

СПЕЦВЫПУСК

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

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

11.2019

12+

# ИСТИНА, ЛОЖЬ И НЕЯСНОСТЬ



В ПОИСКАХ РЕАЛЬНОСТИ В СМУТНЫЕ ВРЕМЕНА

ПЛЮС

**УВАЖАТЬ  
В ПАЦИЕНТЕ ЧЕЛОВЕКА**

Академик Александр Чучалин  
о краеугольных принципах биоэтики





4



6

## Темы номера

### СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК:

#### ИСТИНА, ЛОЖЬ И НЕЯСНОСТЬ

4

Почему, живя в одной Вселенной, мы столь по-разному воспринимаем действительность?

#### ЧАСТЬ 1. ИСТИНА

6

##### ФИЗИКА

#### Практически реальность

*Джордж Массер*

Насколько близко физика может привести нас к действительно фундаментальному пониманию мироздания?

##### МАТЕМАТИКА

#### Игра чисел

*Келси Хьюстон-Эдвардс*

Философы не могут сойтись во мнении, существуют ли математические объекты в реальности или они чистая выдумка

##### НЕЙРОБИОЛОГИЯ

#### Наша внутренняя вселенная

15

*Анил Сет*

Реальность создается нашим мозгом, и у каждого человека она своя

## СОДЕРЖАНИЕ

Ноябрь 2019

8

#### ЧАСТЬ 2. ЛОЖЬ

32

##### ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

#### Ложь в дикой природе

34

*Барбара Кинг*

Человек разумный — не единственное существо на Земле, способное врать: мир животных изобилует обманщиками

##### НАУКА О СЕТЯХ

#### Почему мы верим лжи

40

*Кэйлин О'Коннор и Джеймс Оуэн Уэтеролл*

Самая эффективная ложная информация начинается с зерен правды

##### ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА

22

#### Заразная коррупция

50

*Дэн Ариели и Химена Гарсиа-Рада*

Нечестность порождает нечестность, и неэтичное поведение быстро распространяется в обществе

92



98



## ЛОЖЬ

## НЕЯСНОСТЬ



32

58

### ЧАСТЬ 3. НЕЯСНОСТЬ

#### НАУКА О ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

##### Трудные решения

*Барух Фишхофф*

Как мы принимаем решения при недостатке информации и в ситуациях неясности

#### НАУКА О ДАННЫХ

##### Увидеть неопределенность

*Джессика Халлман*

Как с помощью методов визуализации данных изучать процессы, в основе которых лежит неопределенность

#### СОЦИАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

##### Радикальные изменения

*Майкл Хогг*

Неуверенность в себе вызывает у людей потребность в сильной идентификации с группой и в поиске лидера

#### КОММУНИКАЦИЯ

##### Новый мировой беспорядок

*Клэр Уордл*

Склонность не задумываясь делиться информацией может быть использована для распространения дезинформации

#### БИОЭТИКА

##### Дело, которому ты служишь

*Ольга Беленицкая*

Академик **Александр Чучалин** — о российском вкладе в биоэтику

86



##### 58 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

##### Искусственный интеллект обучит себя сам

*Наталья Лескова*

В стенах НИЦ «Курчатовский институт» рождается искусственный интеллект нового поколения

92



#### ГЕОЛОГИЯ

##### 68 Дыхание железа

*Наталья Лескова*

Откуда в Сибири так много железа, в чем его особенности и как с ним работать?

98



#### ФИЗИКА

##### 72 Дальше «Радуги»

*Наталья Лескова*

Физики из Томского политехнического университета создают уникальные массивные установки

104



## Разделы

От редакции

3

Технофайлы

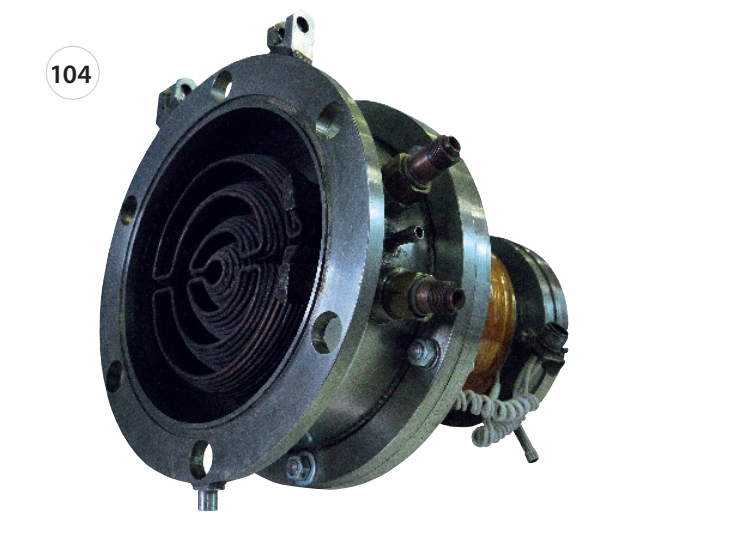
110

50, 100, 150 лет тому назад

112

34

104



# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

## Наши партнеры:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ



Сибирское отделение РАН



очевидное  
невероятное



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



## Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

## Главный редактор:

В.Е. Фортв

## Главный научный консультант:

президент РАН академик А.М. Сергеев

## Ответственный секретарь:

О.Л. Беленицкая

## Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

## Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

## Зав. отделом российских материалов:

О.Л. Беленицкая

## Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

## Обозреватели:

В.С. Губарев, В.Ю. Чумаков

## Администратор редакции:

О.М. Горлова

## Научные консультанты:

к.ф.-м-н В.А. Демин; к.г.-м-н М.А. Рудмин; д.ф.-м-н А.И. Рябчиков; академик А.Г. Чучалин

## Над номером работали:

М.С. Багоцкая, А.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова, И.В. Ногаев,  
А.И. Прокопенко, С.Э. Шаfranовский, А.В. Щеглов

## Дизайнер:

Д.А. Гранков

## Верстка:

А.Р. Гукасян

## Корректур:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортв

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

В.К. Рыбникова

## Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

## Главный бухгалтер:

Ю.В. Калинкина

## Адрес редакции:

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

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

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

## Отпечатано:

ОАО «Можайский полиграфический комбинат», 143200, г. Можайск, ул. Мира, 93,

www.ооомпк.ру, www.ооомпк.рф, тел.: 8 (495) 745-84-28, 8 (4963) 82-06-85

Заказ № 0579

© 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.



**Мариэтт Ди Кристина,**  
главный редактор журнала  
*Scientific American*

## Коммуникация в науке

Научные исследования — это двигатель благополучия человека. На протяжении веков они были движущей силой получения новых знаний и основой благ, которыми мы пользуемся как биологический вид. Но никто из нас не сможет воспользоваться результатами научных исследований, если сначала мы не научимся должным образом устанавливать контакты друг с другом, чтобы делиться этой информацией. При этом нам нужно знать, что она правдивая, и понимать, какие преимущества и недостатки несет в себе это новшество. Если мы не сможем передавать свои знания, прогресс просто остановится.

К сожалению, сегодня мы живем в мире, где такой обмен информацией может быть сопряжен с трудностями. Мнения, построенные на ложных утверждениях, извращенные толкования и неопределенные сведения захлестывают социальные сети, словно тайфун. Противостояние лживой информации представляется сегодня задачей более важной, чем когда-либо. К счастью, наука способна помочь лучше понять, как с этим бороться, о чем вы узнаете из этого номера под названием «Истина, ложь и неясность».

Содержание этого тематического номера охватывает широкий спектр вопросов — начиная с того, что физика может нам рассказать (и не говорит) о реальности и фундаментальных законах Вселенной, переходя к теме о врожденной способности к обману у самых различных животных (а не только людей) и заканчивая тем, каким образом мы продуктивно (и не очень) противостоям неизвестности. Мы

надеемся, что этот специальный выпуск даст вам обильную пищу для размышлений, а чтение его материалов доставит такое же удовольствие, как и нам, когда мы готовили его к печати.

Поддержка более эффективного обмена информацией может не всегда доставлять удовольствие. Но это жизненно важно для того, чтобы обеспечить человечеству лучшее будущее. И представляется уместным, что тема этого номера будет моей последней после 18 лет работы в журнале *Scientific American*, из которых десять лет я

была главным редактором. Когда вы будете читать эти строки, я буду входить в мою новую роль декана Колледжа связи Бостонского университета, моей *alma mater*. Если я все-таки добьюсь успеха в поддержке моих новых коллег и, что еще важнее, студентов, которые сформируют следующее поколение людей, способных эффективно доносить до других информацию, мысли и чувства, то это благодаря моей счастливой судьбе, приведшей меня служить в 174-летней сокровищнице — журнале *Scientific American*.

Работа с редакционной и коммерческой группами, сотрудничество с нашими авторами — учеными, журналистами, с членами консультативного совета журнала, тесное взаимодействие со всеми вами, нашими читателями, были потрясающим опытом. Вы все многому меня научили, и я выражаю вам свою искреннюю благодарность. ■

**Мариэтт Ди Кристина,**  
главный редактор журнала *Scientific American*





# ИСТИНА, ЛОЖЬ & НЕЯСНОСТЬ

8 июля президент Дональд Трамп стоял в восточном крыле Белого дома и выступал с хвалебной речью, в которой отмечалась ведущая роль его администрации в защите окружающей среды. Расположившись между министром внутренних дел Дэвидом Бернхардтом (David Bernhardt), бывшим лоббистом компаний нефтегазового сектора, и главой американского Агентства по охране окружающей среды Андрю Уилером (Andrew Wheeler), бывшим лоббистом угольных компаний, Трамп рассказывал, как его команда управляет общественными землями, прилагает усилия по обеспечению «чистейшего воздуха и чистой воды» и стремится к снижению эмиссии диоксида углерода. В действительности же Трамп открыл миллионы акров для бурения и строительства шахт и пытался дать обратный ход многочисленным законодательным актам по регулированию загрязнения воздуха и воды. Что касается выбросов углекислого газа, они, по оценкам, подскочили в прошлом году на 3,4%, и эта администрация вывела США из Парижского соглашения по климату, в котором участвуют почти все остальные страны мира.

Речь была сюрреалистической, но, очевидно, имела стратегические цели: она прозвучала сразу же после опубликования результатов опросов общественного мнения, показавших, что американцев все больше волнуют вопросы охраны окружающей среды. Остается лишь посмотреть, удастся ли Трампу склонить на свою сторону избирателей, озабоченных вопросами экологии, используя фальшивую риторику, но ясно, что его команда считает это возможным. Воистину, мы живем в интересное время. Как мы сюда забрели и как будем отсюда выбираться?

В этом специальном выпуске журнала *Scientific American* мы намерены изучить вопрос о том, как получается, что, живя в одной Вселенной, мы столь по-разному воспринимаем действительность. Фундаментальная наука освещает глубинные корни этого явления. Даже в физике и математике истина не в полной мере четкая. И все больше свидетельств из области нейрофизиологии показывают, что наше восприятие — не прямое отображение внешнего мира. Вместо этого наш мозг — уникальный у каждого человека — строит догадки относительно действительности, основываясь на сигналах, которые он получает от органов чувств.

И все же не вызывает никакого сомнения то, что факторы, специфичные для нашей современной эпохи, усложняют наше коллективное восприятие, — технические достижения стимулируют искажение истины и делают ложь приемлемой. Социальные сети усиливают токсичность ложной информации до беспрецедентных масштабов. Кибератаки на работу избирательных механизмов и систему регистрации избирателей — угроза не только выборам, но и самой демократии.

Недоверность в мире делает всех нас более уязвимыми для подобного рода акций. Но не все так мрачно и безнадежно. Поняв, как мы на голых инстинктах разбираемся с неизвестным и каким образом злоумышленники эксплуатируют информационную экосистему, мы можем выстроить защиту от оцетинившихся оружием сценариев — и выработать взаимопонимание по этим вопросам, чтобы решить самые острые проблемы общества.

**Сет Флетчер (Seth Fletcher), Йен Шварц (Jen Schwartz)  
и Кейт Вонг (Kate Wong), редакторы выпуска**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Часть 1

ИСТИНА

С. 6

### Часть 2

ЛОЖЬ

С. 32

### Часть 3

НЕЯСНОСТЬ

С. 58

Часть 1

# ИСТИНА





**ПРАКТИЧЕСКИ  
РЕАЛЬНОСТЬ** С. 8

*Джордж Массер*

**ИГРА ЧИСЕЛ** С. 15

*Келси Хьюстон-Эдвардс*

**НАША ВНУТРЕННЯЯ  
ВСЕЛЕННАЯ** С. 22

*Анил Сет*



# ПРАКТИЧЕСКИ РЕАЛЬНОСТЬ

НАСКОЛЬКО БЛИЗКО ФИЗИКА МОЖЕТ ПРИВЕСТИ  
НАС К ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ФУНДАМЕНТАЛЬНОМУ  
ПОНИМАНИЮ МИРОЗДАНИЯ?

*Джордж Массер*



Физика — наверное, одна из немногих сфер человеческой деятельности, где истина четко определена. Законы физики описывают суровую действительность. Они базируются на строгой математической логике и данных экспериментов. Они дают конкретные ответы, а не ведут к бесконечному переливанию из пустого в порожнее. Нет физики специально для вас и специально для меня, она едина и справедлива везде и для всех. Зачастую физика кажется странной, но это хороший признак — она не ограничена предубеждениями. В мире, который может казаться замкнутым со всех сторон, где одни и те же проблемы по кругу толкут как воду в ступе, физика вносит в нашу жизнь реальную новизну и выбрасывает нас из привычной колеи.

Физика — это к тому же фундамент для более широкого поиска истины. Если вы проследите логические цепи построений в других науках, вы в конце концов придете к физике. Достижения физики и ее роль в обосновании других наук стали основой для формирования в широком смысле естественного, или физического, мировоззрения, утверждающего, что все явления имеют физическое обоснование, и такие понятия, как «жизненная сила» или «бесплотная душа», больше не присутствуют в серьезном анализе. Физика не диктует нам, как обустроить нашу жизнь или разрешить острые моральные проблемы, но возводит декорации, на фоне которых мы принимаем решения по этим вопросам.

И хотя на большинство людей физика производит впечатление поиска истины в последней инстанции, самим физикам она такой не представляется. Порой кажется, что всех их одновременно поразил «синдром при творщика». И хотя они могут представить дело так, как будто истина где-то рядом и они в состоянии легко ее отыскать (и они должны это сделать, иначе какой в этом смысл), у них остаются сомнения, которые всплывают на поверхность во время неформальных дискуссий, на конференциях, посвященных общим направлениям их исследований, в активизации усилий с целью получить помощь от философов, а также в книгах и блогах, рассчитанных на широкую публику. Эта



## ОБ АВТОРЕ

**Джордж Массер** (George Musser) — внештатный редактор журнала *Scientific American*, автор книг «Призрачное дальное действие» (*Spooky Action at a Distance*, 2015) и «Путеводитель по теории струн для полных идиотов» (*The Complete Idiot's Guide to String Theory*, 2008).



проблема наиболее остро стоит в фундаментальной физике, и хотя не затрагивает основ, но все же играет в ней чрезвычайно большую роль. Многие физики обеспокоены тем, что Большой адронный коллайдер все еще не открыл миру никаких новых явлений, не представив им основы для того, чтобы сформулировать физические законы следующего уровня. Их заботит, можно ли будет когда-нибудь проверить предложенные теории Великого объединения, такие как теория струн. Одни считают свой предмет чрезмерно перегруженным математикой, другие полагают, что математически он недостаточно строгий. Истина может оказаться неуловимой даже в случае общепризнанных теорий. Квантовая механика — теория, проверенная с максимальной возможной скрупулезностью, однако ее интерпретация остается не до конца ясной.

Ученый, работающий в лаборатории, сталкивается с более конкретными проблемами. Не оборвался ли провод? Нет ли ошибки в программе? Не стал ли результат измерения статистической ошибкой? Но даже эти прозаические заботы могут быть удивительно тонкими, и они не оторваны полностью от основополагающих вопросов физики. Обо всем можно судить, лишь выйдя за рамки привычных знаний.

Многие физики берут на себя этот труд, предполагая, что исследования в их области идут по неправильному пути и что их коллеги слишком зашорены, чтобы заметить это. Однако другие данные говорят, что эфемерность истины — это важный ключ. В отличие от других сфер человеческой жизни трудности в познании истины, с которыми сталкиваются физики, происходят не из-за

притворства, а из-за исключительной честности: полнейшей искренности в отношении ограниченности наших возможностей, когда мы лицом к лицу сталкиваемся с действительностью. Только в противостоянии этой ограниченности мы можем ее преодолеть.

**Опасения в отношении отсутствия** прогресса в физике едва ли новы. Сколько существуют физики, всегда среди них были такие, кто выражал тревогу, что область их исследований столкнулась с непреодолимым барьером. Исследовательская работа, когда она в самом разгаре, — это всегда беспорядочный набор данных. Кажется удивительным, что мы, люди, вообще можем понять действительность, и поэтому любое препятствие на пути может служить хорошим знаком того, что в конечном итоге нас ожидает удача.

На протяжении многих поколений физики разрывались между полной уверенностью и скептицизмом, периодически опуская руки ввиду безуспешности попыток выяснить более глубокую структуру природы и низводя физику к поискам обрывков полезных знаний. На просьбы своих современников объяснить, как работает гравитация, Исаак Ньютон ответил: «Я не конструирую никаких гипотез». Нильс Бор, комментируя один из вопросов квантовой механики, писал: «Наша задача — не проникнуть в суть вещей, смысл которых мы все равно не знаем, а выработать концепции, которые позволят нам продуктивно рассуждать о явлениях природы». Взгляды каждого из них были несколько сложнее: на самом деле Ньютон все же сконструировал несколько гипотез о природе гравитации, а Бор в других случаях заявлял, что

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Может показаться, что физика сосредоточена на объективном установлении фактов. Однако эта область имеет столько же — а возможно, даже больше — трудностей с понятием «истина», как и любая другая дисциплина.
- Квантовая механика, например, предполагает, что частицы не обладают определенной реальностью: в большинстве интерпретаций их свойства неизвестны, пока не проведено измерение.
- В последнее время ученые интересуются тем, как неопределенности в физике влияют на одну из самых больших неопределенностей в науке — вопрос о том, как работает наше сознание.

квантовая теория отражает реальность. В целом, однако, они добились прогресса, отложив в сторону важные вопросы, задавшись целью узнать, почему мир устроен так, а не иначе.

Исторически сложилось так, что физики все же вернулись к этим вопросам. Ньютон не сумел объяснить природу гравитации, но следующие поколения приняли вызов, и вершиной их усилий стала общая теория относительности Эйнштейна. Проблема интерпретации квантовой механики снова встала на повестку дня физики в 1960-х гг. и, хотя так и не была решена до конца, породила практические идеи, такие как квантовая криптография. Но вновь пробудило любопытство физиков чувство того, что, как это сформулировал покойный философ Хилари Патнэм (Hilary Putnam), успех физических теорий был бы поразительным, если бы их не нужно было привязывать к действительности. Кроме того — и это имеет еще большее значение — как бы мы проводили эксперименты, если бы не существовало ничего реального, на чем их можно было бы проводить? Такая точка зрения называется реализмом. Она исходит из того, что сущности, которые мы не наблюдаем непосредственно, а выводим теоретически (атомы, элементарные частицы, пространство и время), на самом деле существуют. Теории верны, поскольку они отражают действительность, хотя и не идеально. Сменяющие друг друга циклы, когда победу одерживает реализм и когда берет верх противоположная точка зрения — антиреализм, без всякого сомнения, продолжатся по мере того, как один претерпевает эволюцию под прессом другого.

Такое соперничество уже приносило физике пользу. Антиреалист, физик и философ одновременно, Эрнст Мах вдохновил Эйнштейна на переосмысление вопроса о том, как мы узнаем то, что мы знаем — или думаем, что знаем. Это предопределило направление всему, последовавшему в физике в дальнейшем. Когда мы признаем, что видим мир через цветные стекла, мы можем скомпенсировать оттенок. Некоторые черты действительности относятся к одному наблюдателю, тогда как другие — общие для всех. Два человека, движущихся с различными скоростями, могут разойтись во мнениях о расстоянии между точками, о продолжительности события, или, в некоторых случаях, о том, какое из событий произошло первым. Спор между ними неразрешим. Но арифметическая комбинация расстояния и продолжительности — пространственно-временное расстояние — это факт, общий для обоих, «инвариант». Инварианты определяют объективную истину.

**В дополнение к общему беспокойству**, которое разделяли физики прошлого, сегодня физики столкнулись со множеством особых и неожиданных пределов познаваемого. Какую бы интерпретацию квантовой механики вы ни выбрали, почти всегда что-нибудь из квантового мира оказывается для нас недоступным. Например, если вы направите фотон на полупрозрачное серебряное зеркало, он может пройти через него, а может отразиться, и нет никакого способа заранее предсказать, что именно произойдет. Исход абсолютно случаен. Некоторые полагают, что фотон ведет себя так, а не иначе, совершенно беспричинно; такое случайное поведение ему присуще в силу его природы. Другие считают, что существуют некие скрытые причины. А третьи думают, что фотон одновременно проходит сквозь зеркало и отражается от него, но мы можем наблюдать только один из этих исходов. Что бы там ни было, причины такого поведения покрыты туманом.

Частицами легко манипулировать, и именно поэтому квантовая физика обычно описывается на языке частиц. Но большинство физиков считают, что те же самые правила применимы ко всему, включая живые организмы. Таким образом, неясно, когда именно фотон выбирает, пройти насквозь или отразиться, если он действительно делает такой выбор. Когда он падает на зеркало, комбинированная система из двух вариантов переходит в состояние неопределенности. Когда измерительное устройство регистрирует путь, оно тоже оказывается перед необходимостью выбора из двух возможностей. Если вы пошлете своего друга посмотреть, что же произошло, для вас этот человек видит оба исхода. Физикам все еще предстоит найти какой-нибудь порог в размерах или сложности системы, который определяет исход события. (Размеры и сложность важны в определении того, какие есть варианты, но не для окончательного выбора.) На сегодня они знают лишь одно место, где неопределенность разрешается, — в нашем субъективном восприятии. Мы никогда не наблюдали, чтобы фотон совершал два взаимоисключающих действия одновременно. А значит, физики в своей теории остались с нежелательным элементом субъективности.

Для Кристофера Фукса (Christopher A. Fuchs) из Массачусетского университета в Бостоне урок состоит в том, что наблюдатели — это активные участники происходящего в природе, помогающие в построении того, что они наблюдают, а взгляд со стороны абсолютно независимого, не влияющего на событие лица невозможен. Математика квантовой

теории перемешивает в одно целое субъективные и объективные элементы. Его «кубистическая» (*Qbist*) интерпретация пытается сорвать покров субъективных элементов и открыть реальную структуру, которая находится внутри, во многом вроде того, как Эйнштейн совершил это, выдвинув теорию относительности. («Кубизм», или квантовый байесианизм, от англ. *Quantum Bayesianism (Qbism)* — субъективный метод расчета квантовой вероятности по Байесу. Эта концепция сформировалась в трудах Карлтона Кейвса, Кристофера Фукса и Рюдигера Шака на основе теории квантовой информации и байесовской вероятности. — Примеч. пер.)

Философ Ричард Хили (Richard Healey) из Аризонского университета имеет близкую к этому «прагматическую» точку зрения, что квантовая теория — это представление не самого мироздания, а интерфейса между мирозданием и человеком или каким-то другим агентом. Мы можем использовать его, чтобы судить о вероятности того, что может случиться, так же как биржевой маклер покупает и продает акции, основываясь на тенденциях рынка, а не на фундаментальных законах экономики. Такой биржевой игрок может стать богатым, даже не вникая в то, чем занимаются компании. В отличие от Фукса Хили не считает, что описание физической реальности заперто внутри квантовой теории. Это, полагает он, потребует совершенно новой теории.

На противоположном полюсе, если вы все же считаете, что квантовая теория — это одно из представлений мироздания, вам предлагается думать о ней как о теории существующих одновременно альтернативных реальностей. Такие множественные миры или параллельные вселенные также, по-видимому, вытекают из космологических теорий: тот же самый процесс, что дал начало нашей Вселенной, должен был породить и другие. Дополнительные параллельные вселенные, возможно, существуют в пространствах более высоких размерностей, недоступных для нашего взгляда. Эти вселенные представляют собой варианты видоизменений нашей собственной Вселенной. Не существует одной-единственной определенной реальности.

Хотя теории, которые предсказывают множественные вселенные, абсолютно объективны (никакие наблюдатели или зависящие от наблюдателя величины не появляются в основных уравнениях), они не устранили роль наблюдателя, а всего лишь меняют его местоположение. Они утверждают, что наш взгляд на действительность очень сильно

отфильтрован и мы должны учитывать этот факт, когда применяем теорию. Если мы не видим, что фотон совершает два противоречащих друг другу действия одновременно, это вовсе не означает, что фотон не совершает их оба. Возможно, мы просто способны увидеть только одно из них. Аналогичным образом в космологии одно лишь наше существование оказывает косвенное влияние на наши измерения. Мы с необходимостью живем в такой вселенной, которая способна поддерживать жизнь, поэтому не исключено, что наши измерения космоса не полностью репрезентативны.

Параллельные вселенные не меняют истину, с которой мы сталкиваемся. Если в этой вселенной вы испытываете страдания, для вас будет слабым утешением то, что ваши дубликаты во всех других получают от жизни удовольствие. Но эти другие миры губительны для вашего стремления познать более широкую истину. Поскольку другие вселенные в общем случае ненаблюдаемы, они представляют собой непреодолимую преграду для наших непосредственных знаний. Если эти вселенные крайне непохожи на нашу собственную, наши эмпирические знания не просто ограничены, они вводят нас в заблуждение. Законы физики рискуют скатиться к анархии: они не утверждают, что происходит именно это событие, а не иное, поскольку происходит как то, так и другое, и какое именно из них мы наблюдаем — всего лишь результат слепого случая. Различие между фактом и вымыслом — это вопрос всего лишь местоположения.

**Но даже некоторые из аспектов** фундаментальной физики, кажущиеся незыблемыми, на удивление непрочны. Физики традиционно говорят о частицах и полях: точечных пылинках материи и непрерывных, подобных жидкости сущностях вроде электрического или магнитного поля. В то же время их теории показывают, что подобные вещи существовать не могут. Объединение квантовой механики с теорией относительности отменяет существование частиц: согласно нескольким математическим теоремам, ничто не может быть сосредоточено таким образом, как это предполагают традиционные концепции частиц. Количество частиц, которые увидит наблюдатель, зависит от состояния их собственного движения; это не инвариант, и, следовательно, его нельзя рассматривать как объективный факт. Группы частиц могут иметь коллективные свойства помимо свойств отдельных частиц, причем не все из этих свойств.

Поля — тоже совсем не то, чем они представляются. Современные квантовые теории давным-давно покончили с электрическим и магнитным полями как конкретными структурами и заменили их трудноинтерпретируемой математической абстракцией. Среди многих странных черт этой абстракции — ее высокая избыточность; она более сложна, чем реальное явление, которое она должна представлять. Физики искали альтернативные структуры, которые согласуются с действительностью, но эти структуры уже больше никак не похожи на поля. А пока они продолжают описывать мироздание в терминах частиц и полей, зная, что в окончательном варианте их нет.

Предложенные теории объединения вносят дополнительные сложности. В частности, теория струн оказалась противоречивой. Она полностью разворачивается в параллельных вселенных со всеми их странными следствиями для истины. К тому же она в большей степени опирается на так называемые дуальности — различные математические

выражения, которые дают одинаковые предсказания для наблюдений, указывая, что они — альтернативный способ описания одной и той же ситуации. Эти дуальности — мощный инструмент, поскольку они предоставляют возможность рассмотреть предмет с разных сторон. Если уравнение решить очень трудно, можно воспользоваться дуальностью, чтобы преобразовать его в более простое. Но если несколько различных математических формулировок эквивалентны, как нам узнать, какая из них соответствует действительности — и соответствует ли вообще?

Многие критики теории струн жалуются, что нет никакого способа ее проверить, поскольку она имеет дело с такими микроскопическими эффектами. Но подобная критика в равной степени относится и к ее конкурентам. Это проклятие любого успеха. Существующие теории предоставляют не так уж много возможностей, чтобы разглядеть структуру более глубокого уровня. В отсутствие экспериментального указателя направления движения физики

## КАК ВРАЧ ИЩЕТ ОТВЕТЫ

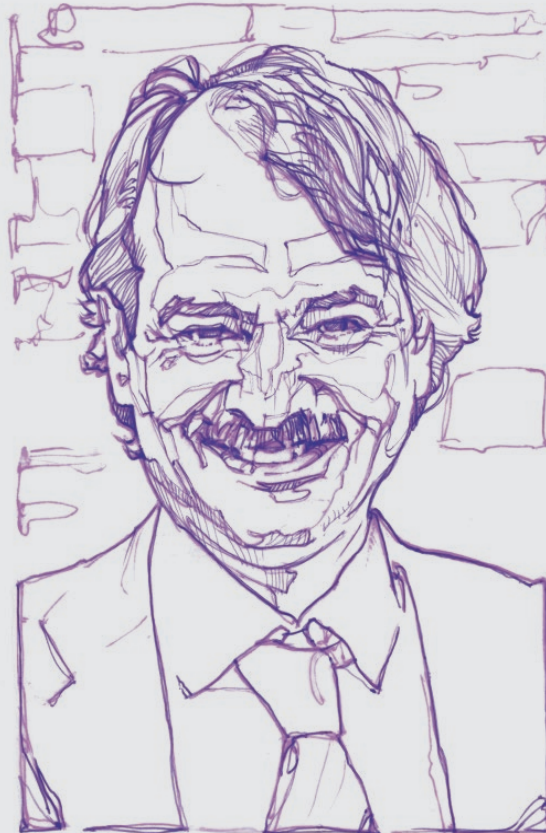
### На вопросы о человеческой жизни нет определенного ответа — в отличие от измерения того, за сколько секунд камень упадет на землю.

Если бы ответ существовал, возможно, это была бы уже не жизнь — это был бы камень. В биомедицине довольно сложно понять, присутствует ли тот или иной эффект на самом деле, — в разных областях есть множество различных стандартов. Не все инструменты помогут получить ответ на каждый вопрос, и существуют различные уровни сложности того, что мы знаем, даже прежде чем мы начнем исследование.

Однако один из ключевых аспектов биомедицины — возможность в новом исследовании проверить то, что наблюдалось в первом. На протяжении многих лет работы в этой области было настоятельно рекомендовано воздерживаться от этого. Зачем тратить деньги, чтобы проделать в точности то же самое, что ты уже проделал раньше, не говоря уже о том, что кто-то другой сделал до тебя? Но многие ученые понимают, что от проведения повторных исследований отказываться нельзя.

Но чтобы повторение исследования принесло результаты, важно иметь подробное описание того, как была осуществлена оригинальная работа. Вам необходимы инструкции, исходные данные и, может быть, специально написанные для исследования компьютерные программы. В течение долгого времени ученые не хотели делиться этой информацией, но ситуация меняется. Наука — это совместная работа, и мы должны сделать правилом открытость и обмен данными.

*Джон Иоаннидис (John P.A. Ioannidis), профессор медицины Стэнфордского университета, в беседе с Брук Борел (Brooke Borel).*



вынуждены были разрабатывать эти теории математически. Квантовая механика и теория относительности настолько тесно связаны, что их самих по себе достаточно, чтобы диктовать форму теории объединения. Тем не менее все предложенные теории в значительной степени полагаются на суждения, призывающие к их красоте и элегантности, что может оказаться неправильным.

Странная тенденция встроена в сам проект создания теории объединения. Чем дальше физики углубляются в реальность, тем сильнее складывается впечатление, что реальность улечивается. Если различные явления служат проявлениями одних и тех же внутренних процессов, их отличие должно быть продуктом их поведения, а не быть обусловленным их естественной природой. В объяснении физических явлений существительные заменяются глаголами: то, что представляет

## **Истина может оказаться неуволвимой даже в случае общепризнанных теорий. Квантовая механика — теория, проверенная с максимально возможной скрупулезностью, однако ее интерпретация остается непостижимой**

собой предмет, — это результат того, что делают его компоненты. Возможно, теория струн ошибочна, но она хорошо иллюстрирует тенденцию. Согласно ей, весь огромный зоопарк видов частиц — это различные моды колебаний одного типа примитивных и не имеющих каких-либо характерных черт объектов, называемых струнами. Доведенная до своего логического конца, эта линия рассуждений приводит к выводу, что вообще не останется никаких существительных.

Ряд философов делают вывод, что сама категория «объект» ведет к заблуждению. Согласно воззрению, получившему название «структурный реализм», взаимосвязи — исходные компоненты природы, а то, что мы воспринимаем как объект, на самом деле есть сосредоточие взаимосвязей. Такая точка зрения, однако, имеет свои странности. В чем различие между физическими и математическими объектами или между моделью и оригинальной

системой? И те и другие включают в себя один и тот же набор связей, и вследствие этого, по видимому, нет ничего, чтобы отличить одно от другого. А если нет существительных, что управляет глаголами? Неужели физика построена на зыбучих песках?

**Но сомневаться**, на правильном ли пути они находятся, физиков заставляют не только проблемы физики. Многие заинтересовались сознанием в связи с так называемой трудной проблемой сознания. Научные методы, по видимому, в силу своей природы не в состоянии описать субъективное восприятие. Наша внутренняя психическая жизнь скрыта от наблюдений извне, и похоже на то, что ее невозможно описать математически. Многие ученые рассматривают ее как ненужное приложение, не находящее себе места в физической картине мироздания. С помощью этого аргумента ряд ученых утверждают, что понимание разума, возможно, потребует каких-то новых научных принципов или нового образа мышления. Физики заинтригованы возможностью того, что в их фундаментальной картине мироздания, вероятно, отсутствует нечто очень важное.

Это не единственная причина того, почему физики задумались о психике. Мультивселенная — один из примеров того, как мы можем воспринимать отфильтрованную версию действительности, и раз уж вы вступили на этот путь, чтобы выяснить, насколько истина может быть «перекручена», вы, по всей видимости, допускаете возможности, которые заставляют мультивселенную выглядеть вполне реальной. Иммануил Кант утверждал, что структура нашего мозга определяет наше восприятие. Следуя этой традиции, физик Маркус Мюллер (Markus Müller) из Института квантовой оптики и квантовой информации в Вене и когнитивный психолог Дональд Хоффман (Donald Hoffman) из Калифорнийского университета в Ирвайне сформулировали, что мы воспринимаем мир разделенным на объекты, расположенные в пространстве и времени, вовсе не потому, что он обладает такой структурой, а потому, что только таким образом мы и можем его воспринимать.

Из того, что наш мозг успешно ориентируется в мире, вовсе не следует, что он верно запечатлевает его структуру. В машинном обучении ученые обнаружили, что компьютеры часто лучше делают предсказания или управляют оборудованием, когда они избегают непосредственного отображения мира. Аналогичным образом действительность может быть абсолютно непохожа на то, что рисуют нам наш разум или наши теории. Ученые,



# ИГРА ЧИСЕЛ

ФИЛОСОФЫ НЕ МОГУТ  
СОЙТИСЬ ВО МНЕНИИ,  
СУЩЕСТВУЮТ ЛИ  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ  
В РЕАЛЬНОСТИ ИЛИ ОНИ  
ЧИСТАЯ ВЫДУМКА

*Келси Хьюстон-Эдвардс*

такие как философ Колин Макгинн (Colin McGinn) и психолог Гарвардского университета Стивен Пинкер (Steven Pinker), предположили, что именно из-за такого нашего стиля мышления наше сознание кажется нам столь сложным. Возможно, когда-нибудь мы создадим искусственный разум, который сразу будет давать ответы на вопросы, ставящие нас в тупик, при этом, вполне вероятно, он «зависнет» на тех, которые мы считаем легкими.

Если что-либо и способно вернуть уверенность в том, что истина находится в пределах нашей досягаемости, так это то, что мы можем «разделять и властвовать». Хотя «реальное» подчас приравнивают к «фундаментальному», каждый из многочисленных уровней описания в науке имеет равное право считаться реальным. Следовательно, даже если предметы исчезают на базовом уровне мироздания, мы с полным правом должны размышлять о предметах в повседневной жизни. Даже если квантовую механику невозможно осмыслить до конца, мы тем не менее можем на ее основе выстроить глубокое понимание мира. И даже если нас беспокоит то, что мы не в состоянии воспринимать фундаментальную реальность, мы все-таки можем сделать это для нашего мироустройства, и здесь есть обширное поле для деятельности.

Если выяснится, что наши теории притянуты за уши, это не трагедия. Это напоминает нам, что нужно быть скромнее. Физики, бывает, обладают завышенной самооценкой, но самые знающие и воспитанные среди них обычно осмотрительны. Они, как правило, сами первыми указывают на проблемы в своих теориях, хотя бы для того, чтобы вместо них этого не сделал кто-нибудь другой. Никто никогда не говорил, что поиски истины — легкая задача. ■

*Перевод: А.П. Кузнецов*

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Тегмарк М. Параллельные вселенные // ВМН, № 8, 2003.
- Бейер Г.Х. фон. Квантовая странность? Это все у вас в голове! // ВМН, № 12, 2013.
- Кульман М. Что реально в реальности // ВМН, № 4, 2014.
- A Fight for the Soul of Science. Natalie Wolchover in Quanta Magazine. Опубликовано онлайн 16.12.2015. [www.quantamagazine.org/physicists-and-philosophers-debate-the-boundaries-of-science-20151216](http://www.quantamagazine.org/physicists-and-philosophers-debate-the-boundaries-of-science-20151216)
- Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray. Sabine Hossenfelder. Basic Books, 2018.
- In It for the Long Haul. Matthew Chalmers in CERN Courier, Vol. 59, No. 2, pages 45–49; March/April 2019. <https://cern-courier.com/in-it-for-the-long-haul>

Когда я говорю людям, что я математик, самой любопытной реакцией обычно бывает: «Я на самом деле любил уроки математики — потому что там все что угодно либо правильно, либо неправильно. Никакой двусмысленности или сомнения». Я всегда запинаясь в ответ. У математики нет репутации любимого всеми предмета, и я не решаюсь охладить чей-то энтузиазм. Но она полна неопределенностей — просто хорошо их прячет.

