, что равновесная чувствительность климата может быть выше $4,5^\circ C$. Здесь наступает область чрезвычайных последствий.

Цена катастроф

Катастрофы — это происшествия малой вероятности, приносящие большой урон. Вейцман привел длинный список «известных неизвестных», которые могут закончиться катастрофами, таких как, например, быстрое повышение уровня моря в итоге таяния ледяных щитов Гренландии и Западной Антарктиды или значительных изменений общей океанической циркуляции. Он также рассмотрел «неизвестные неизвестные», такие как неуправляемый рост климатических ответных реакций, которые еще не изучены. Одним из примеров может служить размораживание всей вечной мерзлоты на Земле в результате потепления, при этом происходит мощнейший нагрев во время освобождения огромного количества CO_2 и метана. И это не просто науковедческий разговор. Инвестиционная компания *JPMorgan Chase* недавно опубликовала отчет для клиентов банка, в котором предупреждает: «Мы не можем исключать катастрофические последствия, когда человеческая жизнь, как мы знаем, находится под угрозой».

На графике нормальное распределение вероятного повышения температуры было бы похоже на горб: низкий «хвост» слева (маловероятно), переход к высокому подъему в середине (наиболее вероятно), и низкий «хвост» справа (маловероятно). По мере углубления наших знаний об ответной реакции климата на наши вредные выбросы мы можем уточнить это распределение. По-видимому, распределение будет «жирнохвостым» — имеется в виду, что повышение вероятности очень большого скачка температуры (хвост справа) падает до нуля медленнее, чем при нормальном распределении. Это создает фундаментальную проблему для МКО, которую Вейцман назвал «удручающая теорема»: общество должно быть готово заплатить бесконечно большую сумму, чтобы избежать маловероятных событий, сулящих высокий ущерб, потому что ожидаемый ущерб неизмеримо велик. Очевидно, что общество не может этого сделать.

Вейцман был не совсем уверен в том, что делать со своей теоремой. Он утверждал, что исследователи должны больше сосредоточиться на понимании катастрофических событий, чтобы уменьшить нашу неточность знания относительно их вероятности и последствий. Эти знания могут дать больше информации, чтобы сделать оптимальный выбор политики, необходимой для должного реагирования на возможные катастрофы.

Как двигаться дальше

Тем временем нам необходимо определить социальную стоимость выбросов углекислого газа и ставку налога на них. Неопределенность в отношении оценки ставки дисконтирования, ущерба, чувствительности климата и возможных катастроф означает, что любые расчеты SCC неопределенны. Единственное, что мы можем сказать наверняка: SCC должна быть больше нуля; любое загрязнение имеет цену. Отрадно видеть более тесное сотрудничество экономистов и ученых, о чем свидетельствует назначение редактора по экономике в научный журнал *Nature*, — таким образом снизится степень неопределенности.

Для представителей правительственных структур модели комплексной оценки могут стать отправной точкой при установлении шкалы ставок налога на CO_2 на следующие несколько десятилетий. Например, три модели, которые правительство США использовало в 2016 г. для анализа возможных нормативных актов, стали основой ряда расчетов SCC в 2020 г. Если принять ставку дисконтирования в 3%, по модели Нордхауса *DICE* средняя ставка налога в 2020 г. определялась в размере \$47 за тонну диоксида углерода. Средние оценки по двум другим моделям составляли \$23 и \$84.

Ставка, определенная по модели Нордхауса, очень близка по величине к \$40, предложенным Руководящим советом по изменению климата. Она также близка к средней начальной ставке налога, отмеченной в семи законопроектах по налогу на выбросы CO_2 , поданных в конгресс. В базовых расчетах совета налоговая ставка должна увеличиваться на 5% каждый год, поэтому величина налога достигнет \$65 в 2030 г. и \$173 в 2050 г. Экономическая модель, созданная в Стэнфордском университете, и организация «Ресурсы для будущего» (*Resources for the Future*) дают основание полагать, что предложение Руководящего совета по изменению климата могло бы обеспечить немедленное сокращение выбросов на 18%, а к 2035 г. — на 50% по сравнению с экономикой США без установления цены на CO_2 . Эта инициатива позволила бы стране к середине столетия сбросить углеродное бремя.

Данный налог также мог бы приносить большой доход федеральному правительству. Согласно исследованию Казначейства США, налог на выбросы диоксида углерода такого уровня мог бы поднять сборы до более чем \$1,5 трлн в течение следующего

десятилетия после учета убытков в бизнесе и доходов от сборов налогов. Концентрация внимания на доходах — это госбюджетный аргумент в пользу налога, который мог бы привлечь политических деятелей Конгресса США, так как рано или поздно им понадобятся средства для покрытия растущего бюджетного дефицита. Или доход мог бы пойти на оплату некоей инфраструктуры без выбросов углерода, востребованной в новом экологическом курсе. Однако такой подход сосредоточен на роли углеродного налога скорее как финансового инструмента, а не как экологического. Правительство может также вернуть доходы от налога на выбросы углекислого газа домашним хозяйствам через «углеродный дивиденд», как предложил Руководящий совет по изменению климата.