Конечно же, я понимаю, что имеется в виду. Если ваш учитель спрашивает, простое ли число 7, ответ определенно «да». По определению, простое число — это целое число больше 1, которое делится только на себя и 1, такое как 2, 3, 5, 7, 11, 13... и т.д. Любой учитель математики в любой точке мира в любое время за прошедшие несколько тысяч лет поставит вам пятерку, если вы ответите, что 7 — простое число, и двойку, если вы скажете, что 7 — число не простое. Мало какие другие дисциплины достигают такого невероятного единодушия. Но если вы расспросите 100 математиков, что раскрывает истину какого-нибудь математического утверждения, вы получите 100 различных ответов. Число 7 действительно может существовать



## ОБ АВТОРЕ

**Келси Хьюстон-Эдвардс** (Kelsey Houston-Edwards) — старший преподаватель кафедры математики Инженерного колледжа им. Франклина Олина. Написала и разместила на канале Службы общественного вещания на YouTube пособие «Бесконечные ряды», а также, получив грант в рамках программы Американской ассоциации содействия развитию науки, занималась распространением научных знаний в компании общественного телевидения NOVA Next.



как абстрактный объект, при этом принадлежность к простым числам — отличительная черта этого объекта. Или же оно может быть частью замысловатой игры, придуманной математиками. Другими словами, математики со значительной степенью убежденности соглашаются в том, верно данное утверждение или нет, но они не могут достичь согласия по вопросу, о чем именно в нем идет речь.

Один из аспектов этого противоречия в простом философском вопросе: люди открыли математику или просто придумали ее? Возможно, число 7 — это реальный объект, существующий независимо от нас, и математики открывают факты о нем. Или же, может быть, оно — часть нашего воображения, чьи определение и свойства могут меняться. Акт математического исследования на самом деле побуждает двойственный философский взгляд, при котором математика и придумана, и открыта.

Все это, как мне кажется, немного похоже на театр импровизации. Математики выстраивают сцену с небольшим числом персонажей, или объектов, а также несколько правил, по которым они взаимодействуют между собой, и наблюдают за развитием событий. Актеры эти быстро порождают удивительные действующие лица и связи, совершенно не предусмотренные математиками. Однако независимо от того, кто режиссер этой пьесы, ее развязка всегда одна и та же. Даже в хаотических системах, в которых конечные

результаты могут отличаться в очень широких пределах, одинаковые начальные условия всегда приведут к одной и той же конечной точке. Именно эта неотвратимость дает математике как дисциплине такую замечательную связность. А за кулисами прячутся трудные вопросы о фундаментальной природе математических объектов и о том, как математические знания приобретаются.

## Замысел

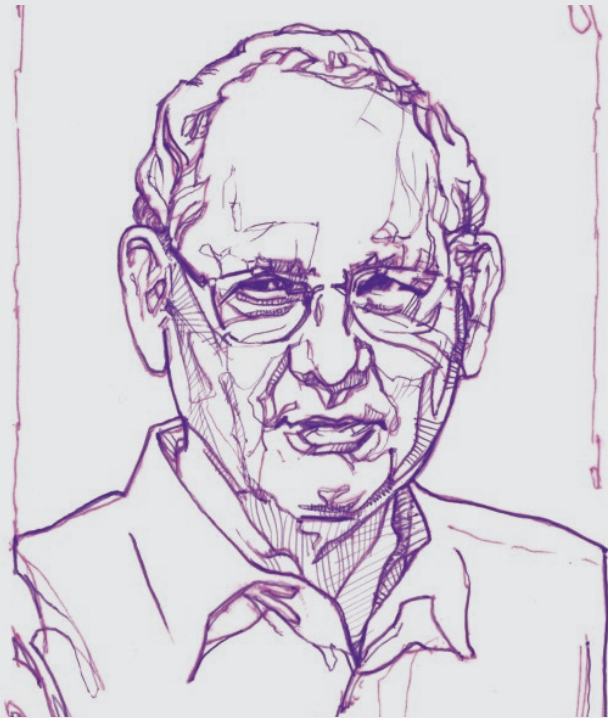
Как мы узнаем, верно математическое утверждение или нет? В противоположность ученым, которые обычно пытаются вывести основные законы природы с помощью наблюдений, математики начинают с выбора совокупности объектов и правил, а затем строго выводят их следствия. Результат этого дедуктивного процесса называется доказательством, которое часто строится путем конструирования сложных фактов из более простых. На первый взгляд кажется, что доказательства — ключ к невероятному единодушию среди математиков.

Но доказательства гарантируют только условную истину, истинность вывода, зависящего от истинности исходных допущений. Это проблема общего представления, что единодушие среди математиков возникает из основанной на доказательствах структуры аргументов. Доказательства содержат ключевые предположения, на которых зиждется все остальное, и многие философские вопросы о математической истине и реальности

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Математики придерживаются одновременно двух несовместимых взглядов на объекты, которые они изучают.
- Например, простые числа имеют удивительные связи друг с другом, которые математики все еще продолжают открывать.
- Исследования того, что кажется чужеродным ландшафтом, говорят в пользу идеи, что математические объекты существуют независимо от людей.
- Однако если математические объекты реальны, почему к ним нельзя прикоснуться, увидеть их или каким-то другим образом взаимодействовать с ними? Такие вопросы часто приводят математиков к выводу, что на самом-то деле математические объекты — иллюзия.

## КАК ЛИНГВИСТ ИЩЕТ ОТВЕТЫ



## Как любой ученый, лингвист полагается на научный метод.

Одна из целей лингвистики — описать и проанализировать языки, чтобы выявить полный диапазон того, что возможно и что невозможно в этой области. Из этого следует, что задача лингвистов — достичь понимания процессов мышления человека через потенциал языка.

Поэтому необходимо приложить максимум усилий, чтобы описать языки, находящиеся под угрозой исчезновения, задокументировать их, пока они еще используются, определить полный диапазон их лингвистических возможностей. Существует около 6,5 тыс. известных человеческих языков; 45% из них находятся под угрозой исчезновения.

Лингвисты используют особый набор критериев, чтобы выявить языки, находящиеся под угрозой исчезновения, и определить, насколько велика эта угроза. Учат ли язык по-прежнему дети? Сколько человек на нем говорят? Снижается ли процент разговаривающих на нем по отношению к остальной массе населения? Не сужается ли контекст, в котором используется язык?

Вопрос о научной объективности и «истине» связан с исследованиями языков, находящихся под угрозой исчезновения. Истина, таким образом, в значительной степени зависит от обстоятельств. То есть то, что мы привыкли считать истинной, может измениться по мере того, как мы получим больше данных и доказательств, или в связи с совершенствованием наших методов. Исследование языков, находящихся под угрозой исчезновения, зачастую приводит к открытию того, что мы считали в языках невозможным, заставляя нас пересмотреть прежние утверждения о пределах человеческого языка. Соответственно, вероятно, любые наши представления об истинном могут подвергнуться изменениям.

*Лайл Кэмпбелл (Lyle Campbell), заслуженный профессор лингвистики Гавайского университета в Маноа, в беседе с Брук Борел.*

на самом деле — это вопросы об исходной точке. В результате чего возникает вопрос: откуда возникли эти основополагающие объекты и идеи?

Часто первоочередное требование — целесообразность. Нам нужны числа, например, чтобы мы могли подсчитать (скажем, поголовье крупного рогатого скота), и геометрические объекты, такие как прямоугольники, чтобы измерять, например, площади полей. Иногда причины чисто эстетические — насколько интересна и привлекательна получающаяся в результате картина? Изменение исходных допущений порой открывает обширные структуры и теории, в то же время исключая другие. Например, мы могли бы придумать новую арифметику, в которой в приказном порядке умножение отрицательного числа на отрицательное дает отрицательное число (облегчая тщетные объяснения учителей математики), но тогда исчезли бы многие из других интуитивных и желательных свойств числовой прямой. Математики судят об основополагающих объектах (таких, как отрицательные числа) и их свойствах (таких, как результат их перемножения) в контексте более широкого, согласованного математического ландшафта. Следовательно, прежде чем доказывать новую теорему, математику требуется увидеть всю картину в целом. Только тогда теоретик может понять, что требуется доказать: неизбежный, неизменный вывод. Это дает процессу создания математики три стадии: замысел, исследование и доказательство.

Действующие лица в этой пьесе почти всегда конструируются из более простых объектов. Например, окружность определяется как все точки, равноудаленные от одной, называемой центром. Следовательно, ее определение основано на определении точки, которая представляет собой более простой объект, и расстоянии между двумя точками, представляющем собой свойство этих простых объектов. Аналогично умножение — это многократно повторенное сложение, а возведение в степень — это многократно повторенное умножение числа на само себя. Следовательно, свойства возведения в степень вытекают из свойств умножения. И наоборот: мы можем узнать о сложных математических объектах, изучая более простые объекты, в терминах которых они описываются. Это привело некоторых математиков и философов к представлению о математике как перевернутой пирамиде с множеством сложных объектов и идей, полученных дедуктивным путем из узкой базы простых понятий.

В конце XIX — начале XX в. группа математиков и философов задалась вопросом, что удерживает эту тяжелую пирамиду математики. Их очень сильно беспокоило, что математика не имеет под собой основания — что ничего не лежит в основе истинности фактов вроде того, что  $1 + 1 = 2$ . (Это была помешанная на маниакальной идее группа персонажей, некоторые из них боролись с душевной болезнью.) После 50 лет шумных дебатов дорогостоящий проект так и не смог представить единый комплексный ответ, который удовлетворял бы всем исходным целям, однако он породил несколько новых ветвей в математике и философии.

Некоторые математики надеялись разрешить серьезный кризис основания математики, сформулировав относительно простой набор аксиом, из которых можно вывести все математические истины. Однако работа 1930 г. математика Курта Геделя часто рассматривается как демонстрация того факта, что такое сведение к аксиомам невозможно. Во-первых, Гедель показал, что любая подходящая для этой цели разумная система аксиом будет неполной: существуют математические утверждения, которые невозможно ни доказать, ни опровергнуть. Но самый сокрушительный удар нанесла вторая теорема Геделя о неполноте математики. Любая основополагающая система аксиом должна быть самосогласованной — то есть в ней не должно быть утверждений, которые можно и доказать, и опровергнуть. (Математика была бы гораздо менее убедительной, если бы мы могли доказать, что  $7$  — простое и что  $7$  — не простое число.) Более того, эта система аксиом должна позволить доказать — математически гарантировать — ее собственную самосогласованность. Вторая теорема Геделя утверждает, что это невозможно.

Поиски с целью найти основания математики все же привели к невероятному открытию системы базовых аксиом, получившей название теории множеств Цермело — Френкеля, из которой можно вывести большинство интересных и важных результатов. Основанные на множествах, то есть наборах объектов, эти аксиомы не служат теоретическим основанием математики, на что надеялись историки математики и философы, но они удивительно просты и выступают фундаментом значительной части математики.

На протяжении всего XX в. математики спорили, следует ли к теории множеств Цермело — Френкеля добавить дополнительное правило, известное как аксиома выбора: если у вас есть бесконечно много множеств

объектов, вы можете образовать новое множество, взяв по одному объекту из каждого из этих множеств. Возьмем, например, ряд корзин, каждая из которых содержит набор мячей, и одну пустую. Из каждой корзины в ряду вы можете взять один мяч и положить его в пустую. Аксиома выбора позволяет вам сделать это для бесконечного ряда корзин. Она не только интуитивно мотивирована, она необходима, чтобы доказать несколько полезных и красивых математических утверждений. Но из нее также следуют некоторые странные вещи, такие как парадокс Банаха — Тарского, который утверждает, что вы можете разрезать целый мяч на пять частей и вновь собрать эти части в два новых целых мяча, размер каждого из которых равен первому. Другими словами, вы можете удвоить число мячей. О фундаментальных предположениях судят по структурам, которые они производят, и из аксиомы выбора следует много важных утверждений, но она несет с собой и дополнительный багаж. Без аксиомы выбора в математике, по-видимому, недостает критически важных результатов, в то же время с ней в математике появляется ряд странных и потенциально нежелательных утверждений.

Современная математика большей частью использует стандартный набор определений и допущений, которые оттачивались в течение долгого времени. Например, когда-то математики рассматривали  $1$  как простое число, а сейчас нет. Они все еще спорят, следует ли считать  $0$  натуральным числом (называемые иногда целыми числами, натуральные числа определяются как  $0, 1, 2, 3, \dots$  или как  $1, 2, 3, \dots$  — в зависимости от того, кого вы спросите). Какие символы или свойства становятся частью математического канона, обычно зависит от того, насколько интересен результат пьесы, наблюдение за которой может тянуться годами. В этом смысле математические знания кумулятивны. Старые теории могут быть в загоне, но они редко признаются несостоятельными, как это часто происходит в естественных науках. Вместо этого математики просто предпочитают переключить свое внимание на новый набор исходных допущений и исследовать теорию, которую они раскрывают.

### Исследование

Как уже было сказано, математики часто определяют объекты и аксиомы, имея в виду какое-нибудь конкретное приложение. Однако снова и снова эти объекты преподносят им сюрприз на второй стадии математического

процесса: исследовании. Простые числа, например, — строительные блоки умножения — самые малые единицы умножения. Число называется простым, если его нельзя записать в виде произведения двух меньших чисел, и все не простые (составные) числа можно построить, перемножив уникальный набор простых.

В 1742 г. математик Кристиан Гольдбах высказал гипотезу, что каждое четное число, большее 2, можно представить в виде суммы двух простых чисел. Если вы возьмете любое четное число, так называемая гипотеза Гольдбаха утверждает, что вы сможете найти два простых числа, которые в сумме дают это четное число. Если вы возьмете 8, эти два простых числа будут 3 и 5; возьмите 42, и тогда это  $13 + 29$ . Гипотеза Гольдбаха удивительна, поскольку хотя простые числа были придуманы, чтобы их перемножать, они открывают

длинный список чисел, который вы можете показать другу в качестве неопровержимого довода в пользу гипотезы Гольдбаха. Однако ваш смысленный приятель всегда сможет придумать четное число, которого нет в списке, и спросит, откуда вам известно, что гипотеза Гольдбаха справедлива для этого числа. Невозможно поместить все числа (бесконечное множество) в этот список. Только математическое доказательство — логический вывод на основе базисных утверждений, показывающий, что гипотеза Гольдбаха верна для каждого нечетного числа, — будет достаточным, чтобы превратить гипотезу в теорему. Но сегодня никто так и не смог представить подобного доказательства.

Гипотеза Гольдбаха иллюстрирует принципиальную разницу в математике между стадией исследования и стадией доказательства. На стадии исследования ищут убедительное подтверждение математического факта — и в эмпирической науке часто это и есть окончательная цель. Однако математический факт требует доказательства.

Образы и свидетельства помогают математикам отсортировать математические находки и понять, что необходимо доказать, но они также могут и вводить в заблуждение. Например, давайте запишем последовательность чисел 121, 1211, 12111, 121111, 1211111... и т.д. — и выскажем гипотезу: все числа в этой последовательности не простые. Легко собрать свидетельства в пользу этой гипотезы. Видно, что 121 — не простое число, поскольку  $121 = 11 \times 11$ . Аналогично все из чисел 1211, 12111 и 121111 — не простые. Такая картина продолжается какое-то время — достаточно долго, чтобы вам надоело проверять, — но затем она внезапно рушится. 136-й элемент в этой последовательности (то есть число 12111...111, в котором за «2» следуют 136 «1») — простое число.

Возникает искушение сделать вывод, что современные компьютеры могут помочь с решением этой проблемы, предоставив вам возможность проверить гипотезу для других чисел в этой последовательности. Но существуют математические построения, которые остаются верными для первых  $10^{42}$  элементов последовательности, а затем наступает облом. Даже с помощью всех компьютеров в мире вы не сможете проверить такое количество чисел.

Но, несмотря на это, стадия исследования чрезвычайно важна. Она раскрывает скрытые связи, такие как гипотеза Гольдбаха. Часто две совершенно не связанные друг с другом области математики тщательно изучаются

## **Гипотеза Гольдбаха иллюстрирует принципиальную разницу в математике между стадией исследования и стадией доказательства. На стадии исследования ищут убедительное подтверждение математического факта, но он требует доказательства**

вают удивительные случайные связи между четными числами и суммами простых чисел.

Огромное число данных свидетельствует в пользу гипотезы Гольдбаха. Через 300 лет после его первоначального наблюдения компьютеры нашли подтверждение, что гипотеза справедлива для всех четных чисел меньше  $4 \times 10^{18}$ . Но этого математикам недостаточно, чтобы объявить гипотезу Гольдбаха верной. Независимо от того, сколько четных чисел проверит компьютер, возможно, существует контрпример — «прячущееся за углом» четное число, которое нельзя представить в виде суммы двух простых чисел.

Представьте, что компьютер распечатывает результаты. Каждый раз когда компьютер находит два простых, которые составляют заданное четное число, он выводит это число на печать. К настоящему времени это очень

изолированно, прежде чем между ними обнаруживаются глубинные связи. Относительно простой пример — тождество Эйлера  $e^{i\pi} + 1 = 0$ , которое связывает геометрическую константу  $\pi$  с числом  $i$ , алгебраически определяемым как квадратный корень из  $-1$ , через число  $e$  — основание натуральных логарифмов. Эти удивительные открытия — часть красоты и удивительной особенности науки математики. Они, должно быть, указывают на глубоко запрятанную структуру, которую математики только начинают постигать.

В этом смысле можно считать, что математику одновременно и изобретают, и открывают. Объекты изучения строго определены, но они продолжают жить сами по себе, раскрывая неожиданно сложные связи. Следовательно, математический процесс, по-видимому, требует, чтобы математические объекты одновременно рассматривались и как реальные, и как выдуманные — как объекты с реальными, поддающимися изучению свойствами и как творения разума, которыми можно легко манипулировать. Однако, как пишет философ Пенелопа Мэдди (Penelope Maddy), эта дуальность не влияет на характер работы математиков «до тех пор, пока двоемыслие остается приемлемым».

### Реальны или нет?

Математический реализм — философская позиция, которая, вероятно, господствует на стадии исследования: объекты математического изучения — от окружностей и простых чисел до матриц и многообразий — реальны и существуют независимо от человеческого разума. Так же как астроном исследует далекую планету или палеонтолог изучает динозавров, математики собирают детальную информацию о реальных сущностях. Например, чтобы доказать гипотезу Гольдбаха, необходимо показать, что четные и простые числа связаны между собой определенным образом с помощью сложения, точно так же как палеонтологи показывают, что один вид динозавров произошел от другого, демонстрируя родственные черты их анатомической структуры.

Реализм в его различных проявлениях, таких как платонизм (возникший под влиянием теории форм греческого философа Платона), облегчает обоснованность универсализма и целесообразности математики. Любой математический объект обладает определенными свойствами: например, 7 — простое число, так же как динозавр может иметь такое свойство, как способность летать. А математическая теорема, такая как утверждение, что сумма двух четных чисел — тоже

четное число, верна потому, что четные числа реально существуют и находятся в определенной связи друг с другом. Это объясняет, почему люди, несмотря на временные, географические и культурные различия, обычно единодушны в отношении математических фактов — они все ссылаются на одни и те же неизменные объекты.

Но существует и ряд важных возражений реализму. Если математические объекты действительно существуют, то их свойства, безусловно, очень своеобразны. Например, они по своей природе инертны, то есть они не могут быть причиной чего-либо, и поэтому вы не можете взаимодействовать с ними в прямом смысле. Это одна из проблем, поскольку мы, по-видимому, получаем информацию об объекте посредством взаимодействия с ним. От динозавров остались одни кости, которые палеонтологи рассматривают и ощупывают, планеты могут пролетать на фоне звезды, блокируя от наших приборов ее свет. А вот окружность — абстрактный объект, не зависящий от пространства и времени. Тот факт, что число  $\pi$  — это отношение длины окружности к ее диаметру, ничего не говорит о банке колы или пончике; оно относится к абстрактной математической окружности, когда расстояния строго определены, а ее точки бесконечно малы. Такая совершенная окружность по своей природе инертна и, по-видимому, недостижима. Так каким же образом, не обладая каким-то специальным шестым чувством, мы можем получить о ней сведения?

В этом заключаются трудности философии реализма: она не в состоянии объяснить, как мы узнаем факты об абстрактных математических объектах. Все это, вероятно, заставит математика отказаться от своей позиции типичного приверженца реализма и зацепиться за первый шаг математического процесса — замысел. Загнав математику в рамки чисто формального мыслительного процесса или представляя ее как чистую выдумку, антиреализм с легкостью обходит проблемы эпистемологии.

Формализм, одно из течений антиреализма, — философская позиция, которая утверждает, что математика представляет собой что-то вроде игры и математики просто играют по правилам этой игры. Утверждение, что 7 — простое число, — то же самое, что утверждение, что конь — единственная фигура в шахматах, которая может ходить буквой *L*. Другая философская позиция, фикционализм, утверждает, что математические объекты — это иллюзия. Утверждение, что 7 — простое число, тогда равнозначно утверждению,

что единороги белые. Математика имеет смысл внутри собственной иллюзорной вселенной, но не имеет реального смысла вне ее.

Существует неизбежный компромисс. Если математика — это просто искусственное построение, почему она может быть такой незаменимой частью науки в целом? От квантовой механики до экологических моделей математика выступает как всеобъемлющий и точный инструмент науки. Ученые не предполагают, что частицы движутся согласно шахматным правилам или что трещина в столовой тарелке похожа на тропинку Гензеля и Гретель, — бремя научного описания ложится исключительно на математику, что отличает ее от других игр или фантазий.

И в заключение: эти вопросы не влияют на математику как научную деятельность. Математики свободны в выборе их собственной интерпретации своей профессии. В книге «Математический опыт» (*The Mathematical Experience*) Филип Дэвис (Philip Davis) и Ройбен Херш (Reuben Hersh) написали знаменитую фразу: «Типичный математик — последователь учения Платона в рабочие дни и формализма по воскресеньям». Пропуская все разногласия во взглядах через узкую воронку точного механизма — что объединяет замысел и исследование, — математики невероятно эффективны в выработке общего мнения о своей дисциплине. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Logicomix: An Epic Search for Truth. Apostolos Doxiadis and Christos H. Papadimitriou. Art by Alecos Papadatos and Annie Di Donna. Bloomsbury USA, 2009.
- Where Proof, Evidence and Imagination Intersect. Patrick Honner in *Quanta Magazine*, опубликовано онлайн 14.03.2019.
- Why Isn't 1 a Prime Number? Evelyn Lamb; ScientificAmerican.com, опубликовано онлайн 02.04.2019.

# НАША ВНУТРЕННЯЯ ВСЕЛЕННАЯ

РЕАЛЬНОСТЬ СОЗДАЕТСЯ  
НАШИМ МОЗГОМ, И У КАЖДОГО  
ЧЕЛОВЕКА ОНА СВОЯ

Анил Сет



Мы видим вещи не такими,  
какие они есть, а такими, какие мы есть.

Анаис Нин, «Соблазнение Минотавра» (1961)

10 апреля этого года папа Франциск, президент Южного Судана Салва Киир и бывший лидер повстанцев Риек Мачар собрались вместе на обед в Ватикане. Они ели в тишине; так началось двухдневное совещание, направленное на прекращение гражданской войны, унесшей с 2013 г. жизни 400 тыс. человек. В то же самое время в моей лаборатории в Суссекском университете аспирант Альберто Мариола (Alberto Mariola) завершал новый эксперимент, где испытуемые ощущали, что находятся в комнате, которой на самом деле не существует. По всему миру люди обращаются в психиатрические клиники с жалобами на потерю чувства «реальности» объектов окружающего мира или себя самого. В таких раздробленных обществах, в которых мы живем, вопросы, что реально, а что нет, все чаще становятся предметами споров.





**ОБ АВТОРЕ**

**Анил Сет** (Anil K. Seth) — профессор когнитивной и вычислительной нейробиологии в Суссекском университете, соруководитель Центра наук о сознании им. Терезы Саклер при университете. Исследует биологические основы сознания.



Воюющие стороны могут существовать в разных реальностях. И, возможно, совместная трапеза в тишине станет небольшим кусочком общей реальности, надежной платформой, на которой можно будет построить дальнейшее взаимопонимание.

Нам не обязательно обращаться к войне или психиатрии, чтобы обнаружить абсолютно разные внутренние миры. В 2015 г. появилась плохо экспонированная фотография платья, которая разделила пользователей интернета на две группы: те, кто видел платье синим с черным (к ним отношусь и я), и те, кому оно казалось белым с золотым (половина нашей лаборатории). Люди, воспринимавшие платье определенным образом — неважно, синим и черным или белым и золотым, — были настолько убеждены в своей правоте, что не могли поверить, что другие могут увидеть иные цвета.

Все мы знаем, что наши сенсорные системы легко одурачить. На этом основываются популярные зрительные иллюзии. Объекты оказываются не такими, какими видятся: длины двух линий выглядят разными, хотя, если измерить, оказываются одинаковыми; на статичном изображении видится движение. Иллюзии обычно считают сбоями в системе восприятия, из-за которых мы воспринимаем не то, что есть на самом деле. При этом подразумевается, что правильно работающая сенсорная система должна создавать в нашем сознании образы, отражающие объекты точно такими, как они есть.

Более глубокая истина заключается в том, что наше восприятие никогда напрямую не показывает нам объективную реальность. Оно активно формируется на основе наиболее

точных догадок мозга о том, что скрывается за сенсорной завесой. Зрительные иллюзии — как лазейки в «Матрице»: эпизодические проявления этой глубокой истины.

Возьмем, например, ощущение цвета: скажем, ярко-красную кружку на моем столе. Кружка действительно выглядит красной, ее краснота так же реальна, как и ее гладкость и твердость. Элементы моего восприятия кажутся соответствующими существующим в действительности свойствам объектов, которые определяются с помощью органов чувств и отражаются в сознании с помощью сложного механизма восприятия.

## Наше восприятие идет изнутри не меньше, а может и больше, чем извне

Однако со времен Исаака Ньютона мы знаем, что цвета в природе не существует. Его создает мозг из смеси бесцветных электромагнитных волн разной длины. Цвет — это ловкий прием, который эволюция подарила мозгу, чтобы отслеживать поверхности в условиях меняющегося освещения. И мы, люди, способны воспринимать лишь малый участок всего электромагнитного излучения, ограниченный снизу инфракрасной, а сверху ультрафиолетовой частью спектра. Каждый цвет, который мы видим, каждый кусочек нашего зримого мира относится именно к этой узкой полоске реальности.

Данный факт означает, что наши воспринимаемые ощущения не могут быть полным

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Действительность, которую мы наблюдаем, не отражает напрямую объективный мир.
- Она представляет собой результат предсказаний мозга о причинах поступающих сенсорных сигналов.
- Реалистичность восприятия позволяет направлять наше поведение так, чтоб мы адекватно реагировали на источники сенсорных сигналов.

отражением внешнего объективного мира. Они меньше, но одновременно и больше реальности. То, что мы чувствуем, какими кажутся окружающие объекты — это не непосредственное отражение внешней реальности, это искусная конструкция, построенная мозгом для самого себя. А поскольку мой мозг отличается от вашего, моя реальность также может отличаться от вашей.

### Предсказывающий мозг

Платон в своем знаменитом мифе о пещере описывает пленников, прикованных к глухой стене так, что они могут видеть перед собой лишь игру теней от объектов, которые проносятся перед огнем за их спинами. Люди дают названия этим теням, потому что считают, что тени и есть реальный мир. Спустя тысячу лет, когда до нашего времени оставалась еще одна тысяча лет, арабский ученый Ибн аль-Хайсам написал, что восприятие в текущий момент больше зависит от «решений и предположений», чем непосредственно от объективной реальности. Еще через несколько веков Иммануил Кант понял, что безграничный поток сенсорной информации будет оставаться хаотичным и бессмысленным, если ему не придать структуру с помощью существующих концепций, или «убеждений», к которым он относил такие априорные категории, как пространство и время. Кант использовал понятие «ноумен», означающее «вещь сама по себе» (*Ding an sich*), по отношению к объективной реальности, которая всегда будет недоступна непосредственному восприятию.

Сегодня эти идеи получили новое развитие благодаря солидному набору теорий, основанных на мысли, что мозг — это своего рода предсказательное устройство, а восприятие окружающего мира и себя в нем — это предсказания мозга о причинах поступающих сенсорных сигналов.

Подобные новые теории часто ссылаются на немецкого физика и физиолога Германа фон Гельмгольца, который в конце XIX в. предположил, что восприятие — это обработка неосознанных умозаключений. В конце XX в. взгляды Гемгольца были подхвачены учеными — когнитивистами и исследователями искусственного интеллекта, которые переформулировали их в терминах теории предиктивного (прогнозирующего) кодирования.

Идея, лежащая в основе прогнозирующего восприятия, заключается в том, что мозг пытается выяснить, что происходит в окружающем мире (или внутри тела), постоянно выдвигая и улучшая предположения о причинах сенсорных сигналов. Он создает свои



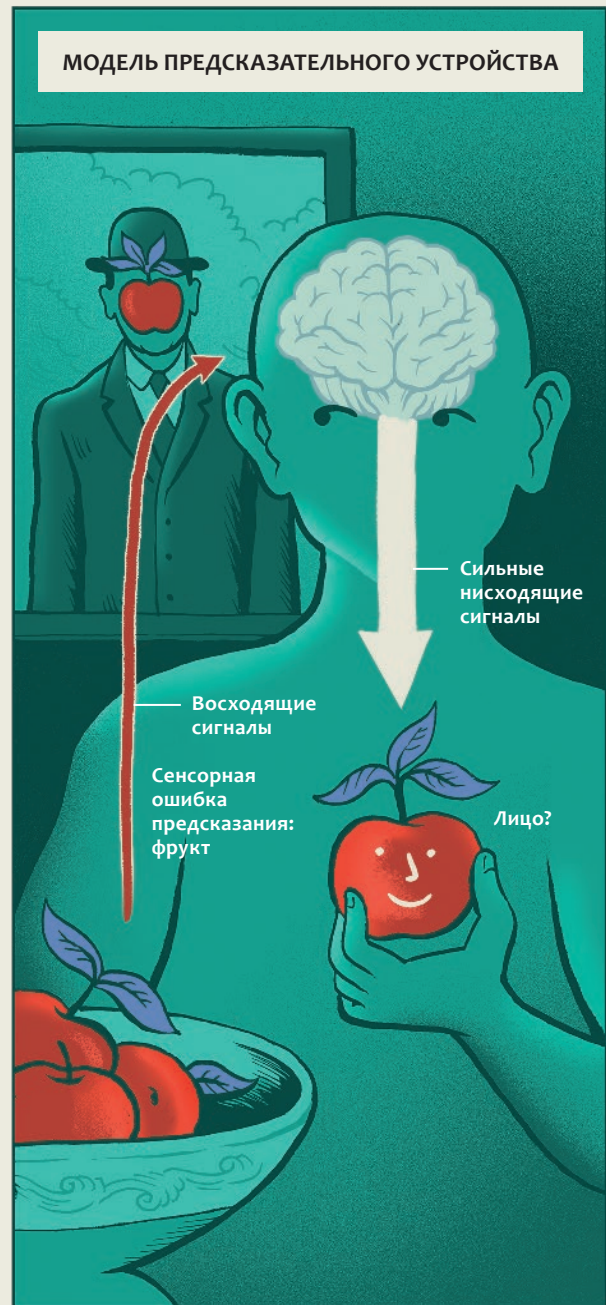
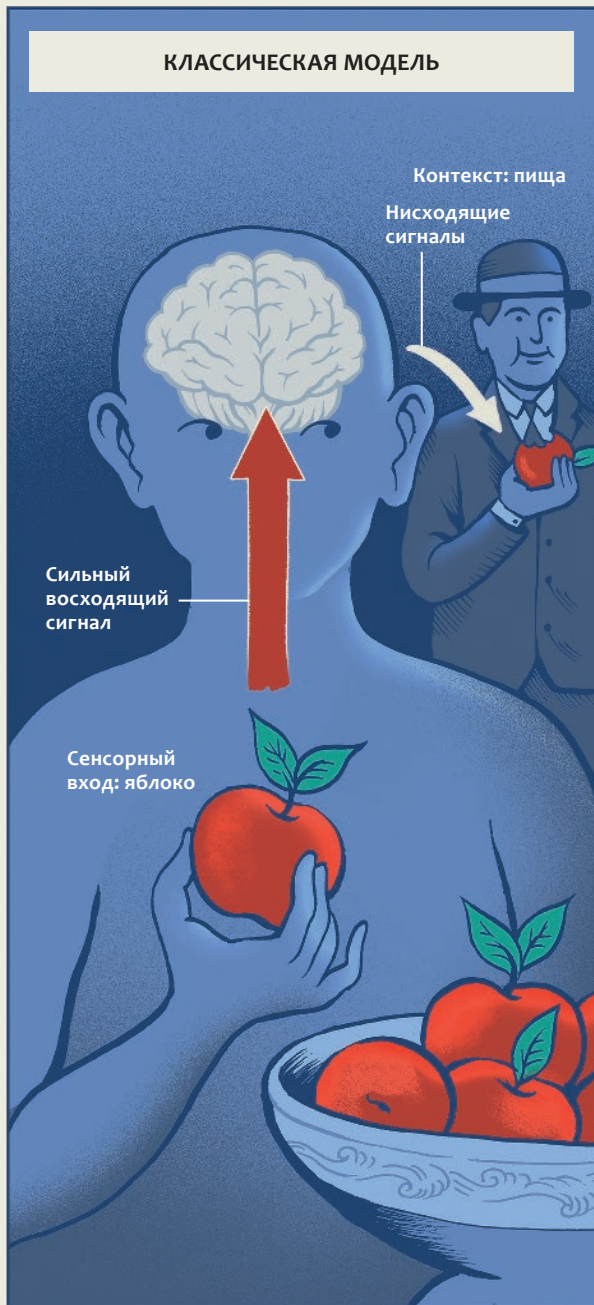
*Плохо экспонированная фотография, где платье видится одним людям синим с черным, а другим — белым с золотым*

лучшие предположения, объединяя прежние ожидания или «убеждения» о мире с входящей информацией таким образом, чтобы определить, насколько соответствуют сенсорные сигналы. Ученые обычно считают, что этот процесс, по сути, представляет собой разновидность байесовского вывода — принципа, позволяющего обновлять убеждения или предположения при поступлении новой информации в условиях неопределенности.

Согласно теориям прогнозирующего восприятия, мозг приближается к байесовскому выводу, постоянно создавая предсказания насчет сенсорных сигналов и сравнивая эти предсказания с поступающей информацией от глаз и ушей (а также носа, пальцев и других чувствительных областей снаружи и внутри тела). Различия между предсказанным и полученным сигналом приводят к появлению ошибок прогнозирования, которые мозг

## Возникновение восприятия

Согласно классическим представлениям (на синем фоне), восприятие по своей сути — это прямое окно в реальность. Сенсорные сигналы, отражающие реальность как она есть, попадают в мозг по восходящему пути с помощью рецепторов в глазах, ушах, носу, на кончиках пальцев и других частях тела. Нисходящие сигналы только позволяют уточнить, что происходит. Согласно концепции восприятия как предсказательного устройства (на зеленом фоне), наоборот, ваши ощущения построены на прогнозах мозга, основанных на предыдущем опыте. Восходящие сигналы нужны главным образом, чтобы сообщить об ошибке предсказания и обуздать предположения мозга. В подобной модели восприятие — это контролируемая галлюцинация.



использует для обновления своих дальнейших прогнозов. Постоянно стремясь минимизировать ошибку сенсорного прогнозирования, мозг приближается к байесовскому выводу, и наиболее вероятное предсказание становится нашим восприятием.

Для того чтобы понять, сколь сильно такие взгляды меняют наше интуитивное представление о нейробиологической основе восприятия, полезно подумать об этом в понятиях восходящего и нисходящего потоков информации. Если предположить, что восприятие — это взгляд непосредственно на внешнюю реальность, тогда логично будет считать, что воспринимаемое содержание будет определяться восходящим сигналом, который идет от сенсорных поверхностей внутрь. Нисходящие сигналы могут лишь уточнить или помочь с контекстом, но не более. Назовем данный подход «объекты такие, какими они кажутся», в этом случае мир открывается через наши ощущения.

От этого сильно отличается концепция предсказательного устройства: значительное содержание воспринимаемого определяется нисходящими сигналами, а восходящий сенсорный поток только выверяет эти предсказания, поддерживая их в некотором соответствии с внешними вызвавшими их причинами. С этой точки зрения наше восприятие идет изнутри не меньше, а может и больше, чем извне. Оно возникает не как пассивная запись внешней реальности, а как активная реконструкция или же контролируемая галлюцинация.

Почему вдруг контролируемая галлюцинация? Людям свойственно считать галлюцинацию ложным восприятием в отличие от подлинного, реалистичного нормального процесса восприятия. С точки зрения предсказательного устройства галлюцинация и нормальное восприятие неразрывно связаны. Оба процесса зависят от взаимодействия между нисходящим предсказанием, поступающим из мозга, и идущей снизу вверх сенсорной информацией. Только при галлюцинациях сенсорные сигналы более не поддерживают предсказания в строгом соответствии



*Двухцветное изображение выглядит как беспорядочная смесь черных и белых пятен, пока вы не посмотрите на цветное изображение на с. 29*

с вызывающими их причинами в окружающем мире. То, что мы называем галлюцинацией, — это всего лишь форма неконтролируемого восприятия, а то, что мы называем нормальным восприятием, — контролируемая форма галлюцинации.