Другая стратегия может быть сосредоточена на сокращении эмиссии, а не на потенциальном доходе. В конце концов, налогообложение CO_2 на самом деле не гарантирует определенного сокращения его выбросов, хотя повышение их стоимости определенно приведет к их снижению. Например, экономисты используют модель экономики США, которая показывает, что начиная с 2019 г. налог в \$43 за тонну был бы достаточен для того, чтобы США достигли цели по сокращению выбросов на 28% к 2025 г., указанной в Парижском соглашении.

В качестве альтернативы налог на выбросы CO_2 можно вполне рассматривать как страховую полис от катастроф. Налог не может устранить риск, но мог бы помочь его уменьшить. Мы могли бы назвать это эффектом Гранд-Каньона. Если вы стоите на краю Гранд-Каньона, любясь видом, то рискуете потерять равновесие и упасть с обрыва от внезапного порыва ветра. Делая шаг назад, вы уменьшаете этот риск. Замедляя темпы эмиссии, мы снижаем риск катастрофического климатического явления.

Применяя комплексный подход, можно было бы устанавливать налог на CO_2 и периодически обновлять ставку налога в зависимости от того, насколько США продвинулись в сокращении эмиссии. Однако обновление проблематично. Введение налога на выбросы углекислого газа обернется политической борьбой в конгрессе. Однажды приняв решение, конгресс вряд ли будет иметь желание периодически возобновлять дебаты, пересматривая и корректируя шкалу ставок налогообложения. Мы можем избежать такой ситуации, введя

«политический термостат» в первоначальное законодательство. Например, в законодательство могут быть включены четкие цели по сокращению выбросов на 10 и 20 лет и процесс автоматической корректировки налоговых ставок, если у страны нет намерения самой выполнить эти задачи. США используют такой подход в ряде предложений по углеродным налогам.

Если США продвигаются вперед с налогом на выбросы CO_2 , они должны рассмотреть важные вопросы проектирования. Что делать с налоговыми поступлениями? Как стимулировать улавливание и изъятие диоксида углерода? Стоит ли облагать этим налогом импортные товары, производство которых сопряжено с выбросами CO_2 ? И планируется ли политическая уступка в смягчении некоторых экологических норм в обмен на налог?

Потребуется также принятие дополнительных мер. Некоторые источники парниковых газов могут избежать налогообложения и стать более экономически эффективными, подвергнувшись нормативным распоряжениям. Один из примеров — выбросы метана на нефтяных и газовых месторождениях. Попытка измерить их и обложить налогом нереальна; технологии, предусматривающие уменьшение утечки, более эффективны. Кроме того, нам потребуется больше средств для НИОКР, чтобы изобрести и выпустить на рынок доступные технологии с нулевым уровнем выбросов двуоксида углерода и, вероятно, рентабельные технологии улавливания и хранения углекислого газа.

Сейчас крайне важно установить цены на наши вредные выбросы. И вот простая причина того, почему это необходимо: 2019 г. был вторым самым жарким годом в мире, а последние пять лет были самыми жаркими за последние 140 лет. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

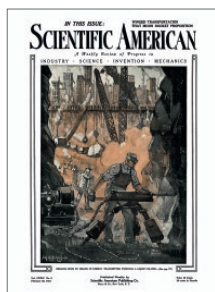
- Revisiting the Social Cost of Carbon. William D. Nordhaus in Proceedings of the National Academy of the Sciences USA, Vol. 144, No. 7, pages 1518–1523; February 14, 2017.
- On the Economics of a Carbon Tax for the United States. Gilbert E. Metcalf. Brookings Papers on Economic Activity, Spring 2019.



ФЕВРАЛЬ 1971

Архитектура компьютеров.

«Компьютер *ILLIAC IV*, работа над которым близится к завершению, — уже четвертое поколение линейки машин, задуманных и разработанных в Иллинойском университете. *ILLIAC I*, ламповая машина, построенная в 1952 г., могла выполнять 11 тыс. арифметических операций в секунду. *ILLIAC II*, транзисторно-диодный компьютер 1963 г., мог выполнять 500 тыс. операций в секунду. *ILLIAC III* — специальный компьютер, разработанный для автоматического сканирования больших объемов визуальных данных. *ILLIAC IV*, в котором использована новейшая технология полупроводников, на самом деле представляет собой батарею из 64 отдельных компьютеров, способных выполнять от 100 до 200 млн команд в секунду. В отличие от своих предшественников, решающих задачи, последовательно выполняя серию команд, *ILLIAC IV* способен одновременно выполнять до 64 вычислительных операций. Для эффективного использования такой структуры нужно иметь возможность представить задачу в форме, допускающей параллельные, а не только последовательные вычисления». — Дэниел Слотник (Daniel L. Slotnick).