Такой подход к восприятию не означает, что нет ничего реального. Английский философ XVII в. Джон Локк в своих работах писал о важном различии между «первичными» и «вторичными» качествами. Первичные качества объекта, такие как плотность и расположение в пространстве, существуют независимо от наблюдателя. Вторичные качества, напротив, существуют только относительно воспринимающего субъекта. Хороший пример такого качества — цвет. Этим различием объясняется, почему, если вы согласны с тем, что восприятие — контролируемая галлюцинация, это не повод прыгать под едущий автобус. Плотность и расположение — первичные качества автобуса, существующие независимо от вашей системы восприятия, они могут вас травмировать. Контролируемая галлюцинация — это только способ, которым автобус предстает перед нами, но не сам автобус.

### Путешествие по лабораториям

Накапливается все больше свидетельств, что восприятие действительно можно назвать контролируемой галлюцинацией. Яркий пример тому — исследование 2015 г.,

выполненное Кристофом Тойфелем (Christoph Teufel) из Кардиффского университета в Уэльсе вместе с коллегами. В своей работе ученые сравнивали способности распознавать двухцветные изображения у склонных к галлюцинациям пациентов на начальных стадиях психотического расстройства и здоровых испытуемых.

Посмотрите на фотографию на с. 27, там приведен пример двухцветного изображения. Скорее всего, вы увидите набор черно-белых пятен. А сейчас, когда дочитаете это предложение, посмотрите на фотографию на с. 29. А затем еще раз на первое изображение — и оно должно будет выглядеть совсем по-другому. Там, где раньше были бесформенные пятна, появились объекты и какой-то сюжет.

## **Для изучения природы восприятия и галлюцинаций мы решили не наблюдать активность мозга напрямую, а смоделировать повышенное влияние предварительного перцептивного опыта с помощью уникальной системы виртуальной реальности**

В этом примере особенно примечательно то, что когда вы второй раз посмотрели на фотографию на с. 27, ваши глаза получили точно такие же сигналы, что и в первый раз. Изменились только предсказания вашего мозга о причинах сенсорных сигналов. Вы приобрели новое высокоуровневое ожидание в вашем восприятии, которое повлияло на то, что вы видите сознательно.

Если людям показать множество подобных двухцветных изображений, каждое после полноцветной фотографии, они смогут правильно распознать большинство картинок, но не все. В исследовании Тойфеля испытуемые на ранних стадиях расстройства лучше распознавали двухцветные изображения после показа полноцветного по сравнению

со здоровыми испытуемыми. Другими словами, наличие склонности к галлюцинациям усиливало влияние предварительного зрительного опыта на восприятие. Именно этого следовало ожидать, если психотические галлюцинации связаны с тем, что влияние предварительных ожиданий мозга настолько сильное, что ошибки прогнозирования не могут скорректировать восприятие и помочь выбрать наиболее вероятное предсказание о причинах сенсорных сигналов.

Недавно Фил Корлетт (Phil Corlett) из Йельского университета со своими коллегами собрали простую установку, где зажигали свет одновременно со звуковым сигналом. Это было сделано, чтобы в зависимости от экспериментальных условий испытуемые ожидали или не ожидали появления света. Ученые объединили тест с нейровизуализацией, чтобы найти области мозга, вовлеченные в прогнозирование восприятия. Когда Корлетт с соавторами получили данные, то оказалось, что в нисходящих процессах предсказания в ответ на звук особенно сильно участвуют некоторые области, например верхняя височная борозда, спрятанная глубоко в височной доле мозга. Это интереснейшие новые данные о нейронных основах контролируемых галлюцинаций.

В нашей лаборатории мы применили другой подход к изучению природы восприятия и галлюцинаций. Мы решили не наблюдать активность мозга напрямую, а смоделировать повышенное влияние предварительного перцептивного опыта с помощью уникальной системы виртуальной реальности, которую разработал наш мастер Кэисукэ Судзуки (Keisuke Suzuki). Мы в шутку называем ее «галлюцинационная машина».

Сначала с помощью 360-градусной камеры мы сделали панорамную видеозапись оживленной площади в университетском кампусе во вторник в обеденный перерыв. Затем мы добавили имитацию галлюцинации с помощью алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) программы *DeepDream* от Google. Это можно сделать, если взять один из функциональных элементов ИИ — нейронную сеть — и запустить ее задом наперед. В нашем случае сеть была обучена распознавать объекты на изображениях, так что если вы запустите ее наоборот, подавая на вход то, что обычно бывает на выходе, алгоритм поместит то, о чем он «думает», на изображение. То есть его предсказания будут подавлять сенсорную информацию, меняя результат восприятия на начальное предположение. Сеть, с которой мы работали, хорошо классифицировала разные

породы собак, поэтому наша видеозапись наполнилась четвероногими друзьями.

Многие участники, смотревшие обработанную видеозапись через шлем виртуальной реальности, отметили, что испытанные ощущения походили скорее не на психотические галлюцинации, а на красочное описание последствий приема психоделиков.

Запуская галлюцинозную машину с некоторыми вариациями, мы могли создавать разные виды сознательных ощущений. Например, если запустить нейросеть не с конца, а с середины, то это приведет к появлению в галлюцинации не целых объектов, а лишь их частей. Как выяснилось далее, такой метод помог сопоставить определенные элементы вычислительной системы, рассчитывающей предсказание, и ощущаемой галлюцинации. По мере того как мы понимаем устройство галлюцинаций, мы лучше разбираемся и в том, как работает нормальное восприятие, поскольку перцептивные прогнозы лежат в основе любого ощущения.

### Восприятие реальности

Люди, сталкивающиеся с психоделичным изображением, выдаваемым нашей галлюцинозной машиной, отлично понимают его нереалистичность. Да, несмотря на очевидный прогресс в технологиях виртуальной реальности и в компьютерной графике, сейчас нет устройств, которые могут обеспечить виртуальные ощущения, неотличимые от настоящих.

Эта была как раз главная трудность, с которой мы столкнулись, разрабатывая в Суссексе новый вариант «постановочной реальности», в то время как папа Франциск встречался с Салвой Кииром и Риеком Мачаром. Нашей целью было создание системы, которая формировала бы реалистичные изображения, чтобы испытуемые верили в реальность наблюдаемого, но на самом деле это была бы виртуальная реальность.

В основу легла простая идея. Мы снова сделали панорамную видеозапись, но на этот раз не кампуса снаружи, а обстановки нашей лаборатории. Человека, пришедшего



**Перцептивный скачок:** посмотрите, как эта фотография изменила ваше осознанное восприятие черно-белой картинки на с. 27

в лабораторию, приглашали сесть на стул в центре комнаты и надеть шлем виртуальной реальности с камерой, прикрепленной спереди. Испытуемым предлагалось осмотреть комнату, чтобы увидеть ее через камеру такой, какая она есть на самом деле. В определенный момент, без предупреждения, мы переключали канал вывода так, что в шлем проецировалось не текущее изображение, а записанное панорамное видео. Большинство людей в такой ситуации постоянно ощущают, что видят реальную обстановку, даже если изображение уже заменено на сфальсифицированное. На самом деле, это очень сложно сделать на практике, поскольку требуется тщательное выравнивание цвета и освещения, чтобы человек не заметил никакой разницы, которая подсказала бы ему подмену.

Меня восхищает полученный результат, так как он показывает возможность восприятия несуществующей обстановки как полностью реальной. Это само по себе расширяет границы исследований виртуальной реальности. Мы можем проверить, до каких пределов человек будет чувствовать реалистичность наблюдаемого и верить ей. Можно исследовать также, как чувство реалистичности влияет на другие аспекты восприятия. Прямо сейчас мы проводим эксперимент, где проверяем, верно ли, что люди хуже обнаруживают неожиданные изменения, когда ощущают реалистичность обстановки. Исследование еще

продолжается, но если дело обстоит именно так, то это подтверждает гипотезу, что восприятие объекта как реально существующего само по себе представляет собой высокоуровневое воздействие, которое может значительно влиять на выбор наиболее вероятного предсказания и менять содержание нашего восприятия.

### Реальность реальности

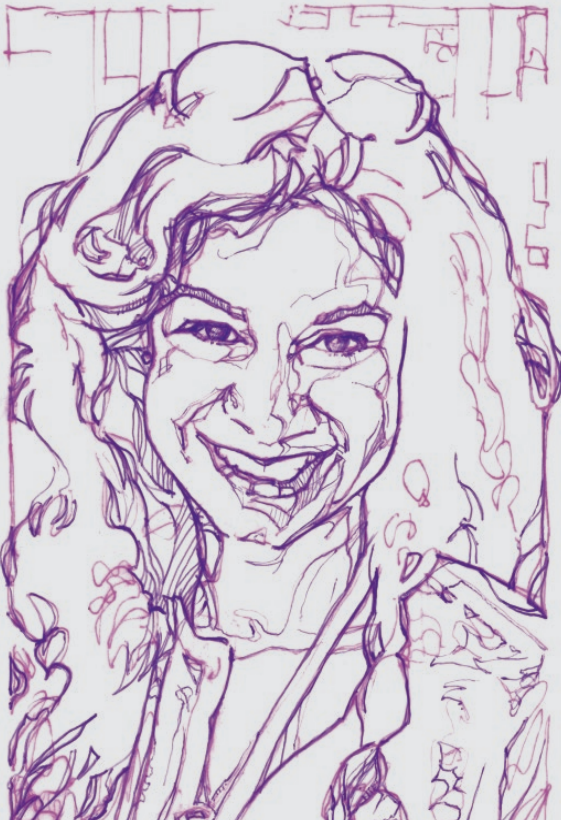
Идея, что мир наших ощущений может не совпадать с реальностью, часто встречается в философии, научной фантастике, а также в полуночных разговорах в пивных. В «Матрице» Нео выбирает красную таблетку, и Морфеус показывает, что то, что все считали реальностью, на самом деле сложная имитация, а настоящий Нео находится на человеческой ферме, где его тело служит источником

энергии для антиутопического искусственного интеллекта. В своей известной статье философ Ник Бостром (Nick Bostrom) из Оксфордского университета, опираясь в основном на статистические подсчеты, показал, что мы, скорее всего, живем в компьютерной имитации, созданной в постчеловеческую эру. В статье предполагается, что сознание можно смоделировать, — на мой взгляд, небесспорное утверждение, поэтому я не согласен с этой идеей, однако все равно она заставляет задуматься.

Такие метафизические проблемы занятно обсуждать, но, по-видимому, невозможно разрешить. Мы же в нашей статье исследовали, как в осознанном восприятии соотносятся реальность и ощущения, где частью этого ощущения выступает само чувство реальности происходящего.

## КАК ПАЛЕОБИОЛОГ ИЩЕТ ОТВЕТЫ

### В палеобиологии основная точная единица — это окаменелость (фоссилия), однозначное свидетельство жизни в прошлом.



Кроме того, мы пользуемся генетическими связями ныне живущих организмов, чтобы поместить наше ископаемое на правильное место на древе жизни. Совокупность этих данных позволяет понять, как менялись живые существа и как они между собой связаны. Поскольку мы изучаем вымерших животных не самих по себе, а в экосистеме, мы получаем нужную информацию и из других областей: химический анализ окружающих пород позволяет разобраться с возрастом ископаемого, определить, где могла быть суша в то время, какие происходили изменения в окружающей среде и т.д.

Мы просеиваем породу, чтобы найти окаменелость среди простых камней. Окаменелость отличается по форме и внутренней структуре. Так, у ископаемой кости есть маленькие цилиндрики, которые называются остеоны, у них в центре когда-то проходил кровеносный сосуд. Некоторые окаменелости очень заметны, например нога динозавра — огромная целая кость. Но и мелкие кусочки могут многое рассказать. Про млекопитающих, которыми я занимаюсь, многое можно узнать по одному зубу. Кроме того, мы можем объединить эту информацию с генетическими данными, взятыми из ДНК анализа ныне живущих организмов, по анатомическим и другим признакам близких родственников нашей окаменелости.

Мы занимаемся этим не только для того, чтобы реконструировать мир прошлого, но также чтобы узнать, что он может рассказать нам про настоящее. Например, 55 млн лет тому назад произошел сильный скачок температуры. Мы находим значительные изменения в растениях и животных той эпохи. Сейчас все происходит совсем не так, как тогда, но мы можем сравнить эти модификации с теми, которые наблюдаем при нынешнем изменении климата.

**Анджали Госвами (Anjali Goswami)**, профессор, руководительница научной работы в Музее естествознания в Лондоне, в беседе с Брук Борел.



Главная наша идея состоит в том, что восприятие — это процесс активной интерпретации, направленный не на воссоздание окружающего мира в уме, а на пластичное взаимодействие с ним через тело. Содержание нашего воспринимаемого мира представляет собой контролируруемую галлюцинацию, то есть самые вероятные предположения о принципиально непознаваемых причинах сенсорных сигналов. И по большей части многими из нас контролируемые галлюцинации воспринимаются реалистично. Как сказал канадский рэпер и популяризатор науки Баба Бринкман (Baba Brinkman), галлюцинации, содержание которых не вызывает разногласий, возможно, и называются реальностью.

Однако не всегда мы приходим к такому приглашению и не всегда чувствуем реальность объектов. Люди с диссоциативными состояниями, такими как синдром деперсонализации-дереализации, отмечают, что перестали чувствовать реалистичность в восприятии мира и даже самих себя. При некоторых галлюцинациях, например психоделических, яркие образы появляются вместе с чувством нереальности происходящего, как во время осознанных сновидений. Люди с синестезией постоянно испытывают дополнительные сенсорные ощущения: например, они могут видеть цветными черные буквы, но не воспринимают этот дополнительный цвет как нечто реальное. Даже при самом обычном восприятии, если посмотреть на солнце, некоторое время вы будете видеть послеобраз на сетчатке, не существующий в реальности. Таких случаев, когда мы воспринимаем наши ощущения как нереалистичные, еще довольно много.

Чувство реалистичности, присущее многим нашим ощущениям, — не неотъемлемое их свойство. Это просто еще одно следствие того, что наш мозг рассчитывает байесовские самые вероятные причины сенсорных сигналов. Следовательно, можно задать вопрос: какую функцию это чувство выполняет? Наиболее вероятное предположение: ощущение, которое обладает свойством реалистичности, лучше подходит для своей цели — направлять наше поведение, — чем нереалистичное. Мы будем вести себя более адекватно по отношению к чашке кофе, подъезжающему автобусу или психическому состоянию нашего партнера, если будем считать, что это существует на самом деле.

Однако тут есть и свои недостатки. Пример с платьем показывает нам, что, когда мы чувствуем реальность ощущаемого, нам

сложнее понять, что наше восприятие может отличаться от восприятия другого человека. (Кстати, основное объяснение такого разного восприятия связано с тем, что люди, проводящие большую часть бодрствования при дневном свете, видят платье бело-золотым, а «совы», кто чаще сталкивается с искусственным освещением, — видят его сине-черным.) Такие небольшие различия со временем могут закрепиться и усилиться, по мере того как мы по-разному подбираем сенсорную информацию, подходящую нашим индивидуальным моделям мира, и затем обновляем их на основе отобранной информации. Мы хорошо знаем это явление по эхокамерам СМИ и социальных сетей, которые мы выбираем для чтения. Я считаю, что тот же принцип работает и на более глубоких уровнях от формирования наших социополитических взглядов и до создания перцептивной реальности. Его можно даже применить к ощущению самого себя (как это — быть мной или быть кем-то еще), потому что это также своего рода процесс восприятия.

Понимание того, как строится и создается наше восприятие, приобретает социальную значимость. Возможно, когда мы оценим все разнообразие внутренних реальностей миллиардов людей на планете, мы найдем новую основу взаимопонимания для двух сторон, воюющих в гражданской войне, приверженцев разных политических партий или даже для двух живущих вместе людей, решающих, кому мыть посуду. ■

**Перевод: М.С. Багоцкая**

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

- Shift toward Prior Knowledge Confers a Perceptual Advantage in Early Psychosis and Psychosis-Prone Healthy Individuals. Christoph Teufel et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 112, No. 43, pages 13,401–13,406; October 27, 2015.
- A Deep-Dream Virtual Reality Platform for Studying Altered Perceptual Phenomenology. Keisuke Suzuki et al. in Scientific Reports, Vol. 7, Article No. 15982; November 22, 2017.
- Being a Beast Machine: The Somatic Basis of Selfhood. Anil K. Seth and Manos Tsakiris in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 22, No. 11, pages 969–981; November 1, 2018.

ИСТИНА • ЛОЖЬ  
& НЕЯСНОСТЬ



# ЛОЖЬ

Часть 2

**ЛОЖЬ  
В ДИКОЙ ПРИРОДЕ** С. 34  
*Барбара Кинг*

**ПОЧЕМУ  
МЫ ВЕРИМ ЛЖИ** С. 40  
*Кэйлин О'Коннор  
и Джеймс Оуэн Уэтеролл*

**ЗАРАЗНАЯ  
КОРРУПЦИЯ** С. 50  
*Дэн Ариели  
и Химена Гарсиа-Рада*



# ЛОЖЬ В ДИКОЙ ПРИРОДЕ

ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ – ДАЛЕКО  
НЕ ЕДИНСТВЕННОЕ СУЩЕСТВО НА ЗЕМЛЕ,  
СПОСОБНОЕ ВРАТЬ: МИР ЖИВОТНЫХ  
ИЗОБИЛУЕТ ЛЖЕЦАМИ И ОБМАНЩИКАМИ

*Барбара Кинг*



Дикую природу в наши дни все чаще изображают в виде некоего райского сада, где царят любовь, гармония и всеобщее согласие. Общественное сознание бомбардируется все новыми фактами сотрудничества и взаимопомощи среди плавающих, летающих и бегающих существ. В морях и океанах групперы, губаны и угри образуют многовидовые команды и сообща охотятся на мелкую рыбешку, а затем дружно лакомятся добычей. В кустарниковых зарослях Австралии разноцветные расписные малюры вступают в тесные партнерские отношения с блестящими расписными малюрами, совместно защищая с ними свои гнездовые участки. Заметив, что цыплята испытывают легкий дискомфорт, куры-наседки обнаруживают симптомы сильного эмфатического дистресса. Шимпанзе устремляются к проигравшему в драке сородичу и спешат утешить его, даже если сами не принимали в потасовке никакого участия. А крысы великодушно жертвуют кусочками шоколада, чтобы выволить своих товарищей из заливаемого водой небольшого бассейна...



## ОБ АВТОРЕ

**Барбара Кинг** (Barbara J. King) — почетный профессор антропологии в Колледже Вильгельма и Марии (США). Изучает эмоции и интеллект приматов и многих других животных.



На протяжении долгих веков натуралисты, наблюдавшие и изучавшие поведение животных, переоценивали роль соперничества (конкуренции) и агрессии в их жизни. Сегодня, пытаясь скорректировать традиционное представление о дикой природе, названной английским поэтом XIX в. лордом Альфредом Теннисоном миром с «окровавленными зубами и когтями», ученые все чаще говорят о доброте и заботливости животных. Но даже в том случае, когда мягкосердечие животных заставляет нас плакать от умиления, не стоит забывать и об обратной стороне медали. К тому же многие животные — настоящие гении дезинформации, способные мастерски вводить в заблуждение и своих сородичей, и представителей других видов. Они беззастенчиво обманывают, дезориентируют и сбивают их с толку при каждом удобном случае.

### Умышленный обман

Обманное поведение животных можно определить как посылку ложных сигналов другим существам с целью изменить их поведение выгодным для себя образом. Одни из самых выдающихся мастеров такой «дезы» — каракатицы. Благодаря особым, содержащим пигменты, клеткам кожи (хроматофорам) эти родственники кальмаров и осьминогов могут молниеносно менять окраску тела. Фантастическая способность к камуфляжу помогает каракатицам даже в амурных делах. В 2017 г. группа морских биологов под руководством Джастина Аллена (Justine Allen) из Брауновского университета (США), проводившая подводные исследования в Эгейском

море, наблюдала, как к самке обыкновенной каракатицы вплотную подплыл самец. Демонстрируя явное безразличие, самка отплыла от ухажера и легла на морское дно. Самец тут же изменил окраску тела в тон окружающего фона и в течение шести минут сохранял полную неподвижность. Когда самка, казалось, забыла о присутствии сородича, он сделал резкий рывок, схватил ее щупальцами и спарился с нею.

У траурной каракатицы (*Sepia plangon*), обитающей в австралийских морях, обманное поведение одной лишь маскировкой не ограничивается. Самец, плывущий между самкой-любовницей слева и самцом-соперником справа, подает два типа сигналов, содержащих прямо противоположную информацию. Соседка слева получает от него типичные «мужские» сигналы ухаживания, а находящемуся справа самцу он адресует сигналы, характерные для особей женского пола. Таким образом, в глазах конкурента-самца этот плут старается предстать в образе самки. Какой хитроумный и коварный трюк!

Биолог Калум Браун (Culum Brown) и его сотрудники из Университета Маккуори в Сиднее назвали такую «двойную» сигнализацию тактическим обманом: самец траурной каракатицы демонстрирует этот паттерн поведения с определенной целью и только в особом контексте — когда он ухаживает за самкой в присутствии единственного соперника мужского пола. Маскировка, подражание (микрия) и тактический обман — три основных типа обманного поведения животных. Как явствует из приведенных выше примеров из жизни каракатиц, четкой границы между

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Люди — далеко не единственные существа на Земле, способные на обман: ученые выявили склонность к дезинформации у широкого спектра животных. С помощью маскировки и подражания животные вводят в заблуждение как сородичей, так и представителей других видов.
- Иногда животные прибегают к ложной сигнализации преднамеренно. Такую стратегию, названную учеными стратегическим обманом, практикуют самые разные существа — от каракатиц до собак.

этимися формами «мошенничества» провести нельзя. Когда попытки ввести других животных в заблуждение предпринимаются преднамеренно — будь то маскировка, подражание или какая-либо иная уловка, — речь так или иначе идет о тактическом обмане.

Люди воспринимают окружающий мир главным образом с помощью глаз, а потому чаще всего их вводит в заблуждение неправильная интерпретация изображений. Но обманывать людей и животных могут и другие органы чувств. Траурный дронго — небольшая певчая птица, обитающая в африканских саваннах. Заметив хищника, дронго издает громкие тревожные крики. Во многих случаях такая сигнализация приносит пользу не только его сородичам, но и другим живущим по соседству существам: услышав крики дронго, сурикаты, дроздовые тимелии и прочие звери и птицы тут же прячутся в укрытиях. Но иногда дронго идет на бесчестье. Так, при виде сурикат, поймавшей какую-нибудь лакомую добычу (например, жирного геккона), птица принимается издавать ложные сигналы тревоги — хотя никаких хищников поблизости нет и в помине! Услышав крики, зверек бросает лакомство и устремляется в безопасную нору, а дронго тем временем подбирает добычу и съедает ее. Зоолог Том Флауэр (Tom Flower) и его сотрудники из Университета Капилано (провинция Британская Колумбия, Канада) обнаружили, что добыча, полученная в результате такого надувательства, составляет почти четверть всего пищевого рациона траурных дронго.

Мошеннические таланты дронго этим не ограничиваются. «Правдивая» сигнализация в мире животных — вполне обычное явление. Ведь если одну и ту же аудиторию слишком часто вводить в заблуждение, соседи вскоре разоблачат обманщика и перестанут ему верить. В конце концов, синдром мальчика-лжеца, беспричинно кричавшего: «Волки!», животные «диагностируют» так же легко, как и люди. Учитывая это обстоятельство, эволюция соответствующим образом сформировала вокальный репертуар дронго: по данным Флауэра и его коллег, эти птицы могут издавать около 50 различных ложных сигналов тревоги и по-разному варьировать их во время кражи еды. При повторных попытках обмануть какое-нибудь животное дронго примерно в 75% случаев изменяет характер тревожных сигналов и при этом нередко издает крики, характерные для самих животных-жертв. Такое сочетание голосового подражательства и тактического обмана — к великой радости дронго — сильно затрудняет распознавание

жертвами его плутовства. Можно думать, что дронго, как и каракатицы, обманывают других животных преднамеренно, — и это вполне правомочное предположение, потому что в обоих случаях животные-обманщики посылают сигналы не как попало, а только после тщательного анализа социальной составляющей динамичного природного окружения.

С учетом нашей собственной склонности к преднамеренному обману, сформированной в процессе эволюции, не вызывает удивления тот факт, что едва ли не самые виртуозные «аферисты» в мире животных — наши ближайшие родственники обезьяны. По наблюдениям приматолога Франса де Ваала (Frans de Waal) из Университета Эмори (США), шимпанзе по кличке Йерун, живущий в зоопарке города Арнема (Нидерланды), начинает прихрамывать только в присутствии своего главного соперника, самца Никки; вероятно, с помощью этой уловки притворщик пытается вызвать сочувствие у более сильного сородича. Изучение шимпанзе и многих других обезьян показывает, что в ситуациях, связанных с возможным спариванием или получением лакомства, эти приматы постоянно придумывают все новые способы, позволяющие отвлечь внимание или вводить в заблуждение сородичей, мешающих им добиться цели.

### Бессознательная суета

Однако сложность и тем более «изящество» мошеннического поведения животных не зависят от его преднамеренности. Австралийский паук ордгариус великолепный (*Ordgarius magnificus*) охотится на ночных бабочек с помощью своего рода «лассо» — длинной клейкой паутиной нити, которой он размахивает в воздухе до тех пор, пока к ней не прилипнет жертва. Но главная хитрость в поистине макиавеллиевском духе заключается в том, что шарик на конце этой паутины обмазан особым феромоном и испускает запах, имитирующий запах бабочек-самок. Привлеченный неотразимым ароматом, самец подлетает к нити и прилипает к ней. Пойманную добычу хищник поедает сразу же или откладывает про запас. Ни о какой «продуманной» охотничьей стратегии в этом случае говорить не приходится: эволюция способствовала формированию такого поведения, потому что оно повышало репродуктивный успех паука.

Точно такой же механизм лежит и в основе обманного поведения плодовых мушек. Эти насекомые совершенно не стесняются своих каннибалистических пристрастий: их молодые личинки охотно поедают более взрослых или травмированных особей. Но яйцами

сородичей они лакомятся редко. Объяснение данному феномену дали эколог Сунита Нарасимха (Sunitha Narasimha) и ее сотрудники из Лозаннского университета в Швейцарии. Оказалось, что, откладывая яйца, самка плодовой мушки обмазывает их особым феромоном, маскирующим предательские запахи, которые могли бы привлечь к яйцам хищных личинок.

Особенно часто животные прибегают к ложной сигнализации в связи со спариванием и размножением. Из всех птиц самыми безответственными матерями считаются самки кукушек, подкидывающие свои яйца в гнезда других пернатых и затем бросающие их на произвол судьбы. Обманутые «приемные родители» насиживают чужие яйца, а затем и выкармливают птенцов-подкидышей.

Но в мире пернатых такое поведение (гнездовой паразитизм) свойственно не только кукушкам: его практикуют около 200 видов птиц.

Некоторые животные начинают демонстрировать обманное поведение еще задолго до размножения. Самки кумжи (форели), совершенно не готовые к икротетанию, порой начинают энергично вибрировать телом, как они делают это во время нереста. Эрик Петерссон (Erik Petersson) и Торбьорн Ярви (Torbjörn Järvi) из шведского Национального комитета по рыбоводству, изучавшие в 2011 г. такое необычное поведение, назвали его «ложным оргазмом». В ответ обманутые самцы извергали сперму (молоки), но оплодотворять им было нечего. Зачем же самкам кумжи нужно впустую тратить столько энергии? Возможно,

## КАК СОЦИАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГ ИЩЕТ ОТВЕТЫ

### Главный эпистемологический вопрос к машинному обучению заключается в следующем: насколько мы способны проверять правильность гипотез?



Алгоритмы позволяют выделять паттерны, закономерности и детали из огромной массы примеров. Так, алгоритм может научиться идентифицировать определенную кошку после просмотра тысячи кошачьих фотографий. Пока мы не располагаем более надежной интерпретируемостью информации, можно проверить, как был достигнут тот или иной результат, обращаясь к выводам, полученным с помощью алгоритмов. А это наводит на мысль, что мы не несем реальной ответственности за результаты работы систем глубокого обучения — не говоря уже о тех случаях, когда речь идет об их влиянии на социальные структуры. Все эти вопросы активно обсуждаются сегодня специалистами в области машинного обучения.

Кроме того, возникает вопрос: не выступает ли машинное обучение некоей формой отказа от научного метода, направленного на отыскание не только корреляций, но и причинных связей между событиями? Современные исследования в этой области провозгласили корреляционные отношения своим «символом веры» в ущерб причинно-следственным связям. Это поднимает серьезные вопросы о верифицируемости алгоритмов и программ.

В некоторых случаях мы движемся вспять. Так, например, происходит в области машинного зрения и распознавания эмоций. Эти системы позволяют по фотографиям людей предсказывать их расовую принадлежность, пол, сексуальную ориентацию и криминальные наклонности. Подобные подходы вызывают научную и этическую озабоченность: они сильно отдают древними френологией и физиогномикой. Акцент на изучении корреляций может поставить под сомнение нашу способность определять идентичность людей. Учитывая, однако, долгие десятилетия гуманитарных и социологических исследований этих вопросов, можно думать, что высказанное соображение не должно вызвать слишком горячей полемики.

**Кейт Кроуфорд** (Kate Crawford), заслуженный профессор-исследователь Нью-Йоркского университета, сооснователь Института по изучению искусственного интеллекта (AI Now) при Нью-Йоркском университете, член консультативного совета журнала *Scientific American*, в беседе с Брук Борел.





*Лжецы от природы: плодовая мушка (1), траурная каракатица (2) и траурный дронго (3) — одни из великого множества животных, часто прибегающих к обманному поведению*

этим трюком самки попросту пытаются «расхолодить» несимпатичных им самцов, чтобы исключить их участие в последующем нересте. Но в то же самое время Петерсон и Ярви обнаружили, что чем меньше оставалось времени до реального нереста, тем более возрастала частота ложных оргазмов у самок. А потому не исключено, что самки обманным путем пытались добиться — и добивались — высвобождения спермы сразу несколькими самцами, что способствует повышению жизнеспособности рыбьего потомства.

### Одомашненные лжецы

На обман способны даже наши домашние питомцы. Собак превозносят за их неподкупную верность, но на самом деле все гораздо сложнее. Этолог Марианна Хеберляйн (Marianne Heberlein) из Цюрихского университета провела следующий опыт: участвовавшие в нем домашние собаки должны были взаимодействовать с женщинами, одна

из которых делилась с ними лакомством (назовем ее Добрячкой), а другая целиком съела его сама (Жадина). После этого возникла ситуация, когда собаки могли отвести каждую из женщин к излюбленному лакомству, нелюбимой пище или к месту, где еды не было вовсе. В первый день собаки чаще отводили обеих женщин к месту с любимым лакомством. На второй день, однако, когда собаки немного разобрались в сложившейся ситуации, они стали реже приводить Жадину к лакомству, а также вести менее активный поиск пищи в ее присутствии.

Каждый, у кого были собаки, отлично знает, с каким трудом эти существа отказываются от любимой еды. По-видимому, собаки в описанном эксперименте решили увеличить свои шансы на получение вожаденного лакомства чуть позднее — и догадались, что они могут легко достичь этого, обманув эгоистичную Жадину. А может быть, рассуждает Хеберляйн, собакам попросту не хотелось

доставлять удовольствие несимпатичному им человеку. Но какими бы мотивами ни руководствовались животные, их обман явно имел тактический (преднамеренный) характер.

Какой отсюда может извлечь урок владелец собаки? Относитесь к своему питомцу по-доброму, и он будет точно так же относиться к вам. Не забывайте, что животные тоже способны на двуличие и лицемерие, причем прибегают к такому поведению вполне осознанно, а порой даже с удовольствием. Не напоминают ли вам хитрость собак, ложная сигнализация каракатиц в преддверии спаривания или птиц, собирающихся украсть лакомство, некоторые уловки, к которым порой прибегают люди? Но даже у тех видов животных, представители которых практикуют немотивированный обман, в одних ситуациях особи могут действовать честно, а в других «непорядочно»: двойственность поведения и психики, в полной мере свойственная и людям. ■

Перевод: А.В. Щеглов

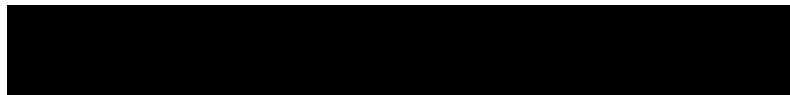
# ПОЧЕМУ МЫ ВЕРИМ ЛЖИ

САМАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ  
ЛОЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ  
НАЧИНАЕТСЯ С ЗЕРЕН ПРАВДЫ

Кэйлин О'Коннор и Джеймс Оуэн Уэтеролл

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Кинг Б. Скорбь кошки // ВМН, № 5–6, 2019.
- “False Orgasm” in Female Brown Trout: Trick or Treat? Erik Petersson and Torbjörn Järvi in *Animal Behaviour*, Vol. 61, No. 2, pages 497–501; February 2001.
- It Pays to Cheat: Tactical Deception in a Cephalopod Social Signalling System. Culum Brown et al. in *Biology Letters*, Vol. 8, No. 5, pages 729–732; October 23, 2012.
- Deception by Flexible Alarm Mimicry in an African Bird. Tom P. Flower et al. in *Science*, Vol. 344, pages 513–516; May 2, 2014.
- Chimpanzees Strategically Manipulate What Others Can See. Katja Karg et al. in *Animal Cognition*, Vol. 18, No. 5, pages 1069–1076; September 2015.
- Deceptive-like Behaviour in Dogs (*Canis familiaris*). Marianne T.E. Heberlein et al. in *Animal Cognition*, Vol. 20, No. 3, pages 511–520; May 2017.
- *Drosophila melanogaster* Cloak Their Eggs with Pheromones, Which Prevents Cannibalism. Sunitha Narasimha et al. in *PLOS Biology*, Vol. 17, No. 1, Article No. e2006012; January 10, 2019.



В середине XIX в. на Северо-Востоке США начали распространяться гусеницы размером с человеческий палец. Это появление гусениц бражника пятиточечного сопровождалось ужасающими сообщениями об агрессивном поведении гусениц по отношению к людям и отравлениях со смертельным исходом. В июле 1869 г. газеты по всему региону разместили информацию, предупреждающую о появлении насекомого, сообщив, что у девочки из Ред-Крик, штат Нью-Йорк, после контакта с гусеницей «начались спазмы, приведшие к смерти». Осенью того же года газета *Syracuse Standard* опубликовала рассказ некоего доктора Фуллера, который нашел особенно крупный экземпляр гусеницы. Врач предостерег, что гусеница «ядовита, как гремучая змея», и заявил, что ему известно о трех смертельных случаях, связанных с действием ее яда.



## ОБ АВТОРАХ

**Кэйлин О'Коннор** (Cailin O'Connor) — адъюнкт-профессор логики и философии науки, а **Джеймс Оуэн Уэтеролл** (James Owen Weatherall) — профессор логики и философии науки в Калифорнийском университете в Ирвайне. Соавторы книги «Век дезинформации: как распространяются ложные убеждения» (*The Misinformation Age: How False Beliefs Spread*, 2019); сотрудники Института математических поведенческих наук.



Несмотря на то что гусеница бражника пятиточечного очень прожорлива и может уничтожить куст томатов за несколько дней, в действительности она безвредна для человека. К тому моменту, когда Фуллер опубликовал свою драматичную историю, энтомологи уже десятки лет знали о том, что насекомое безобидно, и специалисты повсеместно высмеивали заявления Фуллера. Так почему слухи продолжали существовать даже несмотря на то, что истина была легкодоступна? Люди — социально обучающиеся существа. Большинство наших убеждений формируются под влиянием утверждений тех, кому мы доверяем: наших учителей, родителей и друзей. Такая социальная передача знания лежит в основе культуры и науки. Но, как демонстрирует история с гусеницей бражника, наша способность обладает серьезной уязвимостью: иногда распространяемые нами идеи ошибочны.

В последние пять лет пристальное внимание стали привлекать механизмы, приводящие к тому, что социальная передача знания может нас подвести. Ложная информация, размещаемая на веб-сайтах социальных медиа, подпитывает эпидемию ложных убеждений и широкое распространение заблуждений, касающихся разных тем: от представлений о повсеместной фальсификации результатов выборов до вопросов о том, была ли стрельба в школе Сэнди-Хук постановкой или безопасны ли вакцины. Сейчас

произошла интенсификация тех же базовых процессов, что лежали в основе распространения страха по поводу гусениц бражника, и в некоторых случаях это привело к полной потере доверия общества к основным социальным институтам. Одним из последствий стала крупнейшая в нынешнем поколении вспышка кори.

Может показаться, что в данном случае «ложная информация» — неправильный термин. Кроме того, многие из современных ложных убеждений, приносящих максимальный вред, первоначально формируются под влиянием пропаганды и дезинформации — действий, заведомо направленных на причинение ущерба. Но столь высокая эффективность пропаганды и дезинформации в век социальных сетей отчасти связана с тем, что люди, подпавшие под это влияние, не имея намерения ввести кого-то в заблуждение, активно распространяют информацию среди друзей и других участников сети, которые им доверяют. Социальные медиа превращают дезинформацию в ложную информацию.

Многие специалисты по теории коммуникации и социологи пытаются понять, как сохраняются ложные убеждения, путем моделирования распространения идей как инфекции. В математических моделях с использованием компьютерного алгоритма создают симуляции — упрощенные представления социальных взаимодействий людей, — и затем изучают их, чтобы понять, что происходит

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Социальные медиа способствуют распространению ложных представлений в беспрецедентных масштабах.
- Моделируя способы распространения ложной информации через сети, объединяющие людей, исследователи изучают, как социальное доверие и конформизм влияют на достижение согласия в обществе.
- Добавление в модели пропагандистов показывает, насколько легко можно манипулировать мнением, даже когда ученые собрали предостаточно доказательств.

в реальности. В модели заражения идеи — как вирусы, передающиеся от одного человека другому. Сеть состоит из узлов, представляющих отдельных людей, и ребер, изображающих социальные взаимосвязи. Идею «помещают» в один «разум», а потом смотрят, как она распространяется при разных допущениях о том, когда произойдет передача.

Модели заражения чрезвычайно просты, но их применили для объяснения удивительных образцов поведения — например, эпидемии суицидов, охватившей Европу после публикации «Страданий юного Вертера» Гете в 1774 г., или ситуации в США, когда в 1962 г. рабочие-текстильщики сообщали о тошноте и онемении после укуса водображаемого насекомого. Эти модели также объясняют, как некоторые ложные убеждения распространяются в интернете. Перед последними президентскими выборами в Facebook появилось фото молодого Дональда Трампа, сопровождавшееся цитатой якобы из его интервью журналу *People* от 1998 г.: если Трамп когда-нибудь будет баллотироваться в президенты, то от республиканцев, потому что эта партия состоит из «самой глупой группы избирателей». Хотя и неясно, кто выступил «нулевым пациентом», мем быстро передавался от профиля к профилю.

Недостоверность мема оперативно установили и разоблачили. Веб-сайт по проверке фактов *Snopes* сообщил, что цитата была сфабрикована не ранее октября 2015 г. Но, так же как и в случае с гусеницей бражника пятиточечного, попытки представить истину не повлияли на процесс распространения слухов. Только одной копией мема поделились более 500 тыс. раз. Когда новые участники делились мемом в течение нескольких последующих лет, их ложные убеждения «инфицировали» друзей, увидевших мем, и те, в свою очередь, распространяли ложное представление в новых участках сети.

Именно поэтому многие часто раздаваемые мемы, по-видимому, невосприимчивы к проверке достоверности и их трудно развенчать. Каждый человек, поделившийся мемом о Трампе, вместо того чтобы самому проверить его достоверность, попросту поверил другу, раздававшему этот мем. Выкладывание фактов не поможет, если никто не удосуживается их искать. Может показаться, что



**Протестующие** пользуются формулировкой «свобода выбора» для распространения ложной информации о безопасности вакцин

проблема заключается в лени или легковерии, и тогда есть простое решение: более высокий уровень образования и развитие навыков критического мышления. Но это не совсем верно. Иногда ложные убеждения сохраняются и распространяются даже в тех сообществах, где каждый из всех сил старается установить истину, собирая доказательства и делаясь ими. В таких случаях проблема не в бездумном доверии. Корень проблемы находится гораздо глубже.

### Доверие к доказательствам

Страница в Facebook «Остановим обязательную вакцинацию» имеет свыше 140 тыс. подписчиков. Ее модераторы регулярно размещают материалы, которые должны служить для этого сообщества доказательством того, что вакцины вредны или неэффективны, в том числе новые истории, научные статьи и интервью с известными противниками вакцинации. На страницах другой группы в Facebook тысячи обеспокоенных родителей задают вопросы о безопасности вакцин и отвечают на них, часто делятся научными статьями и юридическими консультациями, поддерживающими усилия против вакцинации. Участники таких онлайн-сообществ очень обеспокоены возможным вредом вакцин и активно стараются найти истину. И все же они приходят к опасно неверным заключениям. Как это происходит?

Модель заражения не подходит для ответа на этот вопрос. В этом случае нужна модель, в которой учитываются ситуации, когда

# Как наука о сетях отображает распространение ложной информации

Мы используем науку о сетях, чтобы лучше понять, как социальные взаимосвязи влияют на убеждения и поведение людей в социальной сети, в частности, как ложные убеждения могут распространяться от человека к человеку. Здесь мы рассмотрим два вида сетевых моделей, учитывающих разные способы распространения идей или мнений. Каждый узел сети в этих моделях представляет отдельного человека. Каждое ребро, или соединение между узлами, представляет социальные связи.

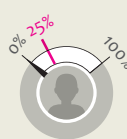
## МОДЕЛЬ ЗАРАЖЕНИЯ

В моделях заражения идеи или убеждения рассматривают как вирусы, передающиеся от человека к человеку в социальной сети. Эта «инфекция» может действовать разными путями. В некоторых моделях каждый «заразится» от инфицированного соседа. В других идеи распространяются, когда будет инфицировано некоторое число соседей конкретного человека. Здесь мы иллюстрируем такие «комплексные заражения» в примерах, где люди примут новое мнение, если его придерживаются по меньшей мере 25% их соседей. В таких моделях структура сети влияет на то, как распространяются идеи.

### Как читать схемы заражения

- Каждый обозначенный кружком узел сети — это человек, на которого влияют идеи, представленные другими.
- Каждая линия отображает связи между отдельными людьми.

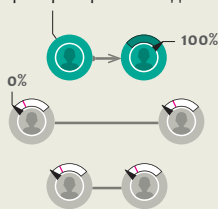
На шкале в верхней части каждого узла показан процент связей с людьми, придерживающимися определенного мнения. В представленном ниже сценарии порог, при котором человек принимает мнение своих соседей, составляет 25% (по меньшей мере 1 из 4).



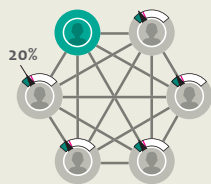
## СОЕДИНЕНИЕ И ПЕРЕКРЫВАНИЕ

В менее связанных группах идеи неспособны достичь каждого участника. Иногда слишком большое число связей также может остановить распространение идеи. В некоторых сетях имеются тесно спаянные небольшие группы, и даже если идея распространяется в пределах одной такой группы, она с трудом передается другим подобным группам.

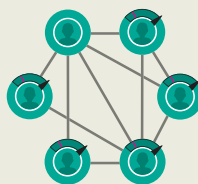
Слишком мало связей: сложная идея (зеленый) начинается с узла сети (человека) и не распространяется далеко



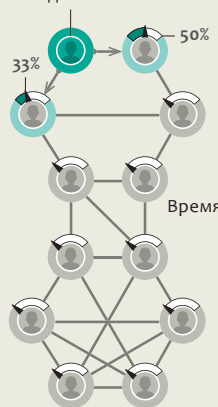
Слишком много связей: идея не распространяется



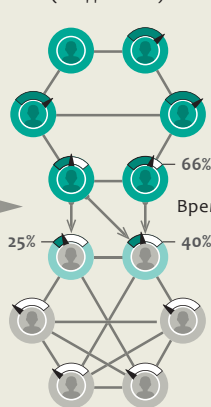
То, что нужно: идея распространяется



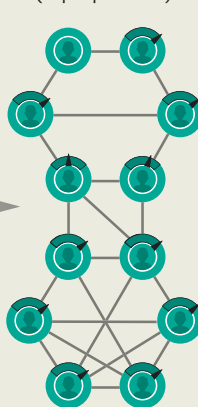
Начальное состояние: сложная идея начинается с одного человека



Идея распространяется в пределах группы (соединение)



Идея передается к следующей группе (перекрывание)



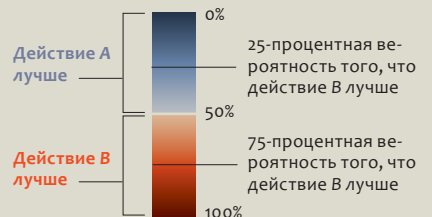
## ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СЕТИ

Эпистемологические модели сети представляют положение, при котором люди формируют мнение, собирая данные и делая ими. Модели такого типа применимы к различным ситуациям в науке. Убеждения не просто распространяются от человека к человеку. Наоборот, каждый человек в некоторой степени уверен в идее. Это побуждает людей собирать свидетельства в ее поддержку, и такие данные меняют их мнение. Каждый человек делится своими данными со своим сетевым окружением, и это также влияет на их убеждения.

### Как читать диаграммы эпистемологической схемы сети

Каждый обозначенный кружком или квадратом узел — это человек, на которого влияют данные, представляемые другими. Каждый имеет мнение о том, какое из действий лучше: **действие А** (синий) или **действие В** (оранжевый). Человек со временем может укрепиться в своем мнении, отступить от него и/или изменить его на противоположное, как показано здесь путем изменения цветов.

Интенсивность цвета представляет степень уверенности человека в определенном действии. Например, 75% означает, что, по мнению человека, существует 75-процентная вероятность того, что **действие В** лучше, чем **действие А**. Затем мы используем теорему Байеса, представляющую собой с точки зрения теории вероятности рациональное средство изменения убеждений в свете доказательств, для обновления данных о доверии индивида в свете этого результата и для последующего обновления всех связей в его сети.

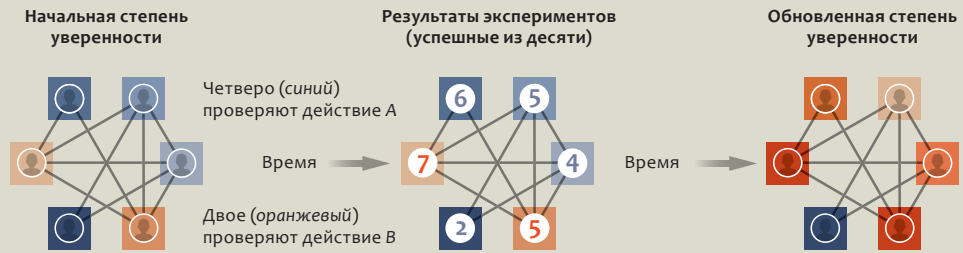


- Обозначенные квадратом узлы сети — это люди, выполняющие проверку действия и обновляющие свои убеждения соответственно (искатели доказательств)
- Обозначенные кружком узлы — люди, наблюдающие за результатами других, но не выполняющие проверку действия непосредственно (наблюдатели)
- Звездами представлены люди, которые сами не придерживаются какого-то мнения, но сосредоточены на внедрении избирательных результатов в систему (пропагандисты)

SOURCES: THE WISDOM AND/OR MADNESS OF CROWDS, BY NICKY CASE (https://nicky.case.me/crowds); THE MISINFORMATION AGE: HOW FALSE BELIEFS SPREAD, BY CALVIN O'CONNOR AND JAMES OWEN WEATHERALL, YALE UNIVERSITY PRESS, 2019; Graphic by Jen Christiansen

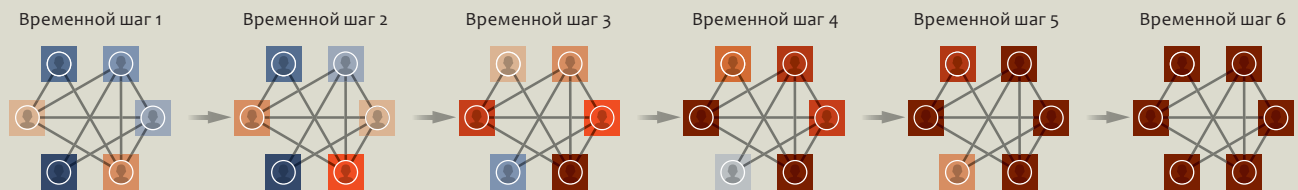
### ОБНОВЛЕНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ

В этих моделях вначале люди обладают некоей случайной степенью уверенности (или веры) в том, какое из действий, А или В, лучше. Затем они предпринимают то действие, которое предпочитают, то есть «экспериментируют». Результаты служат доказательством успеха таких действий, которым они делятся с соседями. Все люди меняют свое мнение на основе того, что они наблюдают.



### СБЛИЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ ВЕРНЫХ УБЕЖДЕНИЙ

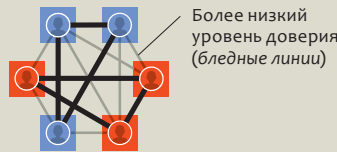
Социальные связи в таких моделях означают, что со временем группа людей придет к согласию в вопросе о том, какое из действий лучше. По мере того как люди собирают данные и делятся ими, обычно они узнают, что лучший способ действий — действительно лучший. Кто-то, например, проверив худший вариант, увидит, насколько лучше идут дела у соседа, и изменит мнение. Однако иногда ряд вводящих в заблуждение свидетельств могут убедить всю группу в том, что худший вариант действия — лучший.



### ПОЛЯРИЗАЦИЯ

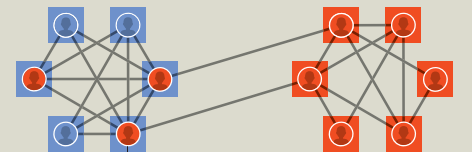
Если добавить в эти модели социальное доверие или конформность, группа уже может не достичь согласия. Когда каждый человек доверяет данным, поступающим от тех, кто разделяет его убеждения, формируются полярные лагеря, в которых люди слушают только тех, кто принадлежит к их лагерю. Если каждый стремится соответствовать в своих поступках участникам своей группы, верные идеи не могут распространяться между небольшими группами.

#### Устойчивые противоположные мнения в рамках группы



Более низкий уровень доверия (бледные линии)

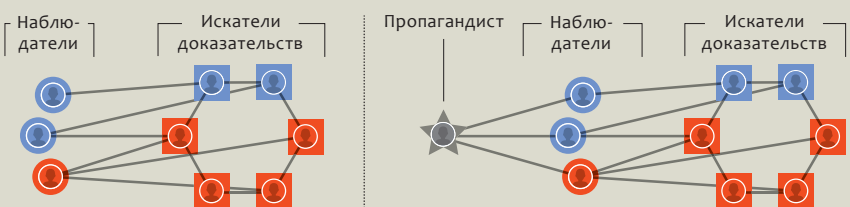
#### Структура из небольших групп с устойчивыми противоположными мнениями из-за конформизма



Считают, что действие В (оранжевый) лучше, но приспособляются к действиям синей небольшой группы

### ИСКАТЕЛИ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ, НАБЛЮДАТЕЛИ И ПРОПАГАНДИСТЫ

В некоторых случаях пропагандисты стараются ввести группу людей в заблуждение относительно научных данных. Мы можем использовать эти модели, чтобы представить ряд искателей доказательств, собирающих данные, группу наблюдателей, меняющих свои убеждения на основе таких данных, и пропагандиста, вводящего наблюдателей в заблуждение.



### ИЗМЕНЕНИЕ МНЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Пропагандисты от индустрии формируют общественное мнение, избирательно раздавая только такие результаты, которые ненамеренно ложно свидетельствуют в пользу худшего действия. Это может ввести публику в заблуждение, причем даже в тех случаях, когда группы искателей доказательств приходят к согласию на основе верного представления. При такой стратегии дезинформации для введения общества в заблуждение используется присущий научным результатам вероятностный характер.



убеждения людей формируются на основе доказательств, собранных и разделяемых ими. В ней также необходимо учитывать, почему у этих людей возникает необходимость сначала найти истину. Когда речь идет о здоровье, действия на основе ложных убеждений могут иметь серьезные последствия. Если вакцины безопасны и эффективны (так оно и есть), а родители не делают прививку, то они подвергают ненужному риску своих детей и людей с подавленным иммунитетом. Если же вакцины небезопасны, как решили участники этих групп в социальной сети, тогда появляются другие риски. Это означает, что еще важнее установить истину и действовать соответственно.

Для того чтобы лучше понять такое поведение, в нашем исследовании мы использовали эпистемологическую схему сети. Впервые она была разработана экономистами 20 лет назад для изучения распространения убеждений в обществе. Такого рода модели состоят из двух частей: проблемы и сети индивидов (или «агентов»). Проблема связана с выбором одного из двух вариантов: например,

«вакцинировать» или «не вакцинировать» ваших детей. В модели агенты уже обладают представлениями о том, какой выбор лучше. Некоторые считают вакцинацию безопасной и эффективной, другие полагают, что она вызывает аутизм. Убеждения агентов формируют их поведение: те, кто считает вакцины безопасными, выбирают «вакцинировать». Их поведение, в свою очередь, формирует их мнение. Когда агенты делают прививку и видят, что ничего плохого не случилось, они еще больше убеждаются в том, что вакцинация действительно безопасна.

Вторая часть модели — это сеть, представляющая социальные связи. Агенты могут делать выводы, исходя не только из собственного опыта вакцинации, но и из опыта своих соседей. Таким образом, окружение людей играет крайне важную роль в том, какие убеждения у них в конечном итоге сформируются.

В эпистемологической схеме сети учитываются некоторые необходимые характеристики, упускаемые в моделях заражения: люди намеренно собирают данные, делятся ими

## КАК СТАТИСТИК ИЩЕТ ОТВЕТЫ



### В статистике мы, как правило, видим не всю Вселенную, а лишь ее часть.

Обычно малую часть, которая может поведать историю, совершенно отличающуюся от рассказанного другой малой частью. Мы стараемся совершить скачок от этих малых частей к более крупной истине. Многие люди считают, что основной единицей истины служит  $p$ -уровень значимости — статистический показатель, отражающий, насколько неожиданно то, что наблюдается в нашей малой части, если наши допущения о более масштабной Вселенной состоятельны. Но я не думаю, что это правильно.

На самом деле представление о статистической значимости основывается на произвольном пороговом значении  $p$ -уровня, и оно может не иметь ничего общего с реальной или научной значимостью. Слишком легко прийти к модели мышления, при которой такому произвольному пороговому значению придается смысл, — это дает нам ложное чувство уверенности. И точно так же слишком просто скрыть множество научных ошибок за  $p$ -уровнем значимости.

Одним из способов подкрепления этого показателя мог бы стать переход к культуре большей прозрачности. Если мы не просто сообщаем о  $p$ -уровне значимости, но и показываем, как мы к этому пришли, — например, указываем стандартную ошибку, стандартное отклонение или другие показатели неопределенности, — мы даем более четкое представление о том, что означает это число. Чем больше информации мы публикуем, тем труднее спрятаться за  $p$ -уровнем значимости. Придем ли мы к этому? Я не знаю. Но, думаю, следует попробовать.

**Николь Лазар** (Nicole Lazar), профессор статистики Университета Джорджии, в беседе с Брук Борел.



и затем имеют дело с результатом неверных убеждений. Полученные данные преподнесли нам несколько важных уроков о социальном распространении знания. Во-первых, мы выяснили, что совместная деятельность по установлению фактов лучше, чем работа в одиночку, поскольку человек, столкнувшийся с проблемой, подобной упомянутой, вероятнее всего преждевременно остановится на худшей теории. Например, он или она может увидеть одного ребенка, у которого оказался аутизм после вакцинации, и придет к выводу, что вакцины небезопасны. Для сообщества характерно некоторое различие во мнениях: одни проверяют результаты одних действий, другие — результаты других. Такое разнообразие означает, что обычно собирается достаточно доказательств, чтобы сформировались верные убеждения.

Но даже такое сотрудничество в группе не гарантирует, что агенты узнают истину. Несомненно, реальные научные свидетельства имеют вероятностный характер. Например, некоторые некурящие заболевают раком легких, а некоторые курильщики не заболевают. Это означает, что в каких-то исследованиях с участием курильщиков не обнаружат взаимосвязи с раком. Соответственно, хотя и не существует фактической статистической взаимосвязи между вакцинами и аутизмом, у некоторых вакцинированных детей будет аутизм. Так, некоторые родители замечают развитие симптомов аутизма у своих детей лишь после вакцинации. Ряд вводящих в заблуждение свидетельств такого рода может быть достаточно, чтобы направить все сообщество по ложному пути.

В основной версии такой модели социальное влияние означает, что сообщества в конце концов придут к консенсусу. Они решат или что вакцинация безопасна, или что она опасна. Но это не согласуется с тем, что мы видим в реальности. В настоящих сообществах наблюдается поляризация — стойкие разногласия в вопросе о том, делать прививки или нет. Мы считаем, что в основной модели не учтены две важнейшие составляющие: социальное доверие и конформизм.

Социальное доверие имеет значение при формировании мнения, когда люди считают некоторые источники данных более надежными, чем другие. Именно это мы наблюдаем, когда противники вакцинации больше доверяют свидетельствам, распространяемым другими участниками их сообщества, чем данным Центров по контролю и профилактике заболеваний или других медицинских исследовательских групп. Подобное недоверие

может быть вызвано совершенно разными причинами, в том числе прежним негативным опытом при обращении к врачам или опасениями, что институты здравоохранения или правительство не заботятся об их интересах. В некоторых случаях такому недоверию можно найти оправдание, принимая во внимание тот факт, что медики-исследователи и клиницисты долгое время игнорировали обоснованные вопросы пациентов, особенно женщин.

И все же конечный результат таков: противники вакцинации не слушают именно тех людей, кто собирает самые надежные данные по обсуждаемой теме. В вариантах модели, где люди не доверяют свидетельствам тех, кто придерживается совершенно других убеждений, в сообществах наблюдается поляризация, и люди с неверными представлениями не способны усвоить верные.

Конформизм — это выбор действовать так же, как другие участники сообщества. Стремление приспособливаться — важная сторона человеческой психики, которая может привести нас к выполнению действий, которые, как нам известно, нанесут вред. Когда мы добавляем в модель конформизм, то наблюдается появление групп агентов, придерживающихся ложных убеждений. Причина заключается в том, что агенты, соединенные с внешним миром, не распространяют информацию, идущую вразрез с представлениями их группы, следовательно, многие участники группы так никогда и не узнают правды.

Конформность помогает объяснить, почему наблюдается тенденция, когда группы людей, скептически настроенных по отношению к вакцинам, формируются в определенных сообществах. В некоторых частных и привилегированных школах на юге Калифорнии показатели вакцинации выражаются минимальными двузначными цифрами. Эти показатели удивительно низки среди мигрантов из Сомали в Миннеаполисе и ортодоксальных евреев в Бруклине — в двух общинах, которые недавно пострадали от вспышек кори.

Для преодоления скептицизма по отношению к вакцинам необходимо учитывать и социальное доверие, и конформизм. Если просто поделиться новыми данными со скептиками, то, вероятнее всего, это не поможет из-за проблем с доверием. А убедить выступить за вакцинацию тех членов общин, которым доверяют, может быть трудно из-за конформизма. Наилучший подход — найти людей, имеющих много общего с членами соответствующих общин, чтобы установить доверительные отношения. Например,

в Бруклине посредником в вопросе о вакцинации может выступить раввин, тогда как на юге Калифорнии, возможно, придется привлечь Гвинет Пэлтроу.

Социальное доверие и конформность помогают объяснить, почему в социальных сетях могут появиться полярные точки зрения. Но по меньшей мере в некоторых случаях, в том числе и с общинами сомалийцев в Миннесоте и ортодоксальных евреев в Нью-Йорке, это лишь часть истории. Обе группы стали мишенями сложных кампаний по распространению ложной информации, разработанных противниками вакцинации.

### Операции влияния

Как мы голосуем, что мы покупаем и кому выражаем свое одобрение — все это зависит от того, что мы думаем об окружающем мире. Поэтому появляется множество богатых влиятельных групп и отдельных лично-

В брошюрах использовался метод, который мы назвали «избирательная раздача информации». При таком подходе берут реальные независимые научные исследования и избирательно представляют данные только тех, что свидетельствуют в пользу предпочитаемой позиции. Применяв описанные ранее варианты модели, мы утверждаем, что избирательная раздача информации может быть поразительно эффективной в формировании окончательного мнения о научной стороне проблемы у людей, не имеющих отношения к науке. Иными словами, заинтересованные лица могут использовать зерно правды для создания ощущения неопределенности или даже для того, чтобы убедить людей в ложных утверждениях.

Избирательная раздача информации стала ключевым элементом плана действий противников прививок. Перед недавней вспышкой кори в Нью-Йорке организация, называющая себя «Родители за просвещение в вопросах защиты здоровья детей» (*Parents Educating and Advocating for Children's Health, PEACH*), разработала и распространила 40-страничную брошюру под заголовком «Справочник по безопасности вакцин». Представленная в ней информация — в тех случаях, когда

## Стремление приспособляться — важная сторона человеческой психики, которая может привести нас к выполнению действий, которые, как нам известно, нанесут вред

стей, заинтересованных в формировании общественного мнения, в том числе и о научной стороне определенных проблем. Существует наивное представление о том, что когда индустрия пытается повлиять на мнение ученых, она делает это, подкупая коррумпированных представителей науки. Возможно, так иногда происходит. Но тщательное изучение исторических событий показывает, что имеются гораздо более тонкие — и, несомненно, более эффективные — стратегии, применяемые индустрией, государствами и другими группами. Первый шаг к нашей защите от такого рода манипуляций — понять, как действуют подобные кампании.

Классический пример — табачная промышленность, которая в 1950-х гг. разработала новый метод борьбы с растущим единством мнений о том, что курение убивает. В 1950-е и 1960-е гг. Институт табака раз в два месяца публиковал информационный бюллетень под названием «Табак и здоровье», в котором сообщалось только о тех научных исследованиях, в которых доказывалось, что табак не вреден, или о таких, которые подчеркивали неопределенность в вопросе о влиянии табака на здоровье.

она точна, — была тщательно подобрана: основное внимание было сосредоточено на горстке научных исследований, предполагающих существование рисков, связанных с вакцинами, тогда как результаты множества исследований, в которых доказана безопасность прививок, практически не рассматривали.

Справочник *PEACH* оказался особенно эффективен, потому что в нем избирательная раздача информации сочеталась с риторическими стратегиями. Это издание завоевало доверие ортодоксальных евреев за счет намеков на принадлежность авторов к их общине (брошюру опубликовали под псевдонимами, но по крайней мере некоторые авторы действительно принадлежали к общине) и того, что подчеркивались опасения, которые, вероятно, находили отклик. В брошюре были представлены выборочные данные о вакцинах, предназначенные для того, чтобы вызвать неприязнь у конкретной аудитории: например, отмечалось, что некоторые вакцины содержат желатин, получаемый из свинины. Умышленно или нет, брошюра была разработана с использованием социального доверия и конформизма — тех

самых механизмов, которые играют важнейшую роль в создании человеческого знания.

Что еще хуже: пропагандисты постоянно разрабатывают все более сложные методы манипуляции общественным мнением. В последние несколько лет мы наблюдаем, как распространители дезинформации используют все новые способы для создания впечатления, будто определенные ложные убеждения широко распространены и их придерживаются в том числе ваши друзья и те, кого вы знаете. В частности, используются средства социальных медиа, такие как *Twitter*-боты и проплаченные тролли, а в последнее время — взлом или копирование аккаунтов ваших друзей. Возможно, даже создатели *PEACH* столкнулись с такого рода искусственно созданными рассуждениями о вакцинах. Согласно статье в *American Journal of Public Health* за 2018 г., подобная дезинформация распространялась аккаунтами, связанными с русскими операциями влияния, целью которых было усиление разногласий среди американцев за счет использования проблем здравоохранения. Такая стратегия направлена на изменение мнения не с помощью представления рациональных аргументов или доказательств, а за счет простого манипулирования процессом социального распространения знания и убеждений.

Изошренные действия по распространению ложной информации (и крайне узконаправленные кампании по дезинформации, которые усиливают их эффект) поднимают серьезные вопросы, касающиеся демократии. Вернемся к примеру со вспышками кори. Во многих штатах дети могут быть освобождены от обязательной вакцинации на основе «личных убеждений». В 2015 г. в Калифорнии после вспышек кори среди непривитых детей, посетивших Диснейленд, это стало источником конфликта. Тогда губернатор Джерри Браун подписал новый закон, *SB277*, отменяющий освобождение от прививок.

Противники вакцинации немедленно начали работу по оформлению документов для проведения референдума во время следующего голосования, чтобы отменить закон. Если бы им удалось набрать 365 880 подписей (они набрали лишь 233 758), то вопрос о праве родителей отказаться от обязательной вакцинации детей на основе личных убеждений был бы вынесен на прямое голосование, результаты которого зависят от такого же рода кампаний по дезинформации, которые привели к падению уровня вакцинации во многих сообществах.

К счастью, эта попытка провалилась. Но тот факт, что сотни тысяч жителей Калифорнии

выступили за прямое голосование по вопросу, имеющему серьезные последствия для здоровья общества, где факты очевидны, но неверно истолковываются определенными группами активистов, заставляет серьезно задуматься. Существует причина, почему мы так заботимся о том, чтобы политика наилучшим образом отражала существующие факты и реагировала на появление достоверной новой информации. Как обеспечить благополучие людей, когда так много граждан заблуждаются насчет реальной действительности? Насколько мала вероятность того, что индивиды, действующие на основе ложной информации, добьются желаемого, настолько же маловероятно, что общества, в которых политика базируется на ложных представлениях, достигнут желаемых и ожидаемых результатов.

Проблему, касающуюся научного факта (безопасны ли и эффективны вакцины), нельзя решить, попросив сообщество людей-неспециалистов проголосовать по этому вопросу, особенно когда они становятся объектом кампаний по распространению ложной информации. Требуется система, которая не только с уважением относится к процессам и институтам чистой науки как оптимального способа познания истины об окружающем мире, но также уважает базовые демократические ценности, исключающие возможность того, что одна группа, например ученые, будет диктовать политику.

У нас нет предложений насчет системы правительства, в которой может существовать идеальный баланс между указанными особенностями. Но мы полагаем, что ключом послужит разделение двух совершенно разных вопросов: 1) каковы факты? 2) как мы должны поступать в их свете? Демократические идеалы гласят, что оба вопроса требуют контроля со стороны общественности, прозрачности и ответственности. Но только второй — как мы должны принимать решения с учетом фактов — должен быть предметом голосования. ■

**Перевод: С.М. Левензон**

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The Wisdom and/or Madness of Crowds. Nicky Case. Interactive game for network contagion: <https://ncase.me/crowds>
- Weaponized Health Communication: Twitter Bots and Russian Trolls Amplify the Vaccine Debate. David A. Broniatowski et al. in *American Journal of Public Health*, Vol. 108, No. 10, pages 1378–1384; October 2018.



# ЗАРАЗНАЯ КОРРУПЦИЯ

НЕЧЕСТНОСТЬ ПОРОЖДАЕТ НЕЧЕСТНОСТЬ,  
И НЕЭТИЧНОЕ ПОВЕДЕНИЕ БЫСТРО ПОЛУЧАЕТ  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ОБЩЕСТВЕ

Дэн Ариели и Химена Гарсиа-Рада

Представьте, что вы приходите в мэрию за разрешением на строительство для обновления своего дома. Сотрудница, принимающая ваши документы, говорит, что из-за большого числа обращений персоналу потребуется девять месяцев, чтобы выдать разрешение. Но если вы дадите ей \$100, ваше заявление окажется в верхней части стопки бумаг. Вы понимаете, что она только что попросила взятку — незаконное вознаграждение за привилегированное отношение. Скорее всего, у вас в голове возникнет ряд вопросов: «Надо ли заплатить, чтобы ускорить процесс? Сделал бы то же самое кто-то из моих друзей или родственников?» При этом вы, вероятно, не задумаетесь, повлияет ли сам по себе тот факт, что у вас попросили взятку, на принятие этических решений впоследствии. Именно такого рода вопросы задают исследователи, занимающиеся поведением, изучая, как распространяется коррупция.

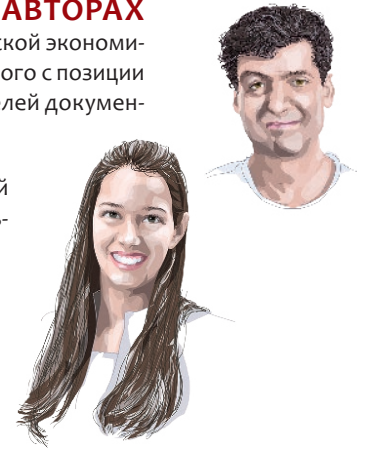
Объемы взяточничества трудно определить, но данные Всемирного банка указывают, что в коррупционное взаимодействие вовлекается \$1 трлн ежегодно. В 2018 г. организация *Transparency International* сообщила, что более двух третей из обследованных 180 стран набрали менее 50 баллов по шкале от 0 («высоко коррумпированные») до 100 («очень чистые»). Крупные скандалы регулярно выносятся в заголовки мировых СМИ, как в случае с бразильской строительной компанией *Odebrecht*, признавшей в 2016 г., что она

заплатила свыше \$700 млн в виде взяток политикам и чиновникам в 12 странах. Однако мелкая коррупция — небольшие одолжения, затрагивающие всего несколько людей, — также широко распространена. Исследование *Transparency International* «Барометр мировой коррупции» за 2017 г. показывает, что в предшествующем году каждый четвертый из опрошенных дал взятку при обращении за государственными услугами, а на Ближнем Востоке и в Северной Африке о таких платежах сообщал почти каждый третий.

## ОБ АВТОРАХ

**Дэн Ариели** (Dan Ariely) — профессор психологии и поведенческой экономики в Дюкском университете и основатель Центра оценки прошлого с позиции современности (*Center for Advanced Hindsight*); один из создателей документальных фильмов о коррупции, автор бестселлеров.

**Химена Гарсиа-Рада** (Ximena Garcia-Rada) — кандидат на соискание докторской степени по маркетингу в Гарвардской школе бизнеса. Она изучает, как социальные факторы влияют на принятие решений потребителями.



Коррупция, мелкая или масштабная, препятствует социально-экономическому развитию государств. Она влияет на экономическую деятельность, ослабляет государственные и общественные институты, вредит демократии и разрушает доверие общества к государственным служащим, политикам и им подобным. Понимание психологической основы взяточничества может быть важнейшим ключом к решению проблемы. Наши исследования указывают на тревожащую тенденцию: сам факт столкновения с коррупцией оказывает тлетворное влияние. Если не принимать превентивные меры, нечестность может скрыто распространяться от человека к человеку, как болезнь, разрушая социальные нормы и мораль, а как только сложится культура мошенничества и обмана, ее уже трудно вытеснить.

### Заражение

Предположим, на просьбу служащей мэрии о взятке вы ответили отказом. Как пережитый опыт повлияет на ваши действия, если вы столкнетесь с этической дилеммой в будущем? В ходе экспериментов, проведенных в лаборатории вместе с учеными, занимающимися исследованиями поведения, —

Владимиром Читуком (Vladimir Chituc), Аароном Николсом (Aaron Nichols), Хитер Манн (Heather Mann), Троем Кэмпбеллом (Troy Campbell) и Панагиотисом Миткидисом (Panagiotis Mitkidis), — мы попытались найти ответ на этот вопрос. Статья об этом исследовании в настоящее время находится на рецензировании в академическом журнале.

Мы пригласили людей в университетскую лабораторию поведения сыграть в игру, связанную с бросанием виртуальной игровой кости для получения вознаграждения. Всем говорили, что их выигрыш будет зависеть от суммы очков по результатам многократных бросков. Тем не менее на деле игравшие могли назвать другой результат, чтобы получить больше денег. Так что все участники эксперимента оказались в ситуации конфликта: либо играть по правилам, либо повести себя нечестно, чтобы заработать больше. Мы создали такие условия для того, чтобы оценить, как индивиды соотносят внешние и внутренние — психологические — поощрения при принятии этических решений. Результаты опубликованного в 2008 г. исследования Нины Мазар (Nina Mazar), Она Амира (On Amir) и одного из авторов этой статьи

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Коррупция наносит ущерб экономике, демократическим институтам и структурам.
- Само предложение о даче или получении взятки может оказать тлетворное влияние, что указывает на механизм, посредством которого неэтичное поведение получает распространение в обществе.
- Социальные нормы влияют на этическое поведение. Тем не менее, как ни удивительно, врожденная склонность к обману (или честному поведению) одинакова в разных странах, несмотря на большие различия в фактическом уровне коррупции.
- Необходимы дальнейшие исследования, для того чтобы установить, что становится движущим механизмом взяточничества и коррупции, как они распространяются и как это можно контролировать.

(Дэна Ариели) показывают, что большинство людей поступают неэтично лишь при условии, что они, получая выгоду, могут при этом сохранить свою моральную самооценку. Ученые описали это наблюдение как теорию поддержания самооценки.

В нашей игре надо было 30 раз бросить виртуальный кубик на iPad. Многие специалисты в области поведенческой экономики применяют похожие модели с использованием настоящих игровых костей и монет для оценки нечестности в так называемых играх вне контекста, то есть играх, на которые не влияют социальные или культурные нормы. Перед каждым броском участники получили инструкции: они должны мысленно выбрать грань игральной кости — «верх» или «низ» — и сказать о своем выборе после того, как увидят результат броска. Они получают определенную сумму за каждую точку на той грани кубика, о которой будут сообщать каждый раз. Таким образом, у каждого был финансовый стимул, чтобы обмануть, указав на грань, приносящую больший выигрыш. Например, если в результате броска кубика на верхней грани выпадало число 2 (две точки), а на нижней — 5, люди, вероятно, испытывали искушение сказать, что перед броском они выбрали «низ», даже если это было не так.