ФЕВРАЛЬ 1921

Ракетостроение побеждает.

«Значение многозарядной ракеты для высотных исследований очевидно при понимании того, что кроме выстрела из пушки, создающей слишком большие силы, которым не могут противостоять хрупкие приборы, этот метод — единственный, не требующий наличия воздуха. Что касается полетов там, где гравитационное воздействие Земли перестает быть преобладающей силой, самым острым оказался вопрос, зачем вообще это нужно, даже если физически и возможно. Этот вопрос ведет к другим: "Как вы собираетесь вернуть то, что отправлено таким образом?", "Как может любой доброволец вернуться?" Да и скорости 972 км/с не удастся достичь на высоте менее 1126,5 км, на которой должен существовать практически полный вакуум». — Роберт Годдард (Robert Hutchings Goddard).

Четыре измерения бытия. Из эссе автора под псевдонимом «Зодиак» (Линдон Болтон из Лондона), выигравшего премию Юджина Хиггинса в \$5 тыс.: «Длины и промежутки времени не имеют абсолютного характера, который им приписывался ранее. Наблюдатель видит их как связи между объектом

и наблюдателем, которые изменяются по мере изменения движения объекта относительно него. Время больше нельзя рассматривать вне зависимости от местоположения и характера движения, и весь вопрос в том, что такое действительность. Единственно возможный ответ заключается в том, что объекты необходимо рассматривать как существующие в четырех измерениях, три из которых — обычные длина, ширина и толщина, а четвертое — время».



ФЕВРАЛЬ 1871

Продажа диких животных.

Торговля птицами процветает. Ежегодно в США завозят более 40 тыс. канареек и, вероятно, еще 10 тыс. выращивают на месте. Количество импортируемых ежегодно снегирей, щеглов, дроздов, малиновок и жаворонков доходит до 500–600.

Каждый год в Штаты привозят 3 тыс. яванских воровьев, и столько же попугаев продается только в одном Нью-Йорке. Вьюрковые ткачики и другие редкие виды — дефицит, их нечасто поставляют более 100–200 штук в год. Австралийские длиннохвостые попугаи и неразлучники идут вслед за обычными попугаями в списке относительной популярности.

Смертельный груз. Пароход «Англия», вышедший из Куинстауна 13 января с 300 пассажирами на борту, был вынужден вернуться из-за того, что во время сильного шторма в трюме разбилось несколько бочек с отбеливающим порошком. Разбушевавшееся море накрыло корабль, и вода высвободила газообразный хлор в таких количествах, что все почти задохнулись. Были предприняты попытки выбросить порошок за борт, но в трюме оказалось невозможно находиться достаточно долго, чтобы зацепить крюки. Капитан решил как можно быстрее вернуться в порт. ■



Недавно разработанный гибкий стальной гидравлический шланг передает силу жидкости на буровой инструмент, повышая его универсальность, 1921 г.

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 Mrak
 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

© 2021 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

по РФ и странам СНГ:

ООО «Урал-Пресс»,
www.ural-press.ru
 СНГ, страны Балтии и далее зарубежье:
 ЗАО «МК-Периодика»,
www.periodicals.ru
 РФ, СНГ, Латвия:
 ООО «Агентство "Книга-Сервис"»,
www.akc.ru

Читайте в следующем номере

Настоящий дилофозавр

Наиболее полное исследование культового героя «Парка юрского периода» показывает, что в реальности это животное существенно отличается от того, которое изображено в фильме.

Слишком большие для Вселенной

Древние скопления галактик, похоже, росли так быстро, что нарушали законы космоса.

Марс в динамике

За 15 лет своей работы автоматическая межпланетная станция *Mars Reconnaissance Orbiter* изменила наши представления о Красной планете.

Иммунный хаос COVID-19

Вирус процветает, подрывая систему химической защиты организма.

Реальное число погибших от COVID-19

Президент Трамп и другие сторонники конспирологических теорий заявляли, что количество жертв пандемии преувеличено. Однако три вида доказательств подтверждают более чем 250 тыс. смертей — и это число растёт с каждым днем.

Злокачественные мошенники

Клетки сосуществуют в сотрудничестве. Когда какие-то из них нарушают правила, результатом становится рак.

Пик воды

Данные, полученные с самых высоких гор Земли, показывают, что ситуация с водоснабжением 2 млрд человек меняется.



В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

1/2 2021

12+

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭПИДЕМИИ // ФИЗИКА И ЛИРИКА ВЛАДИМИРА ЗАХАРОВА

ПРОТИВОСТОЯТЬ ДЕЗИНФОРМАЦИИ

Как защитить социум от страха, лжи и разобщенности



ISSN 0208-0621



21001



9 770208 062001 >