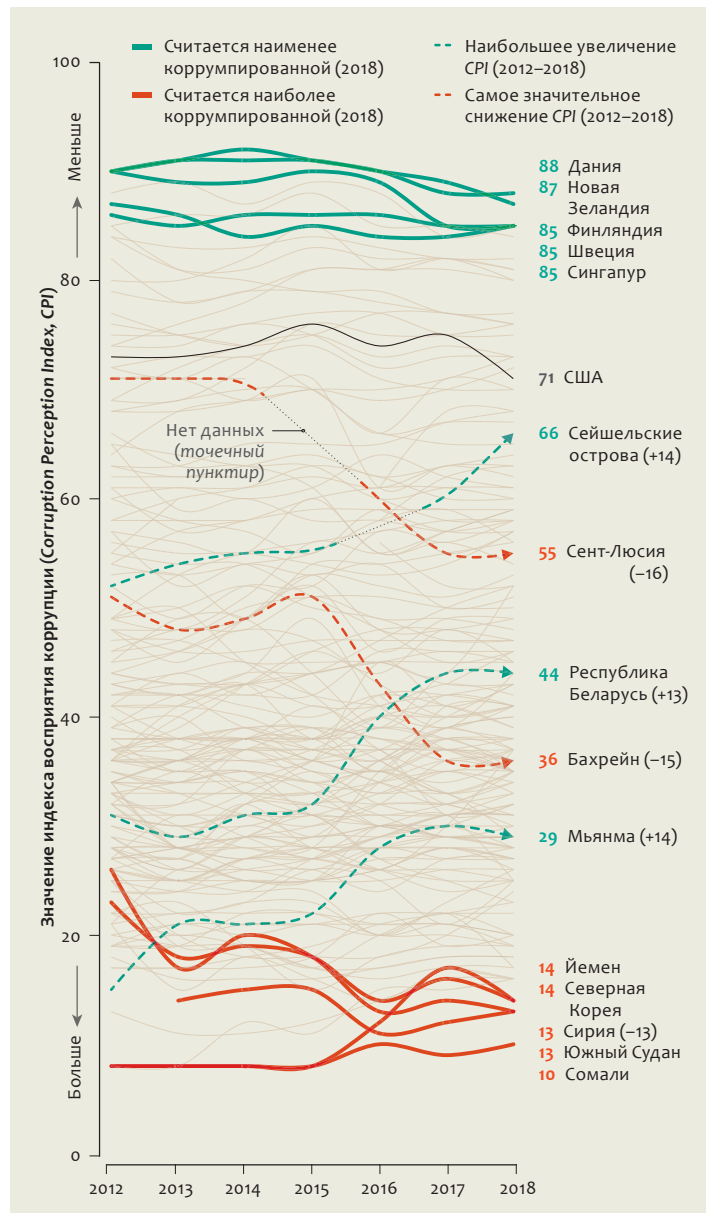
Такая модель не позволяет узнать, обманывал ли участник во время конкретного броска. Однако когда собраны данные по всем броскам кубика для всех участников группы, долю выбранных «выгодных» бросков можно сравнить с вероятностью (50%), чтобы оценить масштабы нечестности.

После того как участники получили инструкции о правилах и о том, как они смогут заработать деньги за сеанс игры, их случайным образом распределили по вариантам игры с малым и крупным выигрышем. В версии игры с большим выигрышем участники должны были выполнять те же действия, что и в варианте с малым выигрышем, но заработать в десять раз больше. Каждому сказали о существовании другого варианта, а затем половине участников с низкооплачиваемой версией предложили возможность дать взятку, чтобы их переключили на высокооплачиваемый вариант игры.

Ассистент-исследователь, курирующий сеанс, сообщил об этой возможности как о незаконной, чтобы перед участниками возникла моральная дилемма, похожая на ту, с которой они могут столкнуться в реальной жизни. Ассистент упомянул, что руководителя нет поблизости и участник сможет переключиться

## Индекс восприятия коррупции

Согласно данным *Transparency International*, уровни коррупции в государственном секторе значительно отличаются по всему миру. Каждый год неправительственное агентство использует опросы и экспертные оценки для ранжирования стран по шкале коррупции от 0 до 100. На диаграмме показаны изменения по числу набранных баллов с 2012 по 2018 г., страны с наиболее высоким и наиболее низким уровнем коррупции, а также несколько государств, в которых произошли значительные изменения уровня коррупции. Масштабы нечестного поведения могут увеличиться или уменьшиться с удивительной скоростью, но они относительно стабильны в странах с наименьшим уровнем коррупции. Любопытно, что исследования поведения демонстрируют: врожденная склонность индивидов к нечестному поведению практически одинакова в разных странах независимо от фактического уровня коррупции.





*Фальшивые долларовые банкноты, брошенные протестующим, кружатся вокруг тогдашнего президента FIFA, ставшего в 2015 г. участником коррупционного скандала*

на вариант игры с большим выигрышем так, что никто не заметит. Таким образом, мы получили три группы людей: 1) низкооплачиваемый вариант игры, без предложения о взятке; 2) вариант игры с большим выигрышем, без предложения о взятке; 3) те, кому сообщили о возможности дать взятку. Последнюю группу можно было разделить на заплативших и отказавшихся дать взятку. Такое распределение позволило нам оценить, насколько этичным будет поведение людей, столкнувшихся с просьбой о взятке, после получения такого предложения.

В нашей лаборатории поведения мы выполнили три варианта теста с участием 349 человек. В первых двух исследованиях некоторым участникам предложили возможность заплатить \$2, чтобы им дали вариант игры с большим выигрышем, и 85% из них заплатили. Принципиально важно: мы наблюдали, что участники, столкнувшиеся с просьбой о взятке, в процессе игры жульничали чаще, чем участники, к которым с таким запросом не обращались. Например, во втором исследовании участники, столкнувшиеся

с требованием о взятке, обманывали на 9% чаще, тем те, кто играл в игру с крупным выигрышем, и на 14% чаще, тем люди, игравшие в игру с небольшим выигрышем, но у которых взятку не просили.

В третьем исследовании мы проверили, поступают ли люди менее нравственно, когда они дают взятку или когда они просто сталкиваются с таким требованием. Мы увеличили размер взятки до \$12, и 82% отклонили требование, поэтому размер группы людей, отклонивших требование о взятке, увеличился. Беспокоит следующее: даже когда мы ограничились анализом только этой группы людей, казалось бы, с твердыми нравственными принципами, то обнаружили, что столкнувшиеся с просьбой о взятке индивиды обманывали чаще, чем те, кто не получал незаконного требования. В целом результаты этих трех экспериментов означают, что сам факт предложения взятки пагубно влияет на моральные принципы, побуждая людей действовать менее честно при принятии этических решений впоследствии.



### Разрушение норм

Результаты нашей работы свидетельствуют о том, что взяточничество — как заразная болезнь: быстро распространяется среди индивидов, зачастую в результате простого контакта, и со временем его становится все труднее контролировать. Так происходит потому, что социальные нормы — образцы поведения, которые считаются нормальными, — влияют на то, как люди поведут себя во многих ситуациях, в том числе и в таких, что связаны с этическими дилеммами. В 1991 г. психологи Роберт Чалдини (Robert B. Cialdini), Карл Каллгрэн (Carl A. Kallgren) и Рэймонд Рено (Raymond R. Reno) провели важное различие между дескриптивными нормами — восприятием того, что делают большинство людей, и иньонктивными нормами — восприятием того, что большинство людей одобряют или осуждают. Мы утверждаем, что оба типа норм влияют на взяточничество. Проще говоря, знание о том, что другие дают взятку для получения предпочтительного отношения (дескриптивная норма), заставляет людей считать более приемлемым то, что они сами дают взятку. Точно так же, думая, что другие считают приемлемым давать взятки (иньонктивная норма), люди будут чувствовать себя более комфортно, когда будут соглашаться на требование о взятке. Взяточничество становится нормативным, влияя на моральные принципы людей.

В 2009 г. Дэн Ариели совместно с исследователями поведения Франческой Джино (Francesca Gino) и Шахаром Аяялом (Shahar Ayal) опубликовал результаты работы, демонстрирующей, насколько серьезным может быть влияние социальных норм на формирование бесчестного поведения. В двух лабораторных экспериментах ученые провели оценку условий, в которых столкновение с неэтичным поведением других людей могло бы изменить принимаемые индивидом этические решения. Оказалось, что принадлежность к группе оказывает значительное влияние: когда люди наблюдали, как член группы ведет себя нечестно (ученик в футболке, указывающей на то, что он или она из той же школы, жульничал во время теста), они тоже вели себя некорректно. Наоборот, когда человек, ведущий себя нечестно, был из чужой группы (ученик в футболке школы-соперника), наблюдавшие это действовали по совести.

Однако социальные нормы также варьируют в разных культурах: то, что приемлемо в одной культуре, может быть неприемлемо в другой. Например, в некоторых обществах дарение подарков клиентам или

государственным служащим демонстрирует уважение к деловым отношениям, тогда как в других культурах это считается взяткой. Точно так же личные подарки в деловых отношениях могут рассматриваться и как «смазка» в деловых переговорах, выражаясь словами специалистов по поведенческой экономике Мишеля Андре Марешаля (Michel André Maréchal) и Кристиана Тени (Christian Thöni), и как сомнительная деловая практика. Подобные ожидания и правила, касающиеся того, что приемлемо, усваиваются и еще больше укрепляются в результате наблюдений за другими людьми из той же группы. Так, в странах, где люди регулярно узнают, что другие дают взятки, чтобы получить предпочтительное отношение, они решают, что дача взятки социально приемлема. Со временем граница между этичным и неэтичным поведением размывается, и нечестность становится «способом ведения бизнеса».

Интересно следующее: в ходе межкультурного исследования, результаты которого были опубликованы в 2016 г. совместно с исследователями поведения Хитер Манн, Ларсом Хорнуфом (Lars Hornuf) и Хуаном Тафуртом (Juan Tafurt), мы обнаружили, что базовая склонность людей вести себя нечестно в разных странах не различается. В нашем исследовании приняли участие 2179 коренных жителей США, Колумбии, Португалии, Германии и Китая. Используя игру, похожую на применявшуюся при изучении взяточничества, мы определили, что люди из этих стран жульничают примерно в равной степени. Независимо от страны люди обманывали лишь в той мере, в какой сохранялся баланс между побуждением заработать деньги и стремлением поддержать свой моральный облик. И вопреки распространенному мнению о различиях между этими странами (оценку которого мы провели среди разных групп участников) мы не обнаружили большее число обманщиков в странах с высоким уровнем коррупции (таких, как Колумбия) по сравнению с государствами с низким уровнем коррупции (таких, как Германия).

Так почему же между разными странами наблюдаются огромные различия в уровне коррупции и взяточничества? Оказалось, что, хотя врожденная склонность индивидов к честному поведению или к обману сходна в разных странах, социальные нормы и правоприменение серьезно влияют на восприятие и поведение. В 2007 г. экономисты Рэймонд Фисман (Raymond Fisman) и Эдвард Мигель (Edward Miguel) опубликовали исследование о нарушениях правил стоянки

среди дипломатов ООН, живущих на Манхэттене. Исследователи обнаружили, что дипломаты из стран с высоким уровнем коррупции накопили большее число неоплаченных квитанций за нарушение правил. Но когда правоприменительные органы получили возможность конфисковать у нарушителей дипломатические номера, число неоплаченных квитанций значительно сократилось. Это исследование показывает, что культурные нормы и правоприменение — ключевые факторы в формировании этического поведения.

### Более глубокое исследование

Но какие психологические механизмы задействованы в даче и получении взятки? Ученые, занимающиеся исследованием поведения, изучили этот вопрос в лабораториях и в естественных условиях. Например, в недавнем исследовании специалисты по поведенческой экономике Ури Гнизи (Uri Gneezy), Сильвия Саккардо (Silvia Saccardò) и Роэл ван Вельдхейзен (Roel van Veldhuizen) изучали психологические основы получения взяток. Они провели лабораторное исследование с участием 573 человек, разделенных на группы по три человека. Два участника соревновались в написании шуток, а третий выбирал победителя, которому доставался приз. Представляя на рассмотрение свои записи, сочинители могли подкупить судей, вложив \$5 в конверт. Гнизи с коллегами изучали, как реагируют арбитры и как получение взятки влияет на их решение. Ученые обнаружили, что когда арбитры могли оставить себе только сумму, полученную от победителя, взятка влияла на их выбор, но когда судьи могли оставить взятку независимо от того, кто станет победителем, их решение больше не зависело от получения взятки. Это исследование свидетельствует о том, что люди подвержены влиянию взяток, лишь когда это отвечает их собственным корыстным интересам, а не потому, что они хотят оказать ответную услугу любому, кто даст взятку.

В сходных исследованиях, результаты которых были опубликованы в 2017 г., Нильс Кебис (Nils Köbis), в настоящее время работающий в Амстердамском университете, с коллегами проверили гипотезу о том, что коррупция в крупных масштабах развивается постепенно в результате серии все более серьезных нечестных действий. Исследователи обнаружили, что в действительности в четырех экспериментах участники с большей вероятностью вели себя неэтично, когда внезапно получали возможность так

поступить, то есть когда сталкивались с единственной возможностью повести себя неэтично за крупное вознаграждение, а не когда им предоставлялся ряд возможностей с небольшой выгодой. Исследователи пришли к выводу, что «иногда путь к коррупции проходит через крутой обрыв, а не через гладкий спуск».

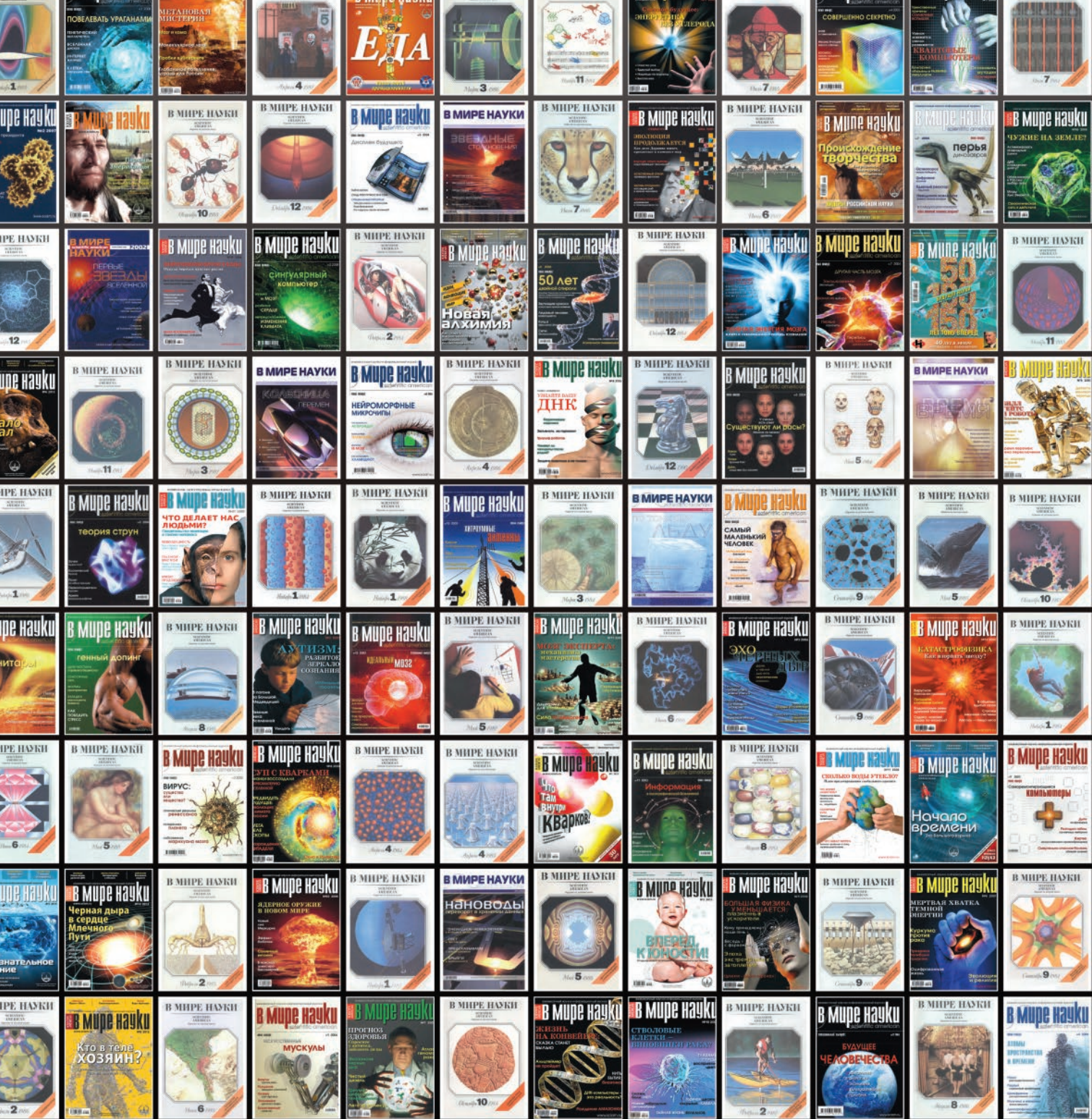
Учитывая, насколько разрушительна коррупция для общества, мы считаем, что очень важно и дальше исследовать ее корни в психологии. Исследования необходимо проводить по трем направлениям. Во-первых, нужна более полная оценка того, что ведет к формированию культуры менее этического поведения. Что, например, побуждает кого-то требовать взятку? Что влияет на вероятность согласия принять взятку? Во-вторых, каковы последствия взяточничества? Несомненно, взяточничество и, более обобщенно, нечестность заразны. Но в будущем можно было бы исследовать конечные эффекты этого явления по истечении времени и в разных областях: что происходит, когда люди постоянно сталкиваются со взяточничеством? Приводят ли повторяющиеся столкновения с фактом вымогательства взятки к усилению или снижению влияния взяток на то, в какой степени нечестно ведет себя индивидуум? И, наконец, какое вмешательство будет наиболее эффективным для уменьшения числа случаев вымогательства и получения взятки?

Возвращаясь к нашему первоначальному примеру, мы видим, что коррупционная сделка, предложенная служащей мэрии, может показаться тривиальной или по меньшей мере рассматриваться как изолированное событие. К сожалению, единственное требование о взятке повлияет и на запросившего, и на получившего такое предложение. Особенно важно, что со временем за счет эффекта домино такое явление затронет множество других людей, быстро распространится во всем обществе, и если это не контролировать, то сложится культура нечестности. ■

**Перевод: С.М. Левензон**

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The (Honest) Truth about Dishonesty. Dan Ariely. Harper-Collins, 2012.
- (Dis)honesty: The Truth about Lies. Documentary starring Dan Ariely. Directed by Yael Melamede. Bond/360, 2015.
- How the Trust Trap Perpetuates Inequality. Bo Rothstein; The Science of Inequality. ScientificAmerican.com, опубликовано онлайн 01.11.2018.



## Хотите знать о науке больше?

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

**В мире науки**  
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить  
и отдельные статьи



# НЕЯСНОС

Часть 3



# ТЬ

ИСТИНА • ЛОЖЬ  
& НЕЯСНОСТЬ



**ТРУДНЫЕ РЕШЕНИЯ** С. 60  
*Барух Фишхофф*

**УВИДЕТЬ  
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ** С. 68  
*Джессика Халлман*

**РАДИКАЛЬНЫЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ** С. 72  
*Майкл Хогг*

**НОВЫЙ МИРОВОЙ  
БЕСПОРЯДОК** С. 78  
*Клэр Уордл*

# ТРУДНЫЕ РЕШЕНИЯ

КАК МЫ ПРИНИМАЕМ РЕШЕНИЯ  
ПРИ НЕДОСТАТКЕ ИНФОРМАЦИИ  
И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Барух Фишхофф

Для того чтобы изучить, как люди принимают решения, психологи используют «игрушечные» проблемы. Так, например, в одном исследовании мы с коллегами рассказали участникам про вымышленное заболевание, вызываемое двумя штаммами бактерий. Затем мы спросили: «Что бы вы предпочли — вакцину, которая полностью защищает вас от одного штамма, или вакцину, дающую вам 50-процентную защиту от обоих штаммов?» Большинство людей выбрали первый вариант. Мы предположили, что на них повлияла фраза о полной защите, хотя обе прививки оставляли одинаковый шанс заболеть.

Однако мы живем в мире, где встречаются не только игрушечные, но и настоящие проблемы. Бывают ситуации, когда людям надо принять жизненно важное решение в условиях недостаточной или неопределенной информации. Много лет назад я стал изучать принятие решений вместе с моим коллегой Полом Словиком (Paul Slovic), а позже к нам присоединилась Сара Лихтенштейн (Sarah Lichtenstein), оба они работали в фирме *Decision Research* в Юджине, штат Орегон. С нами начали связываться по поводу нештучных вопросов — звонило руководство компаний, занимающихся атомной энергией или

генетически модифицированными организмами (ГМО). Суть их обращений была такова: «У нас есть чудесная технология, но людям она не нравится. Хуже того, людям не нравимся мы. Кто-то даже считает нас злодеями. Вы же психологи. Сделайте что-нибудь».

Мы делали, хотя, вероятно, не совсем то, чего хотели от нас представители компаний. Вместо того чтобы попытаться изменить мнение людей, мы начали изучать, что они на самом деле думают об этих технологиях. Для этого мы задавали им вопросы, позволяющие увидеть, как они оценивают риски. Полученные ответы помогли нам понять, почему,



## ОБ АВТОРЕ

**Барух Фишхофф** (Baruch Fischhoff) — психолог, профессор фонда Говарда Хейнца в Колледже информационных систем и общественной политики и в Институте политики и стратегии Университета Карнеги — Меллона, член Национальной академии наук США, Национальной академии медицины, бывший президент Общества анализа рисков.



несмотря на отсутствие полной информации, люди формируют мнения по таким противоречивым вопросам, как атомная энергетика или изменение климата.

### Оценка смертельности

Для начала мы хотели выяснить, насколько хорошо широкие слои населения понимают риски, с которыми сталкиваются в повседневной жизни. Мы просили группы неспециалистов предположить, сколько людей ежегодно умирают от утопления, эмфиземы или вследствие убийства, а затем сравнили их анализ с научными данными. Судя по результатам предыдущих исследований, мы ожидали, что в целом оценки будут достаточно точны, но люди будут переоценивать частоту гибели от причин, часто или ярко обсуждающихся в прессе, таких как убийства или торнадо, и недооценивать количество смертей, вызванных «тихими убийцами» вроде инсульта или астмы, о которых редко сообщают в новостях.

В целом наши прогнозы подтвердились. Люди переоценивают количество смертей от часто упоминавшихся причин и недооценивают причины, которые привлекают меньше внимания. Например, из-за того, что по телевизору показывают теракты, люди, которые часто смотрят новости, сильнее боятся террористических атак по сравнению с теми, кто смотрит их редко. Но когда мы исследовали эти результаты, мы столкнулись с одним странным явлением. Те, кто был категорически против атомной энергетике, считали, что ежегодно от нее умирает очень мало людей. Тогда почему же они были против? Данный парадокс заставил нас задуматься, не слишком ли узко мы определили понятие риска, попросив определить ежегодное количество

смертей. Поэтому мы дали людям новый набор вопросов, где спрашивали, что они понимают под словом «риск». Мы обнаружили, что те, кто выступает против атомной энергетике, считают, что эта технология может привести к крупномасштабным катастрофам, то же самое наблюдалось и при оценке других технологий.

Для того чтобы выяснить, изменится ли это представление, если человек больше знает о технологии, мы задавали те же вопросы специалистам. Они оценивали уровень смертности от ядерной энергетике так же, как и обычные люди, считая его низким. Но когда они рассматривали опасность в более широком временном интервале, они видели меньше возможных проблем. Обычные люди в отличие от экспертов акцентировались на том, что может произойти в худшем случае. Общественность и специалисты говорили о разных вещах и фокусировались на различных аспектах реальности.

### Оценка риска

Всегда ли специалисты точно определяют вероятность катастрофы? Эксперты анализируют риски, разбивая сложные проблемы на отдельные, более понятные части. В случае атомной энергетике это может быть работа клапанов, панелей управления, схемы эвакуации и безопасность компьютерной системы. В случае с ГМО-сортами такими частями могут быть влияние на здоровье человека, на состав почвы и на разные виды насекомых.

Качество и точность анализа рисков зависят от надежности науки, используемой для оценки каждой из частей. Наука достаточно точна при оценке атомной энергетике и ГМО. А для новых технологий, таких как беспилотные автомобили, картина несколько иная.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- При оценке риска в новой области люди используют мысленные модели, полученные на основе предыдущего опыта, которые, однако, могут оказаться неприменимыми.
- Если спросить у людей, как они формируют такие оценки, можно выявить ошибочные суждения.
- Специалисты могут проверить, правильно ли общественность понимает сообщения о рисках.



Тут степень риска может зависеть от вероятности, что лазерные датчики «заметят» пешехода, который поведет себя предсказуемым образом, что водитель возьмет на себя контроль именно в тот момент, когда пешеход незаметен или непредсказуем. Физика импульсных лазерных датчиков вполне понятна, но как они работают во время снегопада и в сумерках — еще не ясно. Практически не существует исследований о том, как пешеходы взаимодействуют с беспилотными автомобилями. А что касается водителей, то исследования позволяют предположить, что люди не смогут сохранять достаточную внимательность, чтобы справиться с редкими неожиданными ситуациями.

Когда научные сведения неполны, при анализе риска вместо опоры на факты используют экспертное суждение. Как показали исследования, такие суждения часто бывают достаточно хороши, но только при условии, что специалисты получают четкую обратную связь. Например, метеорологи обычно сравнивают свое предсказание о вероятности осадков с данными оборудования на метеостанции. Благодаря быстрой обратной связи, когда в прогнозе сообщается, что вероятность осадков — 70%, дождь действительно начинается в 70% случаев. Что касается новых технологий, таких как беспилотные автомобили или редактирование генома, обратная связь будет получена еще не скоро. До тех пор эксперты так же, как и мы, не будут знать, насколько точно им удалось оценить риск.

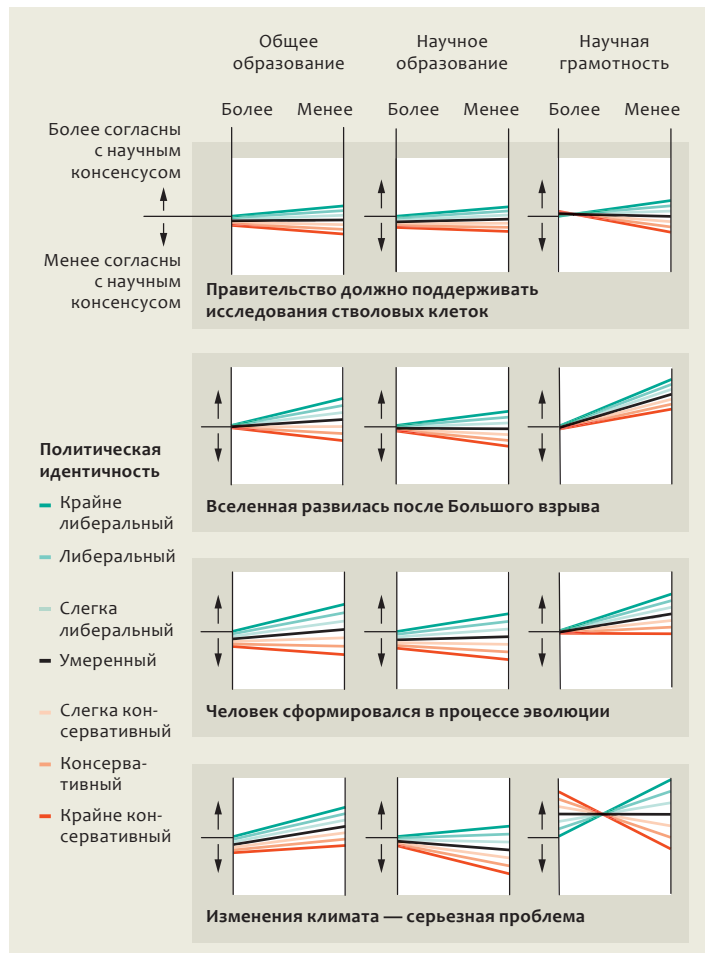
### Изучение науки о климате

Экспертная оценка, зависящая от хорошей обратной связи, становится актуальной, когда надо предсказать плюсы и минусы попыток замедлить изменение климата или приспособиться к нему. Для такого анализа собирают заключения специалистов из многих областей науки, включая как вполне очевидные, вроде химии атмосферы и океанологии, так и менее очевидные, вроде ботаники, археологии и гляциологии. В сложных климатических анализах эти заключения основаны на обширных знаниях, подтвержденных доказательствами. Но некоторые аспекты по-прежнему остаются неясными.

Впервые я столкнулся с такими анализами в 1979 г., когда участвовал в разработке плана климатических исследований на следующие 20 лет. Проект осуществлялся при поддержке Министерства энергетики США, было создано пять рабочих групп. Первая занималась океанами и приполярными территориями, вторая и третья разными аспектами

## Несовпадение мнений о науке

Если научный вопрос политически противоречив, то среди более информированных людей поляризация сильнее. Ученые отметили этот эффект в ходе двух национальных опросов в США. В опросах, проведенных в 2006 и 2010 гг., в целом было охвачено более 6,5 тыс. человек. Участников спрашивали, что они думают о нескольких актуальных темах, и выясняли, согласны ли они с научным консенсусом. Чем более образованными и научно грамотными были либералы и консерваторы, тем сильнее были их расхождения. Может быть, это потому, что хорошо разбирающиеся люди лучше понимают позицию своей политической группы и увереннее могут ее защитить.



биосферы, четвертая экономикой и геополитикой. Пятая группа, к которой присоединился я, занималась социальными и организационными реакциями на проблему.

Даже тогда, 40 лет назад, было достаточно доказательств, свидетельствующих об огромном риске для нашей планеты. В общем докладе наших пяти групп был сделан вывод о том, что «вероятные последствия будут такого масштаба, с каким человечество еще не сталкивалось».

### Размышления о немыслимом

Как же тогда специалисты в этой области могут выполнить свою обязанность и проинформировать людей о том, как правильно воспринимать события и сделать верный выбор? На самом деле ученые могут осуществить это, если воспользуются двумя основными сообщениями, полученными наукой о принятии решений.

**Соображение 1.** Факты климатологии не будут говорить сами за себя. Науку необходимо переводить на язык, который люди используют для принятия решений о собственной жизни, жизни своего города и общества. Хотя большинство ученых имеют опыт преподавания, они могут не понимать, достаточно ли ясны и уместны их сообщения для большинства населения.

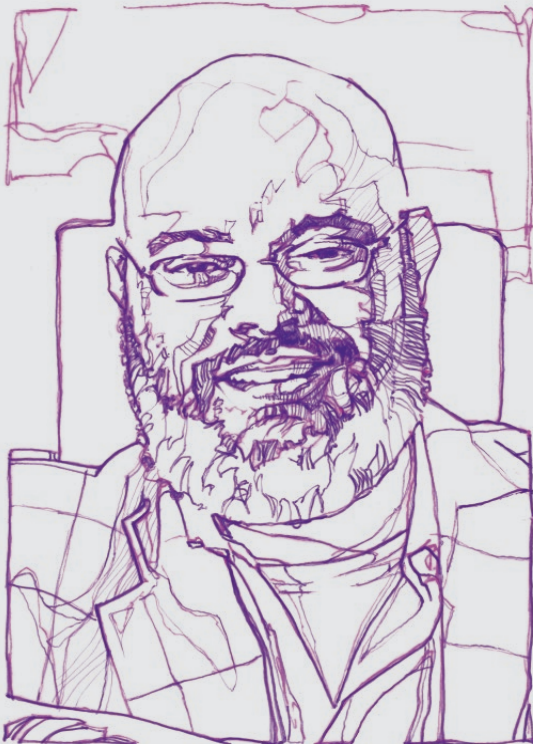
Проблема имеет простое решение: надо проверить сообщение, прежде чем отправить его.

Многое можно понять, если просто попросить людей прочесть и пересказать сообщение. Например, когда исследователи попросили перефразировать прогноз погоды, оказалось, что некоторых слушателей смущает утверждение о «70% вероятности дождя». Проблема была со словами, а не с числами. Означает ли такой прогноз, что дождь будет идти 70% времени? Или на 70% поверхности? Или это 70% вероятности, что как минимум одна сотая дюйма дождя выпадет на метеостанции? Верен последний вариант.

Во многих исследованиях показано, что числа (например, 70%) обычно воспринимаются гораздо лучше, чем словесные характеристики вроде «вероятно», «некоторые» или «часто». Классический пример из 1950-х гг.: в сводке национальной разведки США говорилось, что «существует серьезная вероятность нападения на Югославию в 1951 г.»

## КАК СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОВЕДЕНИЮ ИЩЕТ ОТВЕТЫ

### Контроль, который есть у лабораторного ученого, намного лучше, чем у того, кто занимается поведением, — точность при выявлении слабого влияния на людей гораздо ниже, чем, например, в химической реакции.



Кроме того, поведение людей меняется в зависимости от времени и культуры. Когда речь идет об истине в науке о поведении, важно не только чтобы был получен непосредственно воспроизводимый результат, но и чтобы он воспроизводился в большом количестве разных ситуаций — в естественных условиях, в корреляционных и долговременных исследованиях.

Например, как мы можем оценить расизм? Ведь это не отдельный поведенческий акт, а набор признаков, целая система угнетения людей. Лучший способ — наблюдать за поведением, а затем посмотреть, что произойдет, если мы изменим или проконтролируем какую-нибудь переменную. Как поменяется картина? Возьмем хотя бы организацию охраны правопорядка. Если мы удалим предвзятости из этой системы, расовые различия сохранятся. То же относится к бедности, образованию и множеству факторов, от которых, как нам кажется, зависит преступность. Ни один из них не будет достаточным для объяснения расовых различий в действиях полиции. Следовательно, нам еще предстоит поработать. И не то чтобы мы не знали, как создать ненасильственную и справедливую полицию. Просто взгляните на пригороды. Мы занимаемся там этим уже несколько поколений.

Конечно, остается неясность. В большинстве случаев мы совсем не уверены в причинно-следственных связях. Как ученые, мы должны разобрататься с этой неопределенностью, поскольку от правильности определения движущей силы таких явлений, как расизм, зависит правильность политики.

*Филлип Атиба Гофф (Phillip Atiba Goff), профессор, занимающийся равенством в работе полиции в Колледже уголовного права им. Джона Джея Городского университета Нью-Йорка, президент Центра равенства в работе полиции, в беседе с Брук Борел.*

На вопрос, какая именно вероятность имеется в виду, составлявшие документ аналитики ответили расплывчато — от 20% до 80%.

Иногда, принимая решения, людям недостаточно знать вероятность дождя или войны. Они хотят понимать процессы, за счет которых возникают подобные вероятности, понимать, как все работает. Как показывают исследования, некоторые важные аспекты науки об изменении климата неочевидны для большинства людей — например, почему ученые до сих пор не пришли к единому мнению об угрозе климатических изменений или чем загрязнение углекислым газом отличается от других. (Он дольше сохраняется в атмосфере.) Иногда люди не воспринимают результаты исследований, пока ученые не расскажут подробнее о том, как они были получены.

**Соображение 2.** Люди могут согласиться с фактами, но не согласиться с тем, что делать. Решение, которое некоторые считают разумным, другим может показаться слишком дорогостоящим или нечестным.

Например, те, кому нравятся планы по улавливанию и захоронению углерода, поскольку это предотвращает попадание углекислого газа в атмосферу, могут быть против использования таких методов на угольных электростанциях. Они опасаются побочных последствий в виде более активной добычи угля. Зная, что механизмы торговли квотами на выброс углерода предназначены для того, чтобы стимулировать снижение выбросов, человек может продолжать считать, что банкам от этого больше пользы, чем окружающей среде.

Такие примеры показывают, почему двустороннее обсуждение столь важно в подобных ситуациях. Необходимо выяснить, что на уме у других людей, и дать им почувствовать себя партнерами при принятии решений. Иногда при таком взаимодействии обнаруживается недопонимание, которое можно устранить с помощью исследований, либо находится решение, позволяющее осчастливить большее количество людей. Один из таких примеров — налог на выбросы углерода, не влияющий на доходы государства, который введен в Британской Колумбии: при получении доходов от этого налога другие налоги снижаются. Он получил достаточно широкую политическую поддержку, чтобы выдержать несколько смен правительства начиная с 2008 г. Конечно, иногда даже при лучшем двустороннем обсуждении выявляются фундаментальные разногласия, и в таких случаях вопрос решается в судах, на улицах и в избирательных урнах.

## Опасные дела

Люди воспринимают рискованность технологий и деятельности в зависимости от таких факторов, как осведомленность, произвольность или произвольность воздействия и вероятность гибели. Новизна, произвольность воздействия и возможность гибели способствуют оценке ситуации как более рискованной, причем иногда эта оценка не соответствует научным данным. Результаты получены с помощью опросов общественности и впервые были опубликованы в 1978 г. Опросы многократно повторялись с аналогичным результатом.



### Не только наука

Соображения о передаче и интерпретации фактов важны еще и потому, что связанные с климатом решения не всегда основаны на том, что говорят и показывают исследования. Для некоторых людей важнее не научные данные или экономические последствия, а то, как определенные решения соотносятся с их взглядами. При принятии решений этих людей интересует, как их будут воспринимать другие и что они сами будут думать о себе.

Например, есть люди, которые отказываются от мер по экономии электроэнергии, но не потому, что они против охраны природы, — они просто не хотят выглядеть безумными «зелеными». Для других экономия энергии — всего лишь жест, они не верят, что это действительно имеет значение. С помощью опросов исследователи из Йельского

SOURCE: RISK: A VERY SHORT INTRODUCTION, BY BARUCH FISCHHOFF AND JOHN KADAVANY, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2011; DONAT FRIEDRICH, "THE PSYCHOLOGICAL FOUNDATIONS OF RISK PERCEPTION: A PSYCHOMETRIC STUDY OF ATTITUDES TOWARDS TECHNOLOGICAL RISKS AND BENEFITS", BY BARUCH FISCHHOFF ET AL., IN POLICY SCIENCES, VOL. 9, NO. 2, APRIL 1995; Graph by Jem Christensen



Молодые активисты в мае собрались в Нью-Йорке, чтобы потребовать немедленных действий для борьбы с изменением климата

климатического объединения выделили так называемые шесть Америк, различающиеся отношением к изменениям климата от тревожного до пренебрежительного. И, что интересно, скорее всего примут меры для экономики энергии люди этих двух крайностей. У тревожной группы мотивация именно та, которой вы могли ожидать, а люди из пренебрегающей группы, хотя не видят угрозы в изменении климата, отметили, что, снизив потребление энергии, могут сэкономить деньги.

Знание о научных данных не обязательно означает согласие с наукой. В Йельском исследовании и некоторых других, после того как людям дали ознакомиться с некоторыми научными данными, среди разных политических групп обнаружили усиление поляризации мнений. Сейчас проходят исследования, в которых мы с сотрудницей Института Эрба при Мичиганском университете Кейтлин Драммонд (Caitlin Drummond) обнаружили несколько причин, объясняющих это явление. Одна из них заключается в том, что более знающие люди с большей вероятностью понимают, какую позицию по данному вопросу занимает симпатичная им политическая группа, и присоединятся к этой позиции. Вторая возможная причина — что они чувствуют себя более уверенно при обсуждении вопроса. С этой связана и третья причина — что они видят здесь больше шансов выразить себя по сравнению с теми, кто знает меньше.

## Когда решения особенно важны

Несмотря на то что исследователям, изучающим принятие решений, еще многое предстоит выяснить, в целом они оптимистично смотрят на возможность справляться с неопределенными ситуациями, имеющими важные последствия. Если кученым не прислушиваются, нередко это значит, что они оказались жертвами естественной человеческой склонности преувеличивать понятность своих сообщений. Если общественность ошибается, это часто означает, что она полагается на мысленные модели, хорошо служившие в других ситуациях, но не подходящие для данных обстоятельств. Если люди не согласны друг с другом в том, какое

решение принять, это часто означает наличие разных целей, а не разных фактов.

В каждом случае исследование может выявить способы помочь людям лучше понять других и самих себя. Изучение коммуникации помогает ученым яснее формулировать сообщения. Исследования принятия решений способны помочь общественности усовершенствовать мысленные модели, чтобы трактовать новые явления. Сократив недопонимание и сосредоточившись на истинных разногласиях, исследователи механизмов принятия решений помогут всему обществу уменьшить число конфликтов. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Risk: A Very Short Introduction. B. Fischhoff and J. Kadvanly. Oxford University Press, 2011.
- The Science of Science Communication. Special issue. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 111, Supplement 3; August 20, 2013. [http://www.pnas.org/content/110/Supplement\\_3](http://www.pnas.org/content/110/Supplement_3)
- The Science of Science Communication II. Special issue. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 111, Supplement 4; September 16, 2014. [http://www.pnas.org/content/111/Supplement\\_4](http://www.pnas.org/content/111/Supplement_4)
- The Science of Science Communication III: Inspiring Novel Collaborations and Building Capacity: Proceedings of a Colloquium. National Academy of Sciences. National Academies Press, 2018.

# Всё, всем, всегда ДОСТУПНО



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

## ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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



Google play



**В мире  
науки**

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

# УВИДЕТЬ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

## КАК С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ИЗУЧАТЬ НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

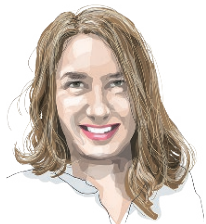
Джессика Халлман

Когда синоптики предупреждают нас о приближении урагана, они обычно показывают на карте так называемый конус неопределенности. Район формирования урагана отмечен точкой. От нее отходят две линии, очерчивая границы области, по которой разрушительная стихия должна промчаться в ближайшие дни. Считается, что наиболее вероятная траектория урагана проходит вдоль центральной линии, разделяющей конус на две половины; чем ближе к границам конуса, тем меньше вероятность появления урагана. Но проблема в том, что многие люди ошибочно думают, что размеры этого конуса совпадают с размерами урагана.

Чтобы избавиться от этого заблуждения, ученые предлагают вместо конуса показывать сразу несколько возможных траекторий движения урагана. Но и этот метод, как оказалось, не всегда правильно понимается. Многие почему-то думают, что вероятность самых больших разрушений увеличивается там, где траектории урагана пересекают сушу, а между траекториями вероятность разрушений якобы понижается.

Данные, на основе которых ученые и различные организации принимают решения, тоже характеризуются неопределенностью. Методы визуализации данных позволяют в буквальном смысле слова «увидеть» неопределенность и выстраивать, осознанно или неосознанно, гипотезы о вероятности всевозможных исходов событий. Однако, как показывают многочисленные исследования особенностей человеческого мышления, если человека просят высказать вероятностное суждение, то он зачастую игнорирует фактор неопределенности. По мере развития информационного общества специалисты в области компьютерной графики пытаются понять, как лучше всего показать неопределенность в прямом смысле этого слова. В этой статье мы расскажем о методах визуализации, позволяющих отобразить процессы, в основе которых лежит неопределенность. Мы будем продвигаться от менее эффективного метода к более эффективному. Давайте подробнее рассмотрим, в каких случаях используются эти методы. Они обязательно помогут нам корректнее анализировать данные, характеризующиеся неопределенностью.

Перевод: И.В. Ногаев

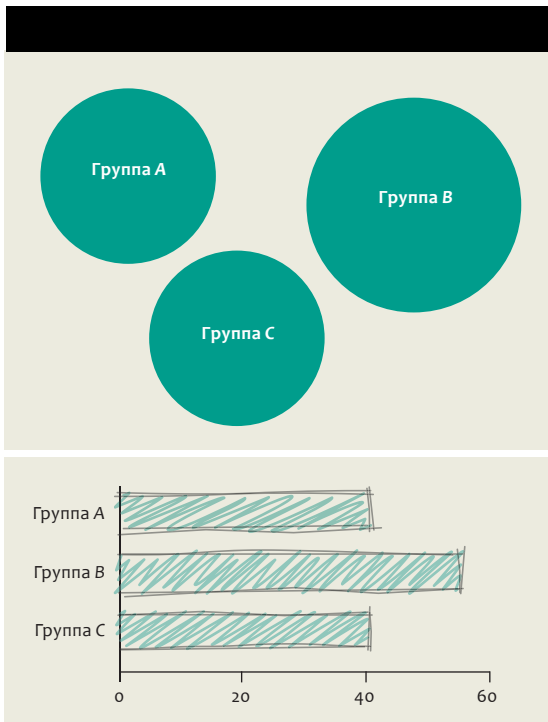


### ОБ АВТОРЕ

**Джессика Халлман** (Jessica Hullman) — профессор информатики и журналистики в Северо-Западном университете (США). Группа ученых под ее руководством разрабатывает и тестирует методы визуализации данных и взаимодействия с данными, которые дают возможность лучше понять суть неопределенности.



«Конусом неопределенности» (слева) называется область, в которую может переместиться ураган; она определяется на основе множества прогнозов. При альтернативном подходе (справа) показывают каждую из траекторий указанного множества. Оба метода позволяют судить о риске появления урагана в данной местности. У каждого метода есть свои плюсы и минусы; метод справа еще раз показал, насколько вообще сложно предсказывать траектории урагана.



### Без количественных показателей

Наименее эффективный способ представления неопределенности — это вообще ее не показывать. Иногда специалисты в области компьютерной графики пытаются компенсировать отсутствие данных с помощью этого метода — а для него неточность допустима. Здесь вместо количественных значений приводят визуальные объекты, не обладающие какими-то конкретными параметрами: например, изображается не конкретная точка в декартовых координатах, а какой-нибудь круг в пространстве (вверху). При таком подходе интерпретация данных чревата ошибками. Кроме того, с помощью компьютерных средств можно создавать схематичные изображения от руки — это второй метод (внизу). Оба метода неточны.

**Плюсы**

- Если визуализированные образы сложно представить в количественном виде или они неточны, то пользователь, понимая это, станет с большей осторожностью делать на их основе выводы и принимать решения.

**Минусы**

- Пользователь может забыть, что данный метод визуализации априори неточен, отсюда — наличие грубых ошибок в выводах.
- И даже если пользователю известно, что данный метод визуализации по определению неточен, ему сложно сделать правильный вывод о вероятности изображенного события, если в этом возникнет потребность.

### Интервалы

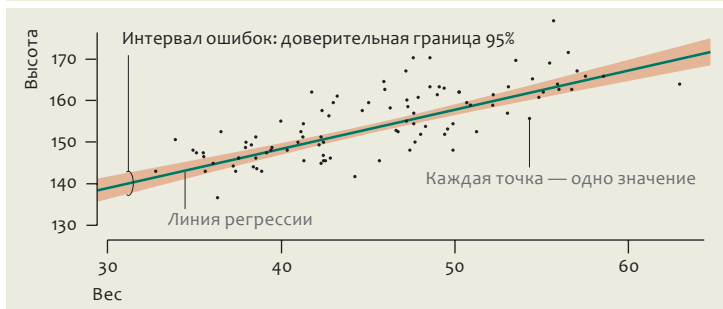
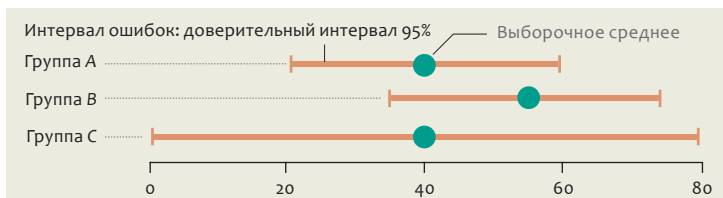
Использование интервалов — это, наверное, наиболее распространенный метод представления данных, которые характеризуются неопределенностью. Интервалы ошибок (вверху) и доверительные границы (внизу) широко известны. Но, несмотря на кажущиеся точность и понятность, их зачастую неправильно интерпретируют. Исследования показали, что эти методы зачастую неправильно понимают даже ученые.

**Плюсы**

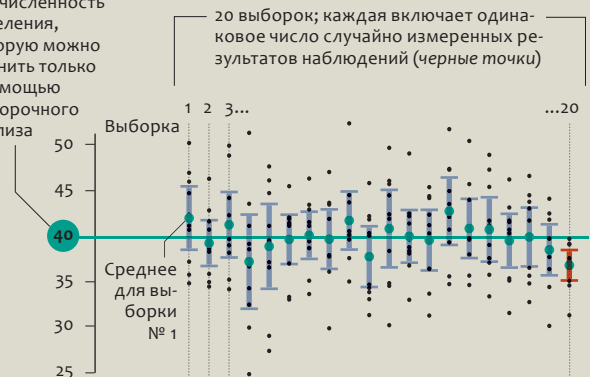
- Широко признан в качестве метода графического представления данных вероятностной природы.
- Простой формат представления вероятностей различных величин.
- Выбор интервала зависит от типа задач, заданных на одном и том же наборе данных. Например, если мы говорим о диапазоне значений в популяции, то интервалы означают среднеквадратическое отклонение; если мы говорим о диапазоне значений статистической величины (например, о среднем значении), то интервалы подразумевают стандартную ошибку.

**Минусы**

- Неясность представления: интервалы могут соответствовать среднеквадратическому отклонению, стандартной ошибке и т.д. В каждом случае свой смысл.
- Пользователи могут допускать так называемые детерминированные ошибки толкования, то есть интерпретировать значения на концах интервала ошибок не как величину, обозначающую неопределенность, а как максимальное и минимальное значения результатов измерения.
- При использовании интервала ошибок, особенно на гистограммах, можно неверно понять смысл данных, заключенных в пределах интервала. Например, величину, лежащую справа от среднего значения на рисунке (ниже), пользователь может неверно интерпретировать как наиболее вероятную, а слева — как наименее вероятную.
- Пользователь может запросто пренебречь областями неопределенности и вместо этого сфокусировать свое внимание только на среднем значении, что приведет к неверным выводам.



Реальная средняя численность населения, которую можно оценить только с помощью выборочного анализа



### Что означает доверительный интервал?

Если мы берем интервал ошибок или доверительные границы с уровнем доверия 95%, то это означает, что на указанном интервале истинное значение содержится с вероятностью 95%. Однако когда мы говорим, что в пределах доверительного интервала находится истинное значение, то здесь смысл следующий: если мы будем повторять случайные выборки одного и того же размера достаточно большое количество раз и независимо друг от друга, то в 95% случаев истинное значение будет попадать в доверительный интервал. Несмотря на то что на практике такое распространенное ошибочное толкование не может кардинально сказаться на принятии решений, то, что даже ученые неправильно понимают смысл доверительных интервалов, показывает, насколько сложно корректно интерпретировать изображения, в которых отражается неопределенность.

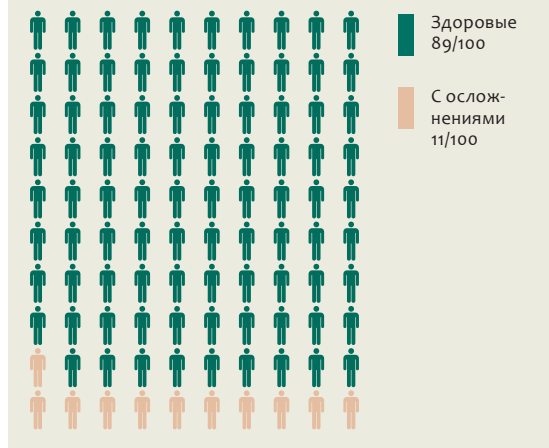
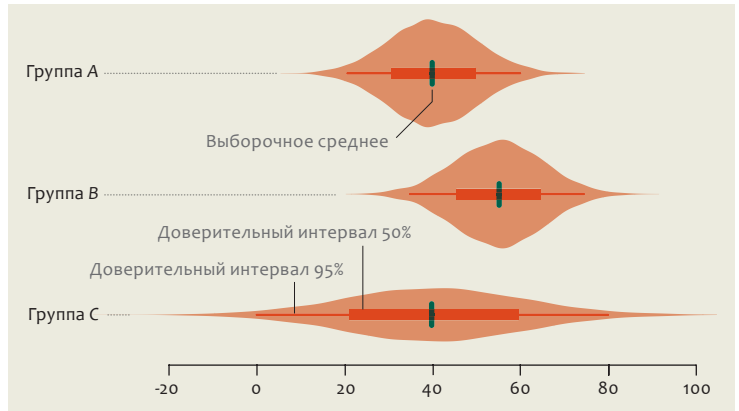
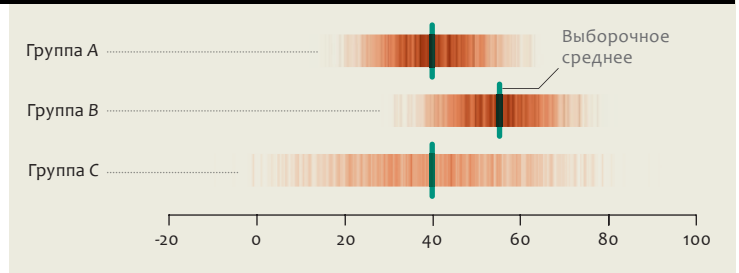
Несмотря на правильные подсчеты, значение реальной средней численности населения все-таки не попало в одну из 20 выборок, у каждой из которых доверительный интервал равнялся 95%.

### Диаграммы плотности распределения вероятности

Вероятностные характеристики можно передать с помощью цвета, например показать в виде градиентной заливки на графике (вверху): здесь мы видим переход от темного цвета в центре (высокая вероятность) к более светлому по краям (малая вероятность). На диаграмме типа «скрипка» (внизу) выпуклые области означают более высокие значения вероятности. На таких диаграммах вероятность отображается более детально, чем с помощью интервальных методов (интервалов ошибок и доверительных границ), но их эффективность зависит от того, насколько хорошо пользователь способен различать изменения оттенков, высоты или других визуальных свойств.

- Плюсы**
- Как правило, этот метод интуитивно понятен: затенения или жесткие границы означают большую определенность; более светлые цвета затенения или нечеткие границы — меньшую.
  - При использовании этого метода смысл данных понимается, как правило, корректно, чего не скажешь о методе интервалов.

- Минусы**
- Пользователь может не сразу догадаться, что плотность штриховки соответствует величине вероятности.
  - Пользователи зачастую полагают, что в той части диаграммы, которая хорошо различима (наиболее темные или наиболее широкие области), содержатся фактические значения данных, а те части диаграммы, которые хуже различимы (очень светлый цвет или самые узкие области), — это и есть неопределенность, что неверно.
  - Оценки могут быть смещены к самым темным цветам на диаграмме или самым высоким точкам.
  - Могут возникать затруднения с определением конкретных значений вероятности.



### Массивы иконок

Если выразить вероятность с помощью частоты (скажем, вероятность 30% будем интерпретировать как «три из десяти»), то пользователю будет легче воспринять такую информацию и, следовательно, он станет использовать ее корректнее. Вообще, человек лучше воспринимает вероятность в дискретном виде, поскольку сталкивается с ней каждый день.

- Плюсы**
- Этот метод более ясный, чем некоторые другие, ведь в этом случае пользователь без труда заметит, что вероятность соответствует количеству изображений.
  - Если число используемых изображений невелико, то пользователь быстро обратит на это внимание, поскольку человеку вообще свойственно очень быстро замечать множества небольших размеров, для чего ему даже не нужно пересчитывать количество входящих элементов.

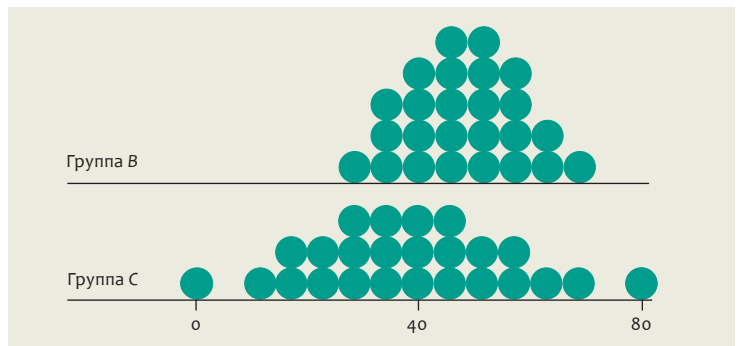
- Минусы**
- Предназначен для представления только одной вероятностной величины.

### Пространственное представление выборки

Пространственное представление выборочных данных вполне подойдет, если нужно отобразить вероятности одной или нескольких переменных величин в дискретном формате. Один из примеров такого подхода — квантильный точечный график. На нем изображены элементы распределения данных выборки (в виде кружков) таким образом, что их количество соответствует вероятности (например, высота в два шарика, пять шариков — на рис. ниже). Если существует неопределенность относительно значений параметров, на основе которых делаются оценки (например, начальные условия), то можно сгенерировать выборки, меняющие эти параметры, и показать в одной визуализации.

- Плюсы**
- Создатель диаграммы может изобразить любое количество данных, достаточное для того, чтобы просматривался тип распределения, и в то же время их не должно быть слишком много, иначе читатель не сможет различить изображения отдельных элементов.

- Минусы**
- Если количество элементов будет неоправданно большим, то читателю станет труднее производить корректные вычисления вероятности.
  - Возможны неточности, особенно если исходное распределение сильно искажено так называемыми выбросами (резко выделяющимися значениями экспериментальных величин).





### Стрелочный индикатор на президентских выборах 2016 г. в США

Методы визуализации иногда заставляют нас сильно поволноваться. Так было в 2016 г. В тот самый день, когда в США проходили президентские выборы, газета *The New York Times* поместила вечером на своем сайте динамический стрелочный индикатор, где отображались прогнозы результатов выборов. На полукруглом диске были секторы, окрашенные в разные цвета. Области слева соответствовали уверенной победе Клинтон, области справа — безоговорочной победе Трампа. Обновление индикатора происходило несколько раз в минуту по мере поступления новых результатов с избирательных участков. Стрелка прыгала то вправо, то влево, причем даже быстрее, чем обновлялись данные.

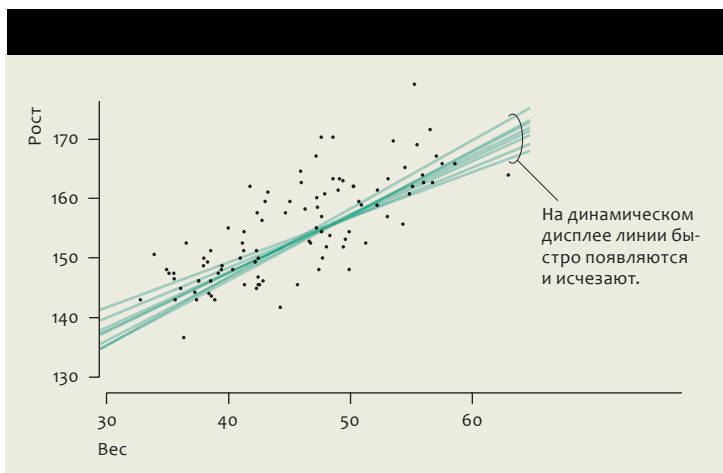


Вероятность победы на выборах

В тот вечер многие с волнением наблюдали, как непредсказуемо ведет себя стрелка индикатора. Беспокойство при виде пляшущей стрелки стало нарастать пропорционально неопределенности поступающих данных. В течение десятилетий граждане довольствовались лишь статичными прогнозами результатов выборов, при этом неопределенность упускалась из виду. И вот мы увидели резкий переход к визуализации неопределенности и, как результат, столкнулись с тревожными ожиданиями итогов выборов.

### Комбинированные подходы

Специалисты в области компьютерной графики могут создавать качественные рисунки и диаграммы с помощью комбинирования различных методов визуализации, не привязываясь к какому-то одному из них. В качестве примера мы приводим здесь известный клиновидный график, созданный Банком Англии. Слева от пунктирной линии (находится в интервале между 2009 и 2010 гг.) помещены данные за предыдущий период, справа — прогнозируемые данные. Неопределенность в предыдущем периоде — это важный фактор, обуславливающий неопределенность в будущем периоде. На этом графике области с более интенсивными цветовыми оттенками соответствуют более высокой вероятности, а с менее интенсивными — меньшей вероятности; разные оттенки соответствуют разным уровням достоверности (читатель сам их выбирает). Читатель может анализировать данные как по контуру полос, так и по их яркости. Некоторые из современных статистических программных пакетов, предназначенных для проектирования графиков и моделирования, позволяют комбинировать подходы визуализации.

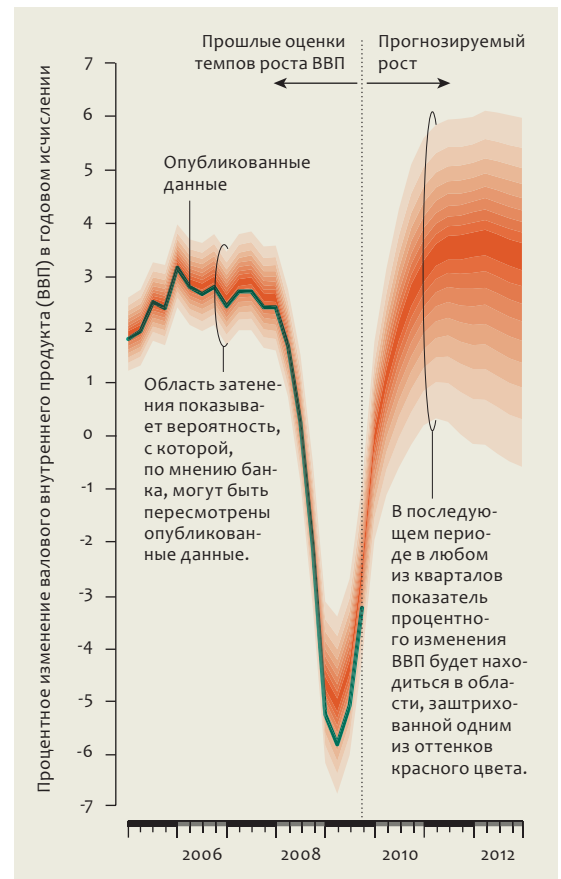


### Динамическая визуализация во времени

Визуализация потока поступающих данных в виде динамического процесса дает нам возможность почувствовать, что такое неопределенность, — только в эти моменты понимаешь, что игнорировать ее не так-то просто. Название этого метода — диаграмма гипотетических результатов (*hypothetical outcome plot*). Его можно использовать для создания и простых, и сложных визуальных образов. Исследования механизмов человеческого восприятия говорят о том, что люди на редкость хорошо умеют судить о распределении данных, опираясь на частоту появления событий: чтобы оценить вероятность события, человеку нет необходимости подсчитывать, сколько раз оно наступает. Один из важных факторов — скорость наступления событий; она должна быть достаточно быстрой, чтобы человек смог увидеть меняющиеся события, и в то же время достаточно медленной, чтобы он имел возможность запомнить увиденное.

- Плюсы**
  - Человеческий глаз способен довольно точно оценить вероятность событий; при этом человеку не нужно специально подсчитывать количество появляющихся объектов.
  - Может широко применяться для различных типов данных и стилей визуализации.
  - Динамическая визуализация позволяет оценивать вероятности сразу для многих переменных (на статическом графике это сделать трудно).

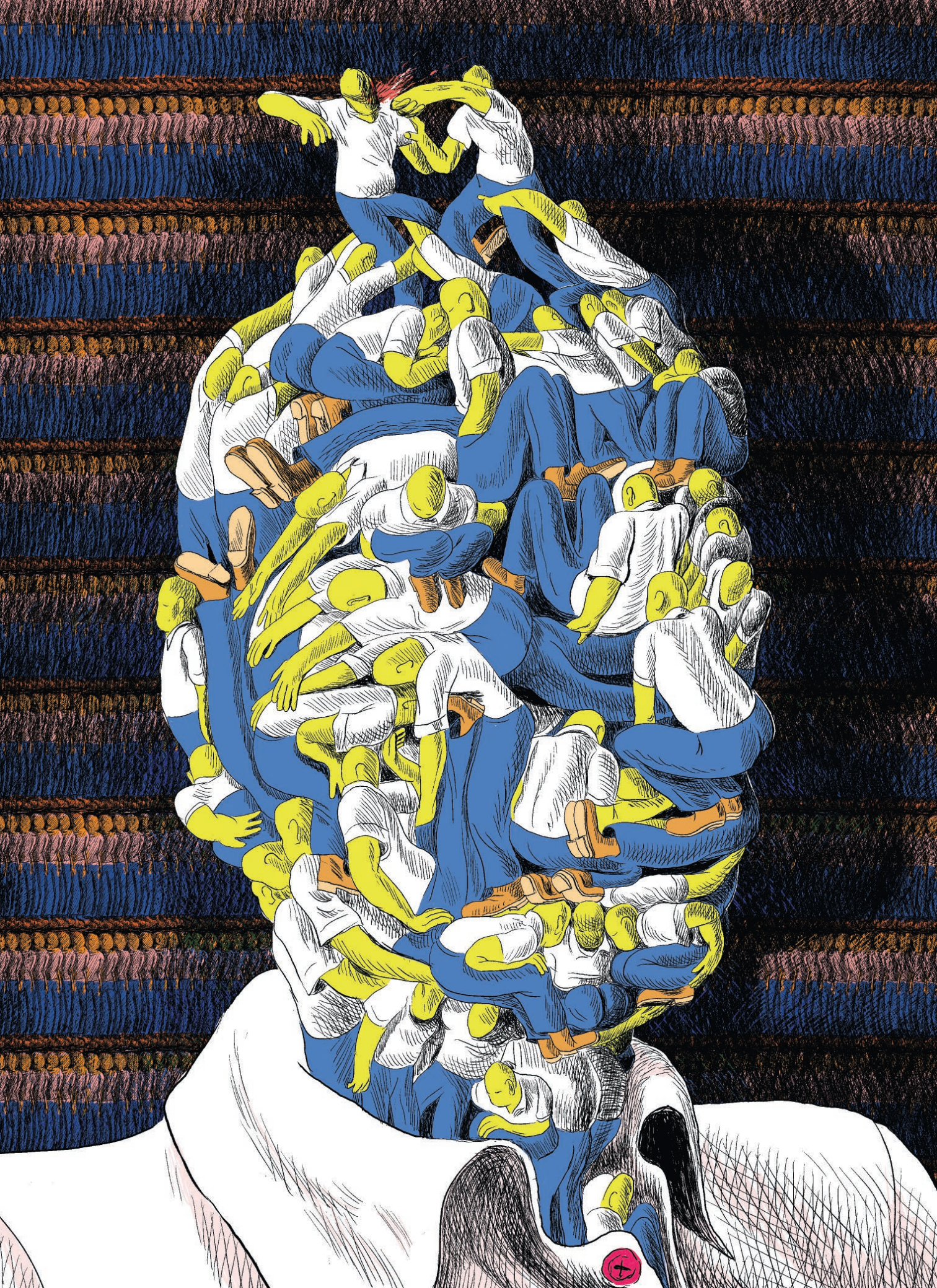
- Минусы**
  - Неточность выборки, особенно если распределение сильно искажено выбросами.
  - Сложно сказать, какую часть меняющихся данных заметит пользователь.
  - Может оказаться, что некоторые форматы, например научные статьи, пока не поддерживают методы динамической визуализации.



### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Пентленд А. Как защитить большие данные от самих себя // ВМН, № 10, 2014.
- *Picturing the Uncertain World: How to Understand, Communicate, and Control Uncertainty through Graphical Display.* Harold Wainer. Princeton University Press, 2009.
- *Visualizing Uncertainty.* Claus O. Wilke in *Fundamentals of Data Visualization.* O'Reilly Media, 2019.

SOURCE: INFLATION REPORT, BANK OF ENGLAND, FEBRUARY 2010 (GDP chart) Illustration by Tiffany Parramir Gonzalez (Election needle)



# РАДИКАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА  
УГРОЖАЕТ НАШЕМУ САМООЩУЩЕНИЮ.  
ЛЮДИ СПРАВЛЯЮТСЯ С ЭТИМ БЛАГОДАРЯ  
УВЛЕЧЕНИЮ ПОПУЛИЗМОМ

Майкл Хогг

Человеческие общества постоянно перестраиваются, при этом глубоко разрушаются социальные связи. Перемещение людей в конце XVIII — начале XIX в. вследствие промышленной революции раздробило общины, из-за распада империй в начале XX в. изменились нации и национальные идентичности, а Великая депрессия в 1930-х гг. обрушила экономическую стабильность и лишила людей перспектив. Но сейчас мы сталкиваемся с неопределенностью небывалого масштаба. Начало XXI в. характеризуется резкими и ошеломляющими изменениями: глобализация, иммиграция, технологическая революция, неограниченный доступ к информации, социально-политическая нестабильность, автоматизация труда и глобальное потепление.

Людам нужны устойчивая самоидентификация и ощущение своего места в мире, а из-за стремительности и размаха происходящих изменений многие оказываются оторванными от своей среды. Дело в том, что восприятие, чувства, взгляды и действия зависят от нашего самоощущения. В большинстве случаев оно связано с межличностными отношениями с друзьями, родственниками и партнерами, а также с тем, к каким социальным группам мы принадлежим и с кем

себя идентифицируем, то есть с нашими национальностью, религией, этнической принадлежностью и профессией. Это позволяет нам с некоторой уверенностью предсказывать, как другие люди будут на нас смотреть и к нам относиться.

Представьте себе, как вы будете взаимодействовать со всеми ситуациями и людьми, с которыми сталкиваетесь в повседневной жизни, если постоянно чувствуете неуверенность в том, кто вы, как надо себя вести и как

## ОБ АВТОРЕ

**Майкл Хогг** (Michael A. Hogg) — профессор и заведующий кафедрой социальной психологии в Клермонтском университете и почетный профессор Кентского университета в Англии. Он был президентом Общества экспериментальной социальной психологии, сейчас работает ответственным редактором журнала *Group Processes & Intergroup Relations*. Член многочисленных обществ, в том числе Ассоциации психологических наук.



будут развиваться социальные взаимодействия. Мы можем испытывать дезориентированность, тревогу, напряжение, когнитивное истощение, нехватку свободы воли и контроля. Такая неуверенность в себе может восприниматься как увлекательное испытание, если мы ощущаем, что у нас есть материальные, социальные и психологические ресурсы для его прохождения. Однако если мы чувствуем, что у нас их нет, то воспринимаем это как неприятнейшую угрозу нам и нашему месту в мире.

Как правило, человек стремится уменьшить неуверенность в себе. Когда люди все меньше уверены в том, кто они и как им встроиться в быстро меняющееся окружение, это может стать (и на самом деле уже стало) настоящей проблемой для общества. Люди поддерживают и наделяют полномочиями авторитарных лидеров, принимают идеологии и взгляды, которые продвигают и прославляют миф о великом и славном прошлом. Опасаясь непохожих на них, люди ищут единообразие и оказываются одурманены легкостью доступа к той информации, которая подтверждает, кто они есть или кем они хотели бы быть. В результате глобальный популизм усиливает свои позиции.

### В поисках социальной идентичности

Один из мощных источников идентичности кроется в социальных группах, которые могут эффективно уменьшать неуверенность человека в себе, особенно если они различаются, а участники внутри группы считают себя взаимосвязанными друг с другом.

Группы играют главную роль в определении нашей идентичности, поскольку представляют собой социальные категории, а исследования показывают, что социальная

категоризация встречается повсеместно. Человек определяет других людей как принадлежащих к «своей» ингруппе или «чужим» аутгруппам. Окружающим приписываются групповые атрибуты и социальный статус; таким образом создается субъективный мир, в котором группы внутренне однородны, а различия между ними усиливаются и подчеркиваются националистическим образом. И поскольку мы так же классифицируем себя, мы усваиваем атрибуты, определяющие ингруппу, которые становятся частью нас самих. Чтобы построить социальную идентичность, мы окружаем себя людьми, психологически похожими на нас.

Процесс, побуждающий людей причислять себя к определенной группе и вести себя соответствующим образом, называется социальной категоризацией. Он формирует наше самоощущение, определяет, кто мы, предписывает нам, как надо себя вести, как надо думать, какую иметь систему взглядов. Кроме того, он обеспечивает предсказуемость взаимодействий, позволяя нам прогнозировать, как люди будут с нами обращаться и думать о нас, и обеспечивает взаимное подтверждение идентичности: люди, которым мы нравимся, то есть участники ингруппы, подтверждают, что мы — это мы.

Такая движущая сила, возникающая из-за неуверенности в своей социальной идентичности, сама по себе не плоха. Она позволяет людям объединяться в коллективы, на этом основана организация человеческого общества. Достижения человечества, для которых требуется координированное взаимодействие ради единой цели, невозможны, если люди действуют сами по себе. Однако это превращается в проблему, когда неуверенность

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Резкие и ошеломляющие изменения могут угрожать самосознанию и идентичности людей.
- Неуверенность в себе вызывает у людей потребность в сильной идентификации с группой и в поиске лидера, что может способствовать появлению предвзятости подтверждения и увлечению популизмом.
- Влияние обоих факторов усиливается и упрощается при наличии неограниченного количества информации и доступа к экстремистским группам в интернете.

в себе и ощущение угрозы для самооценки обостряются, становятся устойчивыми и всеобъемлющими. Тогда люди испытывают непреодолимую потребность отождествлять себя с кем-то, причем не просто с родственной душой, а с теми, кто хорошо приспособлен для того, чтобы справиться с этими дезориентирующими и даже пугающими ощущениями.

### Снижение неопределенности с помощью принадлежности к группам

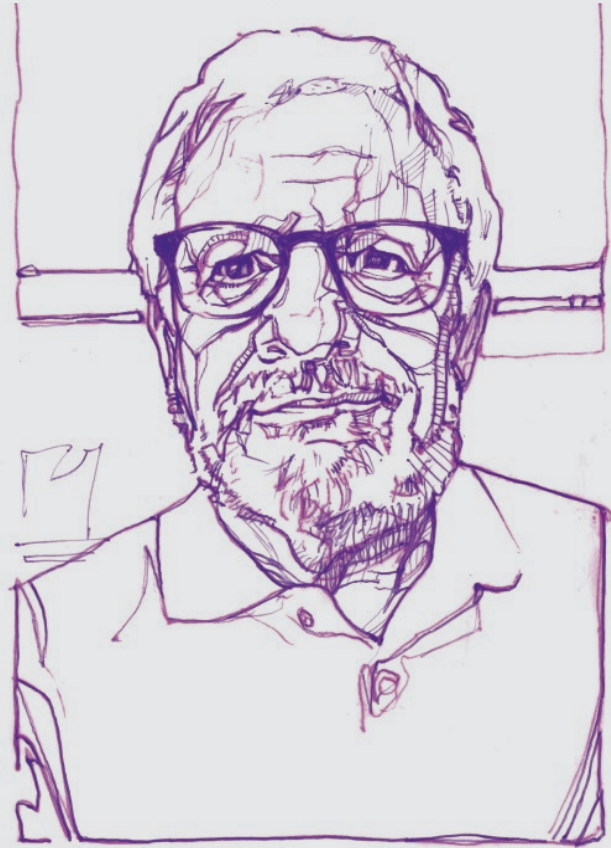
Некоторые свойства групп и социальных идентичностей особенно хорошо подходят для ослабления неуверенности в себе. В первую очередь надо, чтобы группы были отделены от других и имели четкие границы, позволяющие различить «своих» и «чужих». Группы должны иметь понятную внутреннюю структуру, обычно иерархическую. Эти черты обеспечивают группе сплоченность и однородность, так что ее члены взаимозависимы и объединены общей судьбой.

Неоднородность и несовпадение мнений возвращают неуверенность, и поэтому их избегают. Когда появляются такие черты, люди и группа в целом реагируют решительно и сурово, создавая атмосферу подозрительности, которая закладывает основу для преследования предполагаемых инакомыслящих. Это дает повод для проявления личной неприязни и преследований под видом заботы о сплоченности группы.

То, что членов своей группы принимают и полностью им доверяют, важно не только для группы, но и для них самих. Ведь они отчаянно хотят быть вовлечены куда-то, где их идентичность будет цениться, и таким образом уменьшить неуверенность. Кандидаты, новые члены и те, кто подозревает, что на них смотрят с подозрением, или не уверены, что их полностью приняли, пойдут на любые крайности от имени группы, чтобы доказать свои верность и лояльность. Такие люди легко становятся фанатиками и радикалами. Примеры подобной крайности — неонацисты и белые расисты, публично участвующие в жестоких террористических актах и демонстрирующие расовую ненависть.

Социальная идентичность, создаваемая такими группами, должна к тому же быть достаточно простой, чтобы ее можно было безоговорочно принять как «истину». Убираются все тонкости и детали, потому что они мешают снижению неясности. Четкость позиции группы позволяет ее членам понимать, что им нужно думать и чувствовать и как себя вести. Такие особенности подкрепляют сильной идеологией, находят отвратительные

## КАК НЕЙРОБИОЛОГ ИЩЕТ ОТВЕТЫ



### Многие думают, что наука ищет истину, но на самом деле это не так.

Скорее, реальная цель науки — поиск лучших вопросов. Мы проводим эксперименты, потому что мы о чем-то не имеем представления и хотим узнать больше. Иногда эти эксперименты дают отрицательный результат. Но то, что мы узнаем благодаря нашему незнанию, нашим промахам, открывает новые вопросы и неопределенности. Это более хорошие вопросы и более хорошие неопределенности, которые позволяют провести новые эксперименты. И так далее.

Возьмем мою область, нейробиологию. На протяжении 50 лет фундаментальный вопрос в изучении сенсорной системы был такой: «Какая информация посылается в мозг?» Например, что наши глаза сообщают мозгу? Сейчас эта идея сменилась на полностью противоположную: на самом деле это мозг задает вопросы сенсорной системе. Он не занимается просеиванием огромных объемов информации от, скажем, глаза, наоборот: он посылает глазу запрос на поиск конкретной информации.

В науке всегда есть невыясненные вопросы и маленькие тупики. Вам может показаться, что вы все узнали, но всегда будет что-то новое и неожиданное. В этом и есть ценность неопределенности. Она не должна вызывать беспокойство. Она открывает возможности.

**Стюарт Фаерштейн (Stuart Firestein)**, профессор факультета биологических наук Колумбийского университета, в беседе с Брук Борел.

и безнравственные аутгруппы, которые можно демонизировать и назначить на роль «врагов». В этой среде процветают конспирологические теории, потому что они оправдывают многолетние притеснения аутгрупп ингруппами.

### Как неопределенность порождает популизм

Если неуверенность в себе побуждает людей идентифицировать себя с группами и считать, что это важнейшая составляющая их личности, то они должны быть убеждены, что точно знают особенности своей группы. Когда вам нужно то, что вы считаете надежным и проверенным источником информации о группе, куда вы обратитесь? В первую оче-

## Интернет — идеальное место для избавления от дискомфорта, связанного с неуверенностью в себе, потому что он обеспечивает непрерывный доступ к неограниченной информации

редь к тому, кто, по вашему мнению, единодушно рассматривается группой как лидер, — как правило, это человек, чье лидерство еще и закреплено формально.

Последние исследования влияния неуверенности на тип предпочитаемого лидера дают тревожную картину. Людям всего лишь нужен кто-то, кто скажет им, что делать. В идеале эти указания исходят от того, кому они могут доверять как «одному из нас». Показано, что неуверенные в себе люди больше предпочитают твердых и властных лидеров, даже с диктаторским уклоном, которые доносят простые и понятные истины о том, «кто мы на самом деле», а не тех, кто предлагает более сложные идеи об идентичности, полные нюансов и дополнительных структур. Больше всего удручает то, что при неуверенности в себе люди поддерживают тех лидеров, чья личность содержит так называемую «темную триаду»: макиавеллизм, нарциссизм и психопатию. Другими словами, неуверенность в себе, судя по всему, подкрепляет популизм.

Другим источником информации об идентичности выступают «люди, похожие на вас», которые, как вы чувствуете, воплощают идеи

группы и смотрят на мир так же, как это делаете вы. Это могут быть люди, с которыми вы взаимодействуете лично, друзья или источники информации, такие как радио и телевидение, особенно новостные каналы, которые вы смотрите. Но сейчас этим источником информации и влияния в большинстве случаев становится интернет — веб-сайты, социальные сети, каналы в *Twitter*, подкасты и многое другое.

Интернет — идеальное место для избавления от дискомфорта, связанного с неуверенностью в себе, потому что он обеспечивает непрерывный доступ к неограниченной информации, которая часто отобрана самими людьми и скрытыми алгоритмами. Таким образом люди получают доступ только к информации, которая соответствует их запросам. Предвзятость подтверждения — мощная и универсальная человеческая склонность, особенно сильная в условиях неуверенности, она разделяет информацию и идентификационные пространства, раскалывает и сталкивает общества. В интернете можно с легкостью найти группы, которые малодоступны в обычном мире.

Интернет еще больше усиливает предвзятость подтверждения из-за неуверенности в себе, потому что люди хотят быть окружены теми, кто думает так же, как они, чтобы постоянно подтверждать свою идентичность и свое мировоззрение. В этих замкнутых социальных вселенных определяются контуры «истины». В таком случае нет абсолютных истин и нет желания серьезно изучать и анализировать альтернативные точки зрения, потому что это мешает избавиться от неуверенности в себе. Поэтому люди склонны оставаться во все более однородных эхокамерах, подтверждающих их социальную идентичность. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Фишер М. Своя правда // ВМН, № 4, 2018.
- Uncertainty-Identity Theory. Michael A. Hogg in Handbook of Theories of Social Psychology, Vol. 2. Edited by Paul A.M. Van Lange, Arie W. Kruglanski and E. Tory Higgins. Sage Publications, 2012.
- From Uncertainty to Extremism: Social Categorization and Identity Processes. Michael A. Hogg in Current Directions in Psychological Science, Vol. 23, No. 5, pages 338–342; October 2014.



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

# Научная Россия



Взгляд на науку  
с пристрастием

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

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

# НОВЫЙ МИРОВОЙ БЕСПОРЯДОК

СКЛОННОСТЬ НЕ ЗАДУМЫВАЯСЬ ДЕЛИТЬСЯ  
ИНФОРМАЦИЕЙ МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА  
ДЛЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕЗИНФОРМАЦИИ

Клэр Уордл

Изучая влияние ошибочной информации на общество, я часто мечтаю о том, чтобы молодые предприниматели из Кремниевой долины, разрабатывающие средства для быстрого обмена информацией, прежде чем выпускать их на рынок, должны были бы оценивать последствия использования таких технологий в ситуации 11 сентября.

На одной из самых знаменитых фотографий, сделанных в тот день, запечатлена толпа жителей Нью-Йорка, смотрящих вверх. Фотография производит сильное впечатление, поскольку мы знаем, какой кошмар они видят. Легко представить, что в наше время большинство участников этой сцены держали бы в руках смартфоны. Они снимали бы видеоролики и публиковали их в *Twitter* и *Facebook*. Слухи и искаженная информация, усиленные соцсетями, бурно распространялись бы. Росло бы число постов, наполненных ненавистью к мусульманам. Эти домыслы и оскорбления вышли бы в топ за счет алгоритмов, реагирующих на небывалое количество лайков, комментариев и репостов. Вражеские агенты использовали бы дезинформацию, чтобы усилить раскол, сея хаос и вбивая клинья между группами населения. А те, кто застрял на вершинах башен, в прямом эфире транслировали бы последние мгновения своей жизни.





## ОБ АВТОРЕ

**Клер Уордл** (Claire Wardle) — американский директор некоммерческой организации *First Draft*, где она занимается исследованиями, руководит проектами и обучает группы выявлять ошибочную информацию и бороться с ней. Ранее была научным сотрудником Центра СМИ, политики и государственного управления Джоан Шоренштейн Гарвардского университета. Защитила диссертацию в области коммуникации в Пенсильванском университете.



Такое стресс-тестирование технологий во время худших исторических моментов могло бы показать то, что давно известно социальным психологам и пропагандистам: люди запрограммированы реагировать на эмоциональные триггеры и делиться неточной информацией, если она подкрепляет существующие убеждения и предрассудки. Разработчики социальных сетей, напротив, горячо верили, что связь будет способствовать терпимости и противостоять ненависти. Они не смогли понять, что технология не меняет нашу сущность в корне, а лишь отображает уже существующие свойства человека.

Недостовверная информация существует онлайн с середины 1990-х гг. Но в 2016 г. после некоторых событий стало понятно, что появились более темные силы: автоматизация, микротаргетинг и синхронизация стали двигателями информационных кампаний, предназначенных для крупномасштабного управления общественным мнением. Журналисты на Филиппинах забили тревогу, когда благодаря активной компании на *Facebook* к власти пришел Родриго Дутерте. Затем в июне последовали неожиданные результаты референдума о членстве Великобритании в ЕС, а потом в ноябре — результаты выборов президента США. Все это побудило ученых заняться систематическим исследованием использования информации в качестве оружия.

В течение последних трех лет обсуждение причин загрязнения нашего информационного сообщества почти полностью сосредоточилось вокруг действий, предпринятых (или не предпринятых) технологическими компаниями. Но это слишком упрощенное представление. Под влиянием сложной системы социальных изменений люди становятся

более падкими на неточную информацию и конспирологические измышления. Доверие к органам власти понижается из-за политических и экономических потрясений, а особенно — из-за постоянно растущего неравенства доходов. Все заметнее становятся последствия изменения климата. Вызывают опасения глобальные миграционные тенденции, похоже, что состав населения будет необратимо меняться. Из-за усиления автоматизации люди начинают опасаться за свою работу и за частную жизнь.

Негодяи, желающие усугубить существующую напряженность, учитывают эти социальные тенденции и разрабатывают такой контент, который, как они надеются, разозлит или возбудит определенных пользователей, а те, в свою очередь, станут транслировать эту информацию. Цель заключается в том, чтобы пользователи задействовали собственный социальный капитал для поддержания и придания достоверности первоначальному сообщению.

Большая часть этой информации предназначена не для того, чтобы в чем-то убедить людей, а для того чтобы создать путаницу, обескуражить и подорвать доверие к институтам демократии начиная от избирательной системы и заканчивая журналистикой. Сейчас многое делается для подготовки избирателей к выборам в 2020 г., однако дезинформация и теории заговора зародились не во время президентской гонки 2016 г. и не исчезнут по окончании грядущих выборов. По мере того как средства, разработанные для манипулирования и распространения контента, будут становиться дешевле и доступнее, станет еще проще превращать пользователей в невольных агентов дезинформации.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В интернете существует много типов информационного беспорядка начиная от поддельного видео и заканчивая липовыми аккаунтами и мемами, созданными для манипулирования с подлинным информационным материалом.
- Автоматизация и стратегия микротаргетинга облегчили обычным пользователям социальных сетей возможность распространять вредоносные сообщения.
- Требуются обширные исследования, чтобы оценить последствия дезинформации и выстроить защиту.

### Контекст как оружие

Язык, который обычно используют при обсуждении проблемы недостоверности информации, слишком упрощен. Для проведения эффективных исследований и вмешательств нужны четкие определения, однако многие люди применяют сомнительное словосочетание «фейковые новости». Этот термин во всем мире используется политиками для нападков на свободную прессу, и он опасен. По данным последних исследований, аудитория все чаще ассоциирует его с ведущими СМИ. Его часто используют для обозначения самых разных явлений, не только таких, как ложь, слухи, мистификации, неточная информация, заговоры и пропаганда, но даже тогда, когда сглаживают нюансы и сложности. Большая часть такого контента даже не маскируется под новости, а появляется в виде мемов, видео и постов в социальных сетях *Facebook* и *Instagram*.

В феврале 2017 г., чтобы показать разнообразие контента, используемого для загрязнения информационной экосистемы, я выделила семь типов «информационного беспорядка». Среди прочего там были сатира, которая не предназначена для причинения вреда, однако все же способна ввести в заблуждение; сфабрикованный контент, полностью ложный и предназначенный для обмана и причинения вреда; недостоверные сведения, когда настоящая информация распространяется в сочетании с ложным контекстом. Позже в том же году мы с техническим журналистом Хоссейном Деракшаном (Hossein Derakhshan) опубликовали доклад, в котором показали различия между заблуждением, дезинформацией и злонамеренной информацией.

Распространители дезинформации, то есть заведомо ложного контента, созданного с целью причинить вред, могут делать это по трем разным причинам: для получения денег, для обретения политического влияния в стране или за рубежом, или просто чтобы причинить неудобства.

Распространители заблуждений дают ход информации, не догадываясь, что она недостоверная или искаженная, ими движут социально-психологические причины. Люди демонстрируют свою личность в социальных сетях, чтобы чувствовать свою связь с окружающими, причем «окужающими» могут быть сторонники политической партии, обеспокоенные изменением климата активисты или те, кто принадлежит к определенной

## Три категории информационного беспорядка

Чтобы понимать и изучать сложность информационного сообщества, нам нужна общая терминология. Сейчас используются упрощенные формы, такие как «фейковые новости», при этом пропадают важные различия и очерняется журналистика. Кроме того, слишком много внимания уделяют противопоставлению «истинности» и «фейка», тогда как информационный беспорядок создается за счет многогранно-го «введения в заблуждение».



религиозной, расовой или этнической группе. Важно, что дезинформация может превратиться в заблуждение, если люди распространяют ее, не понимая, что это ложь.

Мы добавили термин «злонамеренная информация», чтобы описать передачу правдивой информации с целью причинения вреда.

Наблюдая за распространением неверной информации во время восьми предвыборных кампаний в разных концах земного шара начиная с 2016 г., я отметила изменение тактики и методов. Самая действенная дезинформация всегда содержала зерно истины, и действительно, большая часть распространяемой сейчас информации — не фальшивая, но вводящая в заблуждение. Вместо полностью сфабрикованных историй агенты влияния переинтерпретируют достоверную информацию и используют преувеличения в заголовках. При использовании этой стратегии подлинную информацию связывают с темами или людьми, по поводу которых в обществе имеются разногласия. Чтобы на шаг (или на много шагов) опередить модераторов в сети, негодяи обычно преподносят эмоциональную дезинформацию под видом сатиры, чтобы к ней не цеплялись с проверкой на достоверность. В таких случаях в качестве оружия выступает

контекст, а не основное содержание. В результате преднамеренно создается хаос.

В качестве примера рассмотрим отредактированное видео со спикером палаты представителей Нэнси Пелоси, которое распространили в мае этого года. Это была подлинная запись, но распространитель дезинформации замедлил видео, чтобы создать впечатление, что Нэнси нечетко произносит слова. Как и ожидалось, некоторые зрители сразу же начали предполагать, что Пелоси была пьяна, и видео распространилось по социальным сетям. Затем его подхватили центральные СМИ, так что о нем узнало гораздо больше людей, чем первоначально.

В таких случаях обычно пытаются объяснить, что имело место заблуждение, но, как показывают исследования, это может еще сильнее ухудшить ситуацию. В своих рассуждениях наш мозг склонен полагаться на шаблоны восприятия. В результате знакомство и повторение оказываются двумя наиболее действенными механизмами внедрения ошибочной информации, даже если она подавалась в контексте, сообщающем о несоответствии действительности.

## Об удивительном взлете Трампа один из опрошенных пояснил: «Мы привели его к власти с помощью мемов <...>. Мы управляли культурой»

Негодяям это известно: в 2018 г исследователь СМИ Уитни Филлипс (Whitney Phillips) опубликовала доклад для Исследовательского института данных и общества, где разбирает, какие методы используют те, кто побуждает журналистов рассказывать о лживых и вводящих в заблуждение историях, способствуя таким образом распространению этой информации. В еще одном недавнем докладе, опубликованном Институтом прогнозов, сообщается, что только 15% журналистов в США обучались тому, как правильно сообщать о достоверной информации. Сейчас главная задача для репортеров, а также для тех, кто проверяет достоверность информации или пользуется известностью, например, как политик или влиятельное лицо, — уметь распутать и опровергнуть дезинформационные материалы, вроде таких как видео с Пелоси, не добавляя популярности исходному контенту.

### Мемы: неиссякаемый источник ошибочной информации

В январе 2017 г. в передаче «Эта американская жизнь» (*This American Life*) Национального общественного радио прозвучало интервью с несколькими сторонниками Трампа, записанное на одном из его инаугурационных мероприятий под названием *Deplora Ball*. Эти люди активно использовали социальные сети для поддержки президента. Об удивительном взлете Трампа один из опрошенных пояснил: «Мы привели его к власти с помощью мемов <...>. Мы управляли культурой».

Слово «мем» впервые использовал Ричард Докинз в 1976 г. в своей книге «Эгоистичный ген» (*The Selfish Gene*), описав «единицу культурной передачи, или единицу имитации», то есть идею, поведение или стиль, которые быстро распространяются внутри культуры. В последующие десятилетия слово стало применяться для описания интернет-контента, как правило, визуального, с характерным дизайном, где яркие красочные изображения сочетаются с короткой фразой. Там часто присутствует отсылка к другим культурным и медиа-событиям, иногда явно, но чаще скрытно.

Мемы действительны благодаря этой их особенности — негласной отсылке к общим знаниям о событии или личности. Энтимемы — риторические приемы, в которых аргументация осуществляется через отсутствие предпосылки или вывода. Как правило, основная отсылка не озвучивается (это может быть недавняя новость, заявление политического деятеля, рекламная кампания или более широкая культурная тенденция), и зритель должен догадаться сам. Эта дополнительная совершаемая зрителем работа действует как убеждающий прием, поскольку человек испытывает чувство связи с другими людьми. Если мем вызывает смех или возмущение в адрес другой группы, его влияние еще более усиливается.

Такой формат не кажется серьезным, поэтому большая часть исследовательского и политического сообщества не восприняла мемы как эффективные средства дезинформации, конспирологии или разжигания ненависти. Однако наиболее эффективна та дезинформация, которой делятся, а мемами делятся гораздо охотнее, чем текстом: все сообщение целиком видно на экране, и не требуется кликать на ссылку. В вышедшей в 2019 г. книге Ань Сю Миной (An Xiao Mina) «Мемы для изменений» (*Memes to Movements*) описано, как мемы влияют на социальные протесты и расстановку политических сил, но такое серьезное рассмотрение этой темы встречается довольно редко.

На самом деле многие посты и рекламные сообщения на *Facebook*, созданные, в частности, в России по случаю предвыборной гонки в США в 2016 г., были мемами. Они имели своей целью противопоставление таких кандидатов, как Берни Сандерс, Хиллари Клинтон и Дональд Трамп, а также политические различия по вопросам права на оружие и иммиграции. Зачастую усилия бывают направлены на определенную расовую или религиозную группу, такую как «Жизни чернокожих тоже важны» (*Black Lives Matter*) или евангельские христиане. Когда архив таких мемов попал на *Facebook*, некоторые комментаторы писали, что мемы примитивны и недействительны. Но, как показывают исследования, если люди напуганы, то чрезмерно упрощенные

сообщения, конспирологические объяснения и демонизация чужих оказываются очень эффективны. Воздействие мема было достаточным для того, чтобы люди захотели нажать на кнопку и поделиться.

Такие социальные сети, как *Facebook*, *Instagram*, *Twitter* и *Pinterest*, изначально были созданы так, что в них удобно распространять мемы. В этих сетях легче поддерживать свою «аудиторию» в любви или ненависти к определенному политическому курсу, чем затормозить и проверить правдивость контента. Большинство соцсетей рассчитаны именно на действия, связанные с самоидентификацией, поскольку это как раз и есть то, что побуждает вас проводить больше времени на их сайтах.

## КАК ФИЗИК-ТЕОРЕТИК ИЩЕТ ОТВЕТЫ

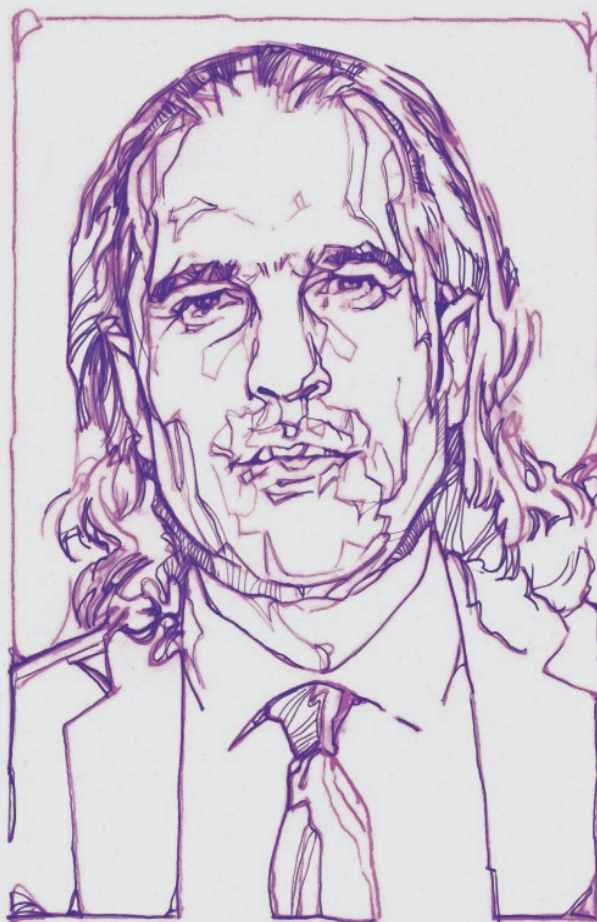
### Физика — точная наука, и физики одержимы идеями истины.

Существует реальная Вселенная. Главное чудо — что существуют простые основополагающие законы, выраженные на точном математическом языке, которые могут ее описать. Тем не менее физики говорят не об истинности, а о степени уверенности. Мы выучили урок: на протяжении всей истории снова и снова выяснялось, что отдельные принципы, которые мы считали основными для окончательного описания реальности, оказывались не совсем верными.

Чтобы узнать, как устроен мир, мы создаем теории и проводим эксперименты для проверки. Обычно этот метод работает. Например, физики предсказали существование бозона Хиггса в 1964 г., построили Большой адронный коллайдер (БАК) в CERN в конце 1990-х — начале 2000-х гг. и нашли физические доказательства существования бозона Хиггса в 2012 г. В других случаях мы не можем провести эксперимент — он слишком громоздкий или дорогой, или невозможен при нынешнем развитии технологий. Тогда мы проводим мысленные эксперименты, используя существующую инфраструктуру, существующие математические законы и экспериментальные данные.

Вот один из них. Концепция пространственно-временного континуума принята с начала 1900-х гг. Но чтобы взглянуть на меньшие пространства, нужно использовать более мощное разрешение. Поэтому БАК имеет более 27 км в окружности — это позволяет производить огромные энергии, необходимые для зондирования крошечных расстояний между частицами. Но в определенный момент происходит что-то плохое. Вы потратите столь огромное количество энергии, чтобы посмотреть на столь малюсенький кусочек пространства, что фактически создадите черную дыру. Становится невозможным увидеть, что находится внутри, и понятие пространства-времени разрушается.

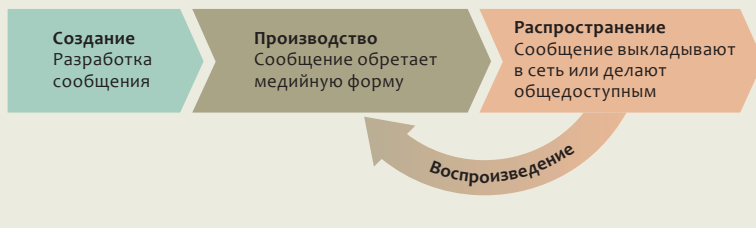
На всем протяжении истории мы можем понять некоторые аспекты устройства мира, но не все. Когда революционные изменения привносят большой фрагмент картины, нам приходится перестраивать наши представления. Старые понятия по-прежнему остаются частью истины, но нам приходится покрывать их и вернуть в расширившуюся картину под другим углом.



**Нима Аркани-Хамед** (Nima Arkani-Hamed), профессор Школы естественных наук Института перспективных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси, в беседе с Брук Борел.

## Как дезинформация превращается в заблуждение

Распространение ложной или вводящей в заблуждение информации часто имеет определенную динамику. Сначала автор дезинформации разрабатывает сообщение так, чтобы оно причинило максимальный вред, например запустило настоящие протесты, в которых столкнутся противостоящие друг другу группы. Затем злоумышленник создает страничку мероприятия на Facebook. Ссылки выкладываются в сообщества, где могут быть заинтересованные пользователи. Люди, которые видят сообщение о событии, не знают, что это ловушка, и репостят его в своих сообществах с собственными комментариями. Распространение информации продолжается.



Сейчас исследователи разрабатывают технологии, позволяющие отслеживать мемы в разных социальных сетях. Но изучать можно только то, к чему есть доступ, а посты с картинками во многих соцсетях недоступны для исследователей. Кроме того, методы изучения текста, такие как обработка естественного языка, развиты гораздо лучше, чем методы изучения картинок или видео. Поэтому решения основываются на исследовании, сильно перекошенном в сторону текстовых твитов, сайтов или статей, на которые даны ссылки, и проверке фактов в публичных заявлениях политиков.

Технологические компании ругают, и небезосновательно, однако они тоже продукт того коммерческого контекста, в котором работают. Ни алгоритм настройки, ни обновление рекомендаций по модерации, ни административный штраф не смогут в достаточной степени улучшить наше информационное сообщество.

### Участие в решении проблемы

В здоровом сообществе люди по-прежнему могли бы свободно высказываться о чем хотят, но информация, созданная для введения в заблуждение, разжигания ненависти, усиления трайбализма или причинения физического вреда не приумножалась бы с помощью алгоритмов. Это значит, что она не попадала бы в рекомендуемое в *Twitter* и на *YouTube*, в ленты *Facebook*, в результаты поиска на *Reddit* или в первую выдачу *Google*.

До тех пор пока эта проблема приумножения не будет решена, наша готовность делиться информацией не задумываясь может

быть использована в качестве оружия. Поэтому в неупорядоченной информационной среде каждый человек должен понимать, что может стать участником информационной войны, и иметь набор навыков для общения в интернете и за его пределами.

Сейчас разговоры о сознательном поведении больше сосредоточены вокруг медиаграмотности, причем с покровительственной интонацией: считается, что ответственность надо просто научить более разумному потреблению информации. Вместо этого пользователям было бы лучше развить навык скептической реакции на эмоциональные посты и научиться противостоять натиску контента, провоцирующего запуск низмен-

ного страха и предрассудков.

Любому, кто использует сайты, облегчающие социальные взаимодействия, следует понимать, как они работают, а особенно — как алгоритмы определяют, что увидят пользователи в качестве «приоритетных постов, которые стимулируют общение и значимые взаимодействия между людьми», — так *Facebook* сообщил об обновлении своих алгоритмов в январе 2018 г. Я также рекомендую всем хотя бы раз попробовать купить рекламу на *Facebook*. Процесс создания рекламной кампании помогает понять степень детализации используемой информации. В качестве целевой аудитории вы можете выбрать женщин в возрасте от 32 до 42 лет, живущих в районе Роли-Дарема в Северной Каролине, евреек, имеющих детей-дошкольников, высшее образование и похожих на Камалу Харрис. Вы можете даже протестировать эти объявления в таких условиях, что ваша неудача будет незаметна. Такие «темные посты» могут быть показаны определенным людям, но не отражены на странице рекламодателя. Поэтому исследователям или журналистам сложно отследить, какие посты предназначены определенным группам людей, а это особенно актуально во время выборов.

Еще одна популярная тактика дезинформаторов известна под названием «астротурфинг». Первоначально этим словом называли ситуации, когда люди писали в сети поддельные отзывы о товарах или пытались показать, что число поклонников больше, чем оно было на самом деле. Сейчас кампании автоматизированы и с помощью ботов или сложной согласованной деятельности страстных

поклонников и платных провокаторов, или сочетания того и другого создают впечатление, что низы интенсивно поддерживают какую-либо личность или политическое направление. Делая определенные хештеги трендовыми в сети *Twitter*, они рассчитывают, что соответствующие сообщения будут подхвачены и растиражированы в СМИ, и таким образом удастся напугать и заставить замолчать конкретных людей или организации.

Понимать, как на каждого из нас воздействуют такие кампании и как мы невольно в них участвуем, — первый решающий шаг в борьбе против тех, кто стремится разрушать ощущение общей реальности. Но, пожалуй, важнее всего, зная, как уязвимо наше общество перед искусственным тиражированием сообщений, сохранять благоразумие и спокойствие. Запугивание будет лишь подпитывать конспирологию и снижать доверие к источникам качественной информации и институтам демократии. Нет окончательного способа защиты от разжигающих сообщений. Нам нужно приспосабливаться к новой реальности. Как привычка использовать солнцезащитный крем сформировалась

в обществе постепенно, а затем корректировалась в соответствии с дополнительными научными исследованиями, так же должна создаваться устойчивость в неупорядоченной информационной среде. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Борел Б. Пуск, ложь и видео // ВМН, № 12, 2018.
- Information Disorder: Toward an Interdisciplinary Framework for Research and Policy Making. Claire Wardle and Hossein Derakhshan. Council of Europe, October 2017.
- Network Propaganda: Manipulation, Disinformation, and Radicalization in American Politics. Yochai Benkler, Robert Faris and Hal Roberts. Oxford University Press, 2018.
- Memes to Movements: How the World's Most Viral Media Is Changing Social Protest and Power. An Xiao Mina. Beacon Press, 2019.
- Priming and Fake News: The Effects of Elite Discourse on Evaluations of News Media. Emily Van Duyn and Jessica Collier in *Mass Communication and Society*, Vol. 22, No. 1, pages 29–48; 2019.

GRAPHIC BY JEN CHRISTIANSEN. SOURCE: INFORMATION DISORDER: TOWARD AN INTERDISCIPLINARY FRAMEWORK FOR RESEARCH AND POLICY MAKING, BY CLAIRE WARDLE AND HOSSEIN DERAKHSHAN. COUNCIL OF EUROPE, OCTOBER 2017

Выходит 6 раз в год  
 Познавательный журнал для хороших людей



«Дмитрий Иванович, пора заняться работать» — так академик Н. Н. Зинин с афористической краткостью выразил настороженное отношение к Д. И. Менделееву многих представителей российского химического сообщества

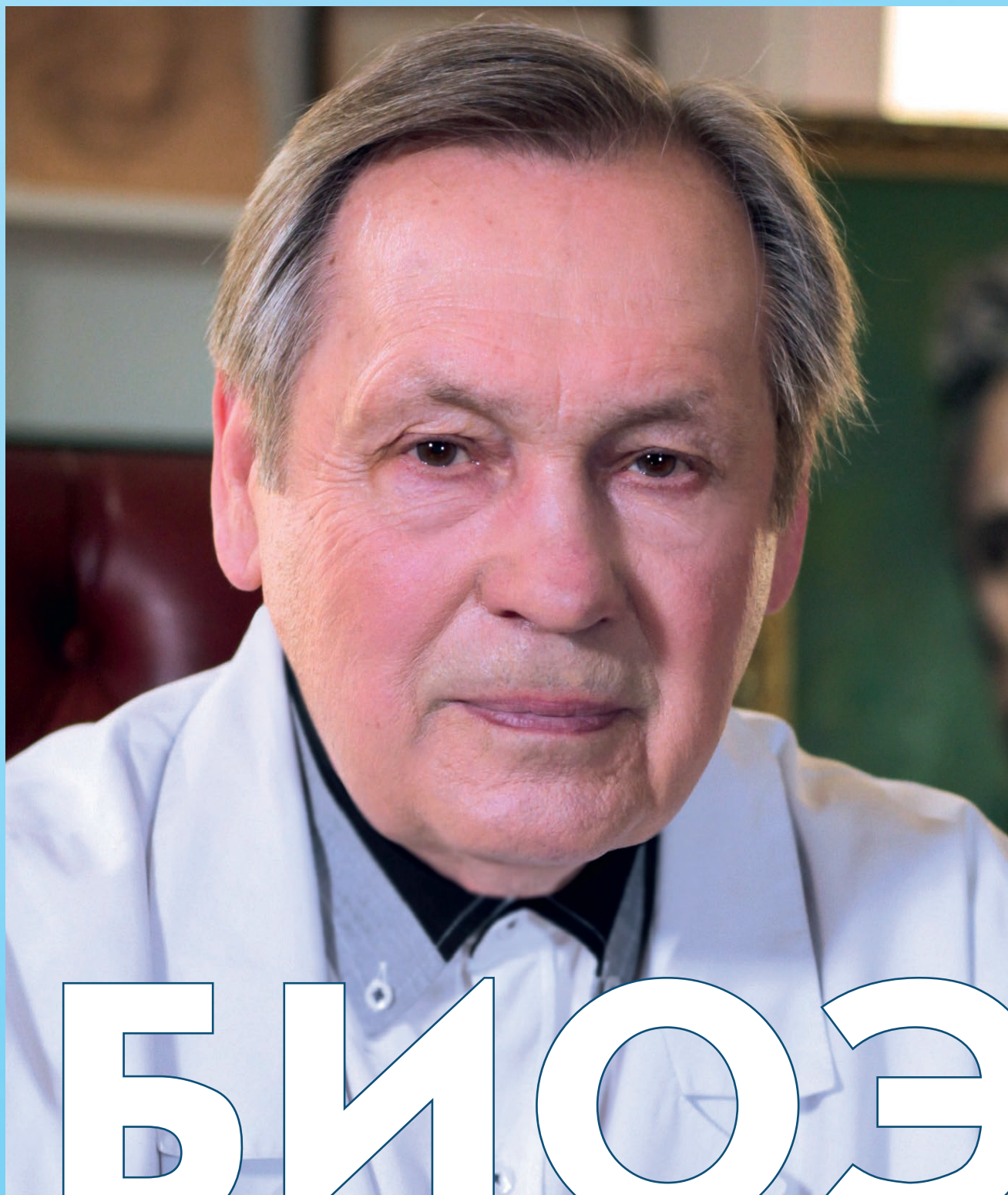
В раковых клетках, поврежденных химиотерапией, активируются «спящие» гены, помогающие опухолям выжить и приобрести устойчивость к лекарствам

Каждые несколько лет под вулканом Стромболи формируется новый магматический канал взамен «старого» — это приводит к необычно мощным извержениям

Клеточные белки, ищущие повреждения в ДНК, оптимизируют и комбинируют механизмы поиска, чтобы находить «мишень» за наименьшее время и без потерь энергии

Вопреки мифу, русская водка приобрела сорокаградусную крепость не благодаря Д. И. Менделееву, а законодательно — для компенсации выдыхания «крепкого вина» при хранении и транспортировке

www.scfh.ru



**БИОЭ**

**ДЕЛО, КОТОРОМУ**



БИОЭТИКА

**ТИЖА**

**ТЫ СЛУЖИШЬ**

**Выдающийся врач, один из основоположников отечественной школы пульмонологии, председатель Российского комитета по биоэтике при Комиссии РФ по делам ЮНЕСКО, вице-председатель Межправительственного комитета ЮНЕСКО по биоэтике академик Александр Григорьевич Чучалин утверждает, что в основе отношений врача и пациента должны быть высочайшие принципы биоэтики, что миссия врача состоит не только в охране здоровья, но и в глубоком уважении к личности человека.**

## Об истории вопроса

Понятие этики уходит в глубь веков. Этот термин ввел древнегреческий философ Аристотель. В своем знаменитом труде «Никомахова этика», обращенном к сыну, Аристотель искал форму общения для своего поколения и поколения тех молодых людей, которые приходили ему на смену. Аристотель хотел, чтобы они были нравственно и морально сильными людьми и от них исходило добро. Это и есть первая трактовка этики. Эпоха Нового времени принесла такое понятие этики, как «деонтология» (от др.-греч. *δέον* — «должное»). Фрэнсис Бэкон, Иммануил Кант, другие философы считали, что если ты живешь в обществе, то должен следовать долгу. Особенно это важно для врачей. В Новейшее время появляется утилитарный подход. И, наконец, после Второй мировой войны в рамках Организации Объединенных Наций создается такая структура, как ЮНЕСКО, которая на международном уровне стала заниматься вопросами этики.

## Этика и биоэтика

В 1970 г. американский онколог и биохимик Ван Ренсселер Поттер впервые использовал термин «биоэтика» для обозначения этических проблем, связанных с выживанием человека как



биологического вида. Так в современном обществе появилось два понятия — «этика» и «биоэтика». Биоэтика включает разнообразную деятельность человека, к которой относятся такие понятия, как «биоразнообразие», «этика окружающей среды». Скажем, если взять Россию летом этого года, когда в сибирской тайге бушевали пожары, этика окружающей среды — это то, как общество относилось к этой экологической катастрофе.

Сюда также относят такие понятия, как «репродуктивное здоровье человека». Это предельно острая тема, которая сегодня много обсуждается, и общество ищет правовую основу для ее регулирования. Доступность медицинской помощи тоже относится к этике. Можно сказать, что биоэтика поглотила понятие этики, поставив в центр внимания человека в многообразии его деятельности, включая его взаимодействие с окружающей средой.

## Биоэтика в России

Участвуя в заседаниях комитета по биоэтике ЮНЕСКО, я пришел к выводу, что мировое сообщество очень плохо знает историю России и что моя задача — рассказать, какой вклад в разработку этики человека внесли российские писатели и ученые. Вот некоторые из них.

### Викентий Викентьевич Вересаев (1867–1945)



Писатель В.В. Вересаев прославился многими произведениями, но по сей день вызывает огромный интерес его биографическая повесть «Записки врача». Когда молодой врач В.В. Смидович (*В.В. Вересаев — литературный псевдоним. — Примеч. ред.*) занялся практикой, он осознал, что плохо подготовлен к этой работе. Смерть девочки-подростка, которая переносила дифтерию, а он не смог ей наложить трахеостому, практически его раздавила. Он бросает практику, приезжает в Санкт-Петербург и начинает работать врачом-дежурантом. Вересаев пишет повесть «Записки врача», в которой поднимает острейшие проблемы взаимоотношений медицины и общества, в числе прочих — медицинские эксперименты над людьми, которые проводились в Германии, России и других странах. Эта тема чрезвычайно важна и сегодня. Когда закончилась Вторая мировая война и была образована Всемирная медицинская ассоциация, потребовался документ, который формировал бы этику мирового сообщества. Как известно, во время войны врачи фашистской Германии проводили жестокие эксперименты на заключенных. Это ужасные факты, катастрофические для цивилизации. В.В. Вересаев писал о том, что общество какое-то время может прожить без Бетховена, без Толстого, но ни одного дня общество не может прожить без врача. Без такого врача, как Е.С. Боткин, Н.И. Пирогов... Можно сказать, что В.В. Вересаев сформировал этику врачебного сообщества и показал место врача в обществе.

### Евгений Сергеевич Боткин (1865–1918)

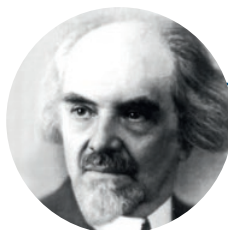


Я приложил много усилий для канонизации Е.С. Боткина, которого мы теперь знаем как страстотерпца врача Евгения. Это последний врач царской семьи, лейб-медик, он был расстрелян 101 год назад вместе с царской семьей. Он знал, на что идет, и сказал тем, кто его отговаривал, что не может оставить больного ребенка. Речь шла о цесаревиче Алексее, который был болен гемофилией. Эту наследственную форму заболевания он получил по британской линии. В то время когда Е.С. Боткин

врачевал, методов лечения гемофилии не существовало. Он оставил письмо, известное как «лебединая песня доктора Боткина». Без преувеличения, сегодня это самое читаемое письмо в мире. За несколько дней до расстрела, осознавая, что произойдет с ним и его пациентами, членами царской семьи, он хотел взглянуть на эту грань между жизнью и смертью, и он показал действительно высокую мораль и этику отношений врача и пациентов.

До нас дошли две лекции Е.С. Боткина, которые он читал слушателям Военно-медицинской академии: «Больные в больнице» и «Что значит "баловать" больных?». В одной из них он описывает случай ракового больного, которому хочет помочь. Он оттягивает назначение морфина, понимая, что это изменит течение болезни, ищет методы лечения, которые облегчили бы больному страдания. И однажды ночью он просыпается, так как чувствует, что его пациенту критически тяжело. Боткин выходит из дома, идет в Мариинскую больницу, садится к больному на край постели, видит, как он страдает. Он успокаивает его, и вдруг происходит чудо — больной засыпает. Значит, не надо вводить морфия. Боткин был потрясен именно тем фактом, что смог вот так, с любовью ухаживать за своим больным, чтобы преодолеть его мучения.

### Николай Александрович Бердяев (1874–1948)



Философ Н.А. Бердяев был выслан из Советской России в 1922 г. по прямому указанию В.И. Ленина вместе с группой выдающихся интеллектуалов. Он оставил большое

наследие и до конца жизни сожалел о том, что в России не знают его работы. Их стали публиковать только в 1990-е гг. Все это время в нашей стране не было ни одной публикации, ни одного упоминания о Николае Александровиче.

Одна из основных тем в его трудах — этика. Н.А. Бердяев писал, что если религия — наука о Боге, то этика — наука о человеке. Одно из его замечательных произведений — «О назначении человека». Это первая книга, которая была издана после долгого перерыва у нас в России. Эпиграфом он взял слова Н.В. Гоголя: «Грусть от того, что не видишь добра в добре». Он пишет в этом произведении: «Этическое познание неизбежно стремится к нравственному улучшению бытия».

Н.А. Бердяев — первый человек в мире, который поставил вопрос об этическом мышлении. Если мы хотим этического оздоровления нашего общества, мы должны исходить из этих постулатов.

### **Валентин Феликсович Войно-Ясенецкий (1877–1961)**

Другой наш выдающийся соотечественник, хирург и ученый В.Ф. Войно-Ясенецкий, которого мы знаем как святителя Луку, написал замечательное произведение «Я полюбил страдание». Это тема, которая пошла от Ф.М. Достоевского: без страдания у человека нет свободы. Это очень важная мысль. В.Ф. Войно-Ясенецкий написал эту книгу, когда его жена умирала от чахотки, в то время тяжелой, неизлечимой болезни. Он уже ничем не мог ей помочь, в последний день ввел ей большую дозу морфина — и она ушла из жизни. Есть такое понятие «эвтаназия», оно имеет очень большое значение для этики, это серьезная тема, она обсуждается в нашем обществе.

Многие свои книги он написал в ссылке, в которой провел многие годы, — в Красноярске, Енисейске. В поселке Большая Мурта мы построили церковь на месте, где В.Ф. Войно-Ясенецкий поставил крест и молился. У него было правило: перед тем как идти в операционную, а он всегда заходил в рясе, поверх которой надевал халат, он обязательно молился за пациента, который лежал на операционном столе. Он столько добра сделал, столько жизней спас, что даже трудно назвать реальную цифру.

### **Федор Григорьевич Углов (1904–2008)**

Среди врачей, которые внесли большой вклад в тему этики, хочу упомянуть хирурга академика Ф.Г. Углова. Он написал небольшую книгу «Сердце хирурга». Книга начинается с того, что однажды поздней осенью он вышел из клиники на улице Рентгена в Санкт-Петербурге и на трамвайной остановке увидел молодую женщину, которая пытается покончить жизнь самоубийством — броситься под колеса трамвая. Несколько человек, среди которых был Ф.Г. Углов, ее остановили. Он спросил, как ее зовут, она ответила: «Оля». — «А что тебя заставляет покончить



жизнь самоубийством?» — «Вы что, не чувствуете?». От нее действительно шел ужасный запах гниющего человеческого тела. Она говорит: «Я не могу сесть в трамвай, не могу находиться в семье, все шарахаются от меня». А Ф.Г. Углов в то время только начал делать первые операции по поводу гангрены легких. Он сказал: «Приходи ко мне завтра, напротив трамвайной остановки больницы, в которой я работаю». И Оля пришла. Тогда еще только начал развиваться наркоз. Все эти операции были на грани дозволенного. Тем не менее он успешно ее прооперировал, удалил легкое, которое было поражено гангренозным процессом. Но самое поразительное — когда Ф.Г. Углова чествовали в связи с его столетием, пришла та самая Оля, у которой уже были и внуки, и правнуки. Многие врачи на вопрос «Почему ты стал врачом?» отвечают: «Потому что я прочитал книгу Ф.Г. Углова».

### **Дмитрий Дмитриевич Плетнев (1871–1941)**

Д.Д. Плетнев — выдающийся врач. Он очень многое сделал для разработки научной медицины того периода. С его именем связаны становление и развитие клинической кардиологии. В 1937 г. Д.Д. Плетнев был репрессирован. Когда началась Вторая мировая война, он написал письмо из тюрьмы, которое было направлено В.М. Молотову, Л.П. Берии и К.Е. Ворошилову. В этом письме он пишет, что он известный врач, его учебники переведены на немецкий язык, что страна переживает такое несчастье, как война, что он может принести большую пользу стране, если будет не в тюрьме сидеть, а работать, помогать больным и тяжелораненым. Многие тогда так писали. Но мы всегда задаемся вопросом: где грань между талантливым, умным человеком и гением? Это, конечно, способность выразить мысль, ее концентрация. И в этом письме Д.Д. Плетнев пишет, это крик его души: «Поймите же меня, я не могу жить среди людей с карликовыми мозгами!» Трудно сказать, как оборвалась его жизнь. Есть две версии. Первая — что он был расстрелян в 1941 г. под Орлом. Вторая — что он умер в начале 1950-х гг. в Магадане. Я пытаюсь найти ответ на этот вопрос. Почему я так подробно об этом рассказываю? Наша больница носит его имя. И я хочу, чтобы общество знало об этом выдающемся человеке.



## Школа Д.Д. Плетнева

Понимая, какая над ним нависла опасность, Д.Д. Плетнев пытался максимально сохранить свою школу. Он отправляет в Ленинград к профессору Г.Ф. Лангу своего ученика **Александра Леонидовича Мясникова** (фотография 1). Молодой врач активно включился в лечебный процесс в его клинике. Незадолго до начала войны он переезжает в Новосибирск, где активно работает в клиниках и санаториях Западной Сибири.

А.Л. Мясников вошел в состав первого набора Академии медицинских наук как молодой и перспективный ученый. С конца 1940-х гг. и до своей смерти он был лидером во многих областях внутренней медицины. С его именем связано и формирование школы ведущих кардиологов страны. Один из представителей этой терапевтической школы — талантливый ученик А.Л. Мясникова академик **Евгений Иванович Чазов** (фотография 2).

Е.И. Чазов вошел в историю мировой медицины как врач, который провел эксперимент на себе. На одном из дежурств он попросил процедурную сестру ввести ему внутривенно фибринолизин, который создавал совместно с учеными из гематологического центра. Убедившись в том, что препарат безопасен, его стали назначать больным, переносящим острый инфаркт миокарда. Так началась эпоха лечения сосудистых тромбозов. Это врачебная школа, изначально заложенная Д.Д. Плетневым и развитая А.Л. Мясниковым и Е.И. Чазовым, где были предельно высоки моральные и этические принципы.

## Этические вызовы XXI века

Первый вызов — искусственный интеллект. Это серьезная проблема. Технологии искусственного интеллекта открывают новые перспективы развития интерактивного и модульного обучения, систем диагностики, реабилитации и др. Однако максимальное число вопросов вызывает идея гибридации человека и технологической системы. Безусловно, эти технологии обладают огромным потенциалом и оказывают глобальное влияние на человечество, однако необходимо четко представлять



1



2

вероятные риски ошибок в алгоритмах, возникновения проблем неравенства и прочих разногласий.

Второй вызов — репродуктивное здоровье. Это серьезная этическая проблема. Сегодня мир стоит перед следующим фактом: на Земле живут более 5 млн человек, родившихся при помощи биотехнологических технологий. Это поколение *Homo sapiens*, появившееся вследствие искусственного оплодотворения. Тема очень активно обсуждается с точки зрения науки, технологий, права и этического восприятия.

Третий вызов — редактирование генома человека. Научные исследования в этой области поражают своими успехами, но до сих пор эта тема этически не определена.

В ноябре состоится генеральная конференция ЮНЕСКО, и основные темы, которые выносятся на обсуждение, — как раз те вопросы, которые я упомянул. Проблема искусственного интеллекта наиболее проработана. Что касается репродуктивного здоровья, вряд ли появится декларация, это будет научный аналитический доклад. Редактирование генома человека — тоже только аналитический доклад, никаких декларативных заявлений по этому поводу ожидать не следует.

## «Библиотека биоэтики»

Что это такое? Это цикл философских, литературных, научных трудов, посвященных этой тематике, состоящий из 11 томов. В него войдут «Записки врача» В.В. Вересаева, книга о страстотерпце праведном враче Евгении (Боткине), написанная мной в соавторстве с протоиереем Сергием (Филимоновым) из Санкт-Петербурга, произведения В.Ф. Войно-Ясенецкого, Ф.Г. Углова, И.П. Павлова, Н.А. Бердяева и т.д. И я очень дорожу книгой «Медицина и философия», которая войдет в нашу библиотеку и которую написали два шведских ученых, профессора Ингвар Йоханссон и Нильс Лине. Я очень им благодарен.

«Библиотека биоэтики» — наш дар всем медицинским университетам России. Она станет учебным пособием для новой образовательной программы по биоэтике, разработанной экспертами ЮНЕСКО. ■

*Записала Ольга Беленицкая*



На лабораторном столе — обычная с виду микросхема, соединенная тоненькими проводами с электронным микроскопом. На самом деле это биоподобный чип, воспроизводящий участок нейронной сети головного мозга. «А по проводам он передает сигналы, и так происходит общение в системе», — объясняет Вячеслав Александрович Демин, директор-координатор по направлению «Природоподобные технологии» НИЦ «Курчатовский институт». В этих стенах, по сути, рождается искусственный интеллект нового поколения. Зачем это нужно, какие уже есть результаты и какие ожидаются?

— Вячеслав Александрович, ваша тема звучит очень загадочно — новые биоподобные принципы импульсных архитектур. Что это такое?

— Дело в том, что искусственный интеллект все глубже внедряется в повседневную деятельность людей. Поэтому нужно все больше усилий для создания специализированных нейроморфных (то есть построенных на принципах организации мозга) вычислительных устройств, адаптированных под искусственный интеллект, ведь современные вычислительные системы крайне неэффективны с точки зрения потребления энергии при

реализации интеллектуальных алгоритмов. Потребление энергии на традиционных компьютерах, где память и процесс разделены, весьма велико. При этом скорость нейроморфных вычислений на таких устройствах оставляет желать лучшего. Поэтому нужны специализированные устройства, разработкой которых мы здесь и занимаемся.

Сейчас уже есть два поколения нейроморфных процессоров. Первое — полностью на цифровых элементах — транзисторах, триггерах, из которых состоит обычный компьютер. Единственное, в чем отличие от так называемой архитектуры фон

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ОБУЧИТ СЕБЯ САМ

Неймана, где память и процессор разделены и общаются между собой через специальную шину электродов, по которой данные бегают туда и обратно, — это особая многоядерная архитектура.

Во всех гаджетах сегодня появляется несколько ядер — три, четыре, пять, иногда восемь. Но когда мы говорим про нейроморфные архитектуры, речь идет о сотнях и тысячах ядер на одном чипе, на одном кристалле. Именно такое количество дает принципиально иной способ обработки информации, более энергоэффективный — с меньшим энергопотреблением и с большей скоростью. При этом внутреннее устройство каждого ядра проще, чем универсального процессора, но за счет количества ядер, специальной архитектуры связей между ними и параллельной обработки информации мы получаем новое качество — нейроморфные вычисления. По сути, мы стараемся скопировать нейросетевую организацию нейронов живого мозга.

Итак, первое поколение полностью построено на цифровых элементах. Второе поколение использует аналоговые элементы, потому что мозг — это принципиально аналоговое устройство. Это значит, что сигналы могут принимать не только значения нуля (отсутствие сигнала) или единицы (присутствие сигнала), но также и промежуточные значения.

Есть аналоговые элементы и принципы обработки аналоговых сигналов типа величин активностей нейронов и связей между ними, которые сейчас внедряются в архитектуры нейроморфных

вычислительных устройств. Мы же работаем над третьим поколением, в котором используются не только аналоговые и цифровые элементы, но еще и импульсная архитектура нейросетей.

## — Что это означает?

— Это значит, что каждый нейрон генерирует не просто какой-то статичный сигнал на выходе — ноль, один либо какое-то промежуточное значение, — а импульсы, причем специальной формы. Иногда импульсными нейросетевыми архитектурами называют устройства, генерирующие обычные прямоугольные импульсы, с помощью которых общаются любые, в том числе и цифровые устройства. Это некорректно с точки зрения биоподобности таких архитектур. Биоподобными мы можем называть только те устройства, которые используют более сложные формы импульсов, а главное — применяют их для изменения синаптических связей между нейронами, то есть для обучения всей системы.

## — А чем лучше биоподобные импульсные архитектуры, чем все прочие?

— Дело в том, что они могут самообучаться. Обычные архитектуры так называемых формальных искусственных нейронных сетей, которые сейчас массово распространяются во всех отраслях, — не самообучаемые. Для того чтобы их обучить, мы используем некие специально подготовленные данные. Вот пример распознавания зрительных образов. Скажем, у нас есть два класса изображений — столы и стулья. Мы берем изображения стульев —



**В.А. Демин проводит визуальный анализ качества нейроморфного вычислительного устройства перед электрофизическими измерениями на зондовой станции**

допустим, тысячу или лучше десять тысяч, — и на каждом из этих изображений человек-эксперт обводит соответствующий объект рамкой и помечает: это стул. Берет другую тысячу и более изображений и размечает: а вот это стол. То есть вешаем метку: стол, стул. Накапливаем все эти изображения, собираем в большую базу данных, а потом подаем на вход нейросетового алгоритма, чтобы он самонастроил внутри себя так называемые синаптические связи между искусственными нейронами. Дальше он сам может тысяча первое изображение стула или тысяча первое изображение стола, не присутствующее в собранной базе данных, распознать автоматически, то есть указать его класс правильно. Это называется генерализацией распознавания. Он как бы обобщает ту информацию, которую в него закладывает человек. Это так называемое обучение с учителем.

**— А вы делаете систему, где учитель не нужен?**

— Мы хотим разработать систему, которая самообучалась бы или делала это на гораздо меньшем количестве примеров — так, как это делает человек. Мама сказала ребенку, что это стул, а это стол, и через небольшое количество повторений он запоминает эти объекты. Конечно, мы не говорим сейчас о сложных когнитивных процессах, которые доступны даже ребенку. Например, он понимает, что стул — это то, на чем сидят, а стол — то, за чем едят. Вот эти вещи (семантические ассоциации между объектами и действиями) воспроизвести в искусственных системах пока весьма сложно.

**— Ясно, зачем это нужно ребенку. Зачем это нужно в данном случае?**

— Для того чтобы внедрять искусственный интеллект в различные отрасли, под каждую мелкую

техническую задачу нужны огромные базы данных — так называемые обучающие выборки, размеченные людьми-экспертами. Это самый сложный и дорогой процесс, потому что нужно нанять большое количество экспертов, которые будут размечать и аннотировать эти изображения. Это занимает 70–95% стоимости в разработке нейросетовых интеллектуальных алгоритмов. Если мы снизим хотя бы на порядок количество необходимых примеров для обучения таких алгоритмов, эта часть работы будет стоить в десять раз дешевле. Понятно, что тем самым мы сделаем возможным более быстрое и широкое распространение этих алгоритмов в коммерческих приложениях.

Однако речь здесь не только о прикладной стороне вопроса, но и о фундаментальной. Чтобы отличать импульсные или, как мы их называем, спайковые архитектуры от ложноимпульсных, используют совершенно оригинальные биоподобные принципы обучения таких сетей. В чем разница? Допустим, искусственная нейронная сеть получает обучающий пример с изображением стола, а на выходе выдает ошибку, потому что срабатывает не тот нейрон, который отвечает за столы, а тот, что реагирует на стулья. Эту ошибку мы возвращаем по сети назад во все более мелкие слои, ближние ко входу сети, и исправляем веса (величины) связей. Это называется методом обратного распространения ошибки. Чтобы его реализовать, нужны размеченные примеры данных, о которых мы говорили.

А импульсные архитектуры обучаются по-другому — на основе так называемых локальных правил. Каждый нейрон «знает» вокруг себя только ближайшее окружение, то есть те нейроны, с которыми он связан и, следовательно, взаимодействует. Соответственно, в каждый момент времени он обладает информацией об их активности, о величинах связей с этими нейронами. Этой информации ему достаточно, чтобы правильно настроить свои веса с соседями. Таким образом, вся сеть обучается сама собой, потому что каждый нейрон обучается только на информации, доступной локально, а не глобально, как в случае метода обратного распространения ошибки. Корректно размеченные примеры все равно могут понадобиться, чтобы инициализировать правильность процесса обучения, как и в случае с мамой и ребенком, но, как показывают первые эксперименты, таких данных нужно значительно меньше, чем в случае формальных нейронных сетей. Спайковые архитектуры на это и нацелены — снижать размер обучающей выборки, необходимой для настройки весов нейросетового алгоритма.



— **Насколько уникальна работа, которую вы проводите?**

— Спайковыми архитектурами сейчас активно занимаются в мире. Я могу назвать два десятка основных групп. Но дело в том, что импульсные архитектуры неотъемлемы от аппаратного обеспечения, от самих нейроморфных систем, железа, которое их исполняет, потому что сегодня моделирование импульсных архитектур на традиционном компьютере или даже суперкомпьютере крайне затратно с вычислительной и энергетической точек зрения. Поэтому нужны специализированные ускорители вычислений под импульсные архитектуры. И количество групп, которые занимаются одновременно импульсными алгоритмами и аппаратными реализациями под них, гораздо меньше. Я пока могу их пересчитать на пальцах одной руки. Мы себя относим к одной из таких групп.

Наш подход уникален еще и тем, что некоторые принципы для локальных правил обучения нейронов мы черпаем не просто из литературы, а из натуральных экспериментов. В нашем комплексе НБИКС-природоподобных технологий есть лаборатория нейронаук, которая работает с живыми нейронами — как в мозгах бодрствующих животных (в основном, мышей), так и в культурах живых клеток *in vitro*.

— **Вы подглядываете за их поведением и используете в своих разработках?**

— Именно так. Используя данные из биологических экспериментов, мы закладываем эти принципы в наши модельные системы и пытаемся их реализовать искусственно сначала в алгоритмах, а потом и в аппаратном обеспечении.

— **А почему так важно биоподобие?**

— Это серьезный вопрос. Почему важно воспроизводить системы, которые наблюдаются в живых организмах, в частности, в биологических нейронных сетях? Нам не обязательно воспроизводить все типы нейронов, да это и невозможно. В мозге на сегодня идентифицируют более 100 типов нейронов. И это только структурно, а функционально еще больше. Количество подтипов нейромедиаторов — химических посредников, с помощью которых нейроны общаются в мозге, — сейчас зашкаливает за тысячу найденных. Всю эту сложность воспроизвести ни алгоритмически, ни аппаратно просто невозможно. Поэтому мы сейчас пытаемся найти минимальный набор правил, структурных и функциональных элементов сети, которые бы обеспечивали условие успешной сходимости алгоритмов, то есть их обучения. В принципе, не столь важно, насколько это будет похоже на биологический прототип. Приведу пример. Птица крыльями машет, а у самолета они фиксированы, как у парящего орла. Тем не менее это работает.

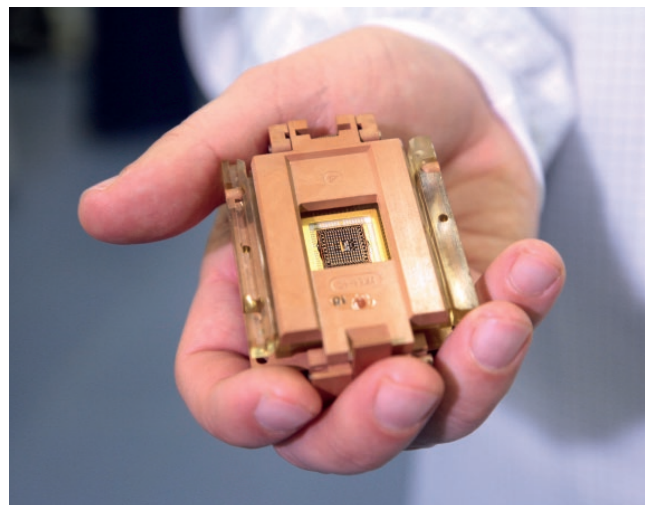
Почему мы смотрим на природу? А где еще черпать примеры, подсказки, если не там? И ведь

много срабатывает. Например, одно из локальных правил обучения нейронов называется *spike timing dependent plasticity* — это значит пластичность (то есть способность к изменению) синапсов, зависящая от временных задержек между импульсами, приходящими на этот синапс. Оно полностью вдохновлено экспериментами на биологических сетях. В 1998 г. американские ученые китайского происхождения поставили такой эксперимент по изучению пластичности отдельной связи между двумя нейронами. И начиная с этого, казалось бы, простого, но базового эксперимента развилось целое направление — моделирование пластичности в искусственных нейросетевых системах. Сейчас показано, что подобного рода пластичность приводит к сходимости обучения многих алгоритмов на основе импульсных нейронных сетей.

Биоподобие важно с точки зрения реализации в искусственных системах-копиях функциональных характеристик, которые пока недоступны человеку технологически, но крайне привлекательны с точки зрения создания природоподобной ресурсосберегающей техносферы. К таким характеристикам в области искусственных нейронных сетей относятся энергоэффективность, скорость обработки информации, эргономичность, стабильность функционирования, устойчивость к возмущениям и физическим повреждениям, адаптивность к изменяющимся условиям, обучаемость и самообучаемость и т.п.

— **Расскажите об аппаратном обеспечении вашей работы.**

— Для того чтобы импульсные архитектуры реализовывать аппаратно, необходима специализированная компонентная база. Некоторые исследовательские группы пытаются делать импульсные



**Массив аналогов** искусственных синаптических контактов на основе мемристоров в архитектуре кроссбар в корпусе для записи-считывания резистивных состояний

архитектуры полностью на цифровых элементах. Например, делать цифровыми синапсы — ячейки памяти — с бинарными значениями, чтобы у них были только состояния, связанные с нулем и с единицей.

Но, как я уже говорил, мозг — это аналоговое устройство. Численное моделирование показывает, что аналоговость элементов, в частности синапсов, крайне важна. Поэтому мы начали искать аналоговые элементы и обратили внимание на так называемые мемристоры — электрические сопротивления с эффектом памяти, которые как раз могут принимать наряду с крайними значениями некие промежуточные состояния и тем самым моделировать свойство синаптической пластичности, наблюдаемой в реальных биологических нейронных сетях. Эти элементы необходимо собирать на чипе с высокой плотностью, потому что количество синапсов в искусственных системах превышает количество нейронов примерно на два-три порядка, то есть на каждый нейрон приходится около тысячи контактов с другими нейронами (в биологических еще больше). Если нейронов в мозге человека около 100 млрд, значит, синапсов должно быть минимум 100 трлн. Это огромная величина.

Но мы не претендуем на возможности мозга человека.

Однако даже у мыши 100 млн нейронов и на три порядка больше количество синаптических контактов. Поэтому мемристоров как аналогов синапсов должно быть очень много — с высокой плотностью размещения на чипе, с высокой воспроизводимостью характеристик. В настоящее время началась разработка, с одной стороны, третьего поколения нейронных сетей, которая идет по пути коэволюции алгоритмов, потому что нам нужно подобрать локальные правила обучения для сходимости таких алгоритмов, с другой стороны — аппаратных нейроморфных систем, на которых эти правила можно реализовывать. Если мы их не совместим, то ничего не получится.

**— Вы их уже совместили?**

— На элементарных системах мы уже проводим такие эксперименты. У нас есть аппаратные нейроны, которые представляют собой достаточно крупную схему размером в несколько сантиметров. Конечно, каждая из этих схем может быть миниатюризирована до десятков микрометров, а то и меньше. Мемристорные элементы у нас тоже уже существуют в виде микросхемы с архитектурой так называемого кроссбара, когда на пересечении электродов строк и столбцов находятся элементарные мемристивные ячейки. Их размер также может

быть уменьшен вплоть до 10 x 10 нм, при которых становится возможным то количество элементов на отдельном чипе, о котором я говорил.

**— Глядя на коробочку в вашей руке, трудно вообразить, что это некое подобие живого существа. А вдруг оно однажды скажет вам: «Привет»? Что вы почувствуете?**

— Радость. Огромную радость.

**— Какие вы видите практические приложения вашей работы?**

— Их несчетное количество. Самое простое — то, с чем уже сейчас работают нейросетевые алгоритмы: распознавание визуальных образов от различных видов транспорта до лиц и отпечатков пальцев. Это нужно в беспилотном транспорте, технологиях идентификации личности, криминалистике, обеспечении безопасности на социальных объектах — в аэропортах, детских садах, школах, медучреждениях — для идентификации людей. Причем не только по лицам, но и, например, по типу походки, при этом с высокой точностью. Сейчас нейронные сети справляются с этим лучше, чем человек. Это огромная отрасль, причем образы могут быть не только визуальные, но и звуковые, когда, например, мы распознаем мелодию по определенному фрагменту аудиофайла.

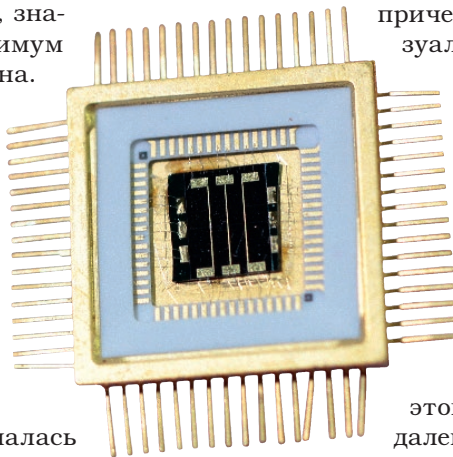
**— Угадай мелодию?**

— Примерно так. Вот я напеваю, допустим, «В лесу родилась елочка», даже просто мелодию без слов, и вы сразу угадываете, что я пою. А тут сам гаджет сможет выдать название этой песни, хотя исполнение при этом, очевидно, может быть крайне далеко от оригинала. Сейчас уже появляются работы, которые могут по такому субъективному аудиоисполнению узнавать достаточно сложные песни и музыкальные произведения.

Это может быть и химическое распознавание любых сигналов произвольной модальности — даже вкусовых и обонятельных, когда искусственный интеллект с использованием хемосенсоров на определенные компоненты и вещества может не просто идентифицировать молекулы, но и распознавать сложный запах или вкус. Допустим, по совокупности простых сигналов система сможет вычислить, что именно вы готовите — жареную курицу или говяжий стейк.

**— Наверняка это нужно не только на кухне, но и в системах пищевой и продовольственной безопасности.**

— Абсолютно точно. Есть также приложения, связанные с распознаванием речи, с ее синтезом, когда по текстам необходимо сгенерировать



речевое воспроизведение. Например, можно воспроизводить произвольные тексты людям, которые слабо видят. С переводом с одного языка на другой это тоже актуально.

— **Мечта любого журналиста — перевод речи в текст без помощи специальных людей, которые сидят и расшифровывают интервью.**

— Такие приложения уже существуют, хотя их качество пока недотягивает до нужного уровня. Но, думаю, еще год-другой — и все это станет доступно. Более того, возможно, искусственная интеллектуальная система научится исправлять текст, чтобы убирать повторы, слова-паразиты, шлифовать и немного редактировать.

— **И журналист будет не нужен.**

— Технический журналист будет не нужен. А журналист творческий, который может обеспечить постановку проблемы, будет, конечно, востребован.

— **Мы подходим к важной теме. Человек будет нужен всегда? Не случится ли так, что эти умные системы однажды скажут: а зачем нам этот несовершенный, абсолютно никчемный человек? Мы и без него вполне справимся со всеми задачами, стоящими на этой планете.**

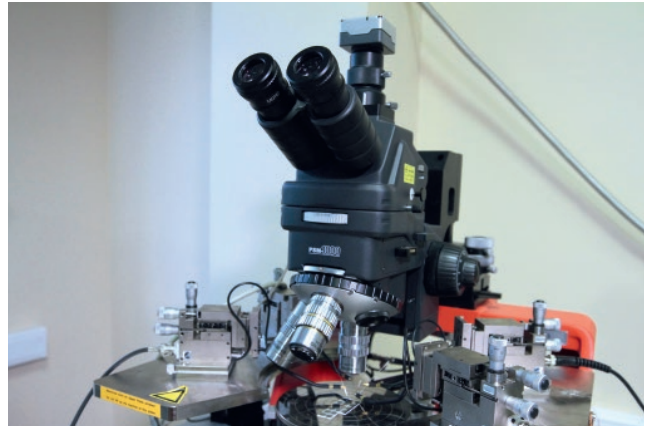
— Думаю, такого не произойдет. По крайней мере, могу прогнозировать на ближайшие 50 лет, поскольку знаю, как развивается отрасль. В ближайшие полвека человек точно будет нужен во многих отраслях, которые не связаны с рутинной обработкой информации, с какими-то простыми, но не детерминированными процессами, исполнение которых можно поручить искусственным агентам.

— **А через 50 лет?**

— Этого я не знаю. Кто-то говорит, что уже к 2050 г. настанет технологическая сингулярность, когда искусственный интеллект превзойдет человека во всех отраслях. Но в это слабо верится. Дело ведь не только в сложности системы, а еще в акте творчества. Все, что я делаю, я пропускаю через свое сознание. Что такое сознание? Неформализуемое понятие, философское, психологическое.

— **Не алгоритмическое.**

— Совершенно верно. Его сейчас невозможно никак смоделировать. Поэтому сказать, что нас полностью заменят, думаю, нельзя. Да, уже используется термин «роботинг», означающий взаимодействие человека с роботом. Но речь идет также о взаимодействии с интеллектуальными алгоритмами, программами. Допустим, архитектор знает, что мост должен обладать соответствующими техническими характеристиками, прочностью на разрыв и растяжение, чтобы выдерживать такую-то нагрузку. Закладывает эти параметры одновременно со стилистикой архитектуры, которую он сам набросал, но пока не брал в расчет техпараметры. А искусственный интеллект все



Аналитическая зондовая станция для проведения электрофизических исследований мемристоров

это сводит воедино и в этой же стилистике выдает конструкцию, которая обеспечивает соответствующие характеристики.

— **Насколько важную роль играет то, что все это происходит в стенах НИЦ «Курчатовский институт»?**

— Я уже говорил о совмещении различных знаний при разработке этих систем. В России такое и в таких масштабах возможно, насколько мне известно, только в стенах Курчатовского института, потому что нашим президентом М.В. Ковальчуком еще в 2009 г. создано уникальное подразделение — Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий, в котором совмещаются подходы из разных дисциплин: нано-, био-, информационных, когнитивных и даже социогуманитарных технологий. Это важно, потому что, когда мы разрабатываем технологию искусственного интеллекта, внедрение в жизнь должно происходить через обсуждение социальной психологии, этики, прав, юрисдикции и других вопросов, связанных с взаимодействием новых технологий с человеком. Здесь без социогуманитарных подходов определенно не обойтись.

Второй аспект связан с тем, что деятельность человека, которая ранее считалась исключительно гуманитарной, сейчас объективизируется. Например, вас могут проанализировать в МРТ-томографе, понять, какие зоны мозга возбуждаются при том или ином запросе, увидеть вашу реакцию на те или иные стимулы, то есть, по сути, считать ваши эмоции и даже мысли, причем, может быть, даже быстрее, чем это осознает сам человек. Объективизация гуманитарных областей, безусловно, ведет за собой социогуманитарную составляющую во все технологии, связанные с конвергенцией научных знаний. Это настоящая революция во всех сферах жизни, и мы рады, что находимся в ее авангарде. ■

**Беседовала Наталья Лескова**

# ДЫХАНИЕ



ГЕОЛОГИЯ

# ЖЕЛЕЗА

В Томском политехническом университете находится один из старейших и богатейших в стране минералогических музеев, который более 100 лет назад основал работавший здесь академик В.А. Обручев. А не так давно открылся еще и палеонтологический музей, собравший множество древних организмов, населявших нашу планету сотни тысяч и миллионы лет назад. Все эти свидетельства

древней истории нашей планеты находят свое яркое отражение в месторождениях железа, которыми, оказывается, необычайно богата Сибирь. Откуда же в Сибири столько железа? Чем оно уникально? Как эти знания можно применить на практике?

Об этом — наш разговор с **Максимом Андреевичем Рудминым**, доцентом отделения геологии и Томского политехнического университета.



Кандидат  
геолого-минералогических  
наук М.А. Рудмин

— **Максим Андреевич, почему мы будем говорить именно о железе? Ведь в Сибири множество других ценных полезных ископаемых.**

— Без железа никуда ни в прошлом, ни в современном мире, ни в будущем, и мы должны это понимать. А почему мы хотим поговорить о железе в Сибири — потому что Сибирь относительно многих регионов в мире богата месторождениями определенного генетического типа, которыми мы занимаемся на протяжении десяти лет.

— **Насколько это древнее месторождение?**

— Если мы говорим о геологическом времени, то Бакcharское месторождение имеет возраст старше 90 млн лет, то есть одно из древнейших на планете. Оно формировалось на протяжении 40 млн лет. А открыто было в 50-х гг. прошлого века томскими геологами и с тех пор изучается.

— **Насколько велики эти месторождения?**

— Это огромные запасы, десятки миллиардов тонн, что соизмеримо с уникальными месторождениями во всем мире.

— **Почему его важно изучать?**

— На самом деле это только часть гигантского бассейна, где находится скопление полезных ископаемых. И Бакcharское месторождение — это эталонный пример такого гигантского бассейна, который называется Западно-Сибирский железорудный бассейн. Именно поэтому изучать его сама природа велела. Это интереснейший объект, и вопросы о том, как сформировались сотни миллиардов тонн железа в течение десятков миллионов лет в геологическом прошлом, представляют огромный научный интерес.

— **Отличается ли оно по составу от других железорудных месторождений?**

— Существуют два основных типа месторождений железа, которые составляют главную минерально-сырьевую базу этого металла во всем мире. Первый — это железистые кварциты, древнейшие породы старше 500 млн лет, где железо минерализуется в форме гематита. До сих пор они выступают ключевыми источниками сырья, в том числе в нашей стране. Запасы таких объектов могут достигать десятков, а бассейны — и сотен миллиардов тонн. Второй тип — осадочные месторождения, те, которые формировались в морских осадочных бассейнах. Они моложе 500 млн лет и отличаются определенным минеральным составом, которому свойственны внешние особенности. Это так называемая оолитовая структура, то есть концентрирование железа в виде смеси минералов. Они выглядят как маленькие шарики размером в основном менее 1 мм. Если их распилить или расколоть, они будут иметь либо концентрически-зональное, либо однородное внутреннее строение.

И вот по этим оолитовым структурам выделяют отдельный тип осадочных месторождений железа. Не так давно они играли очень важную роль в промышленности. Сегодня из-за технологических проблем, а именно относительно низкой концентрации железа, они стали менее актуальны. И это для нас сейчас серьезная проблема.

Второй технологический вызов — наличие вредных примесей фосфора. Практически во всех месторождениях этого типа присутствует такая примесь, что отрицательно сказывается на конечном продукте. Это значит, что нужно использовать дополнительные технологии, чтобы извлечь фосфор.

— **Как вы думаете, со временем появятся технологии, которые позволят реализовать возможности этих месторождений?**

— Думаю, да. У нас сегодня есть действующий проект, который поддержал Российский фонд фундаментальных исследований совместно с администрацией Томской области. Мы должны детально изучить эти минеральные формы, определить, в каких формах там содержится фосфор, и дать рекомендации, анализ того, как можно оптимально с этим бороться. В мировой практике этот вопрос исследуется различными методами — и традиционными, и такими нетрадиционными, как бактериальное выщелачивание. Есть позитивные результаты. Но мы занимаемся в первую очередь наукой — пытаемся понять, как все это формировалось в геологическом времени.

— **Вам удалось выяснить, как все это формировалось?**

— Нам удалось создать концепцию и опубликовать ее для всего мира, а весь мир теперь может рецензировать и критиковать нас. У нас сегодня есть факты, которые противоречат устоявшимся концепциям формирования таких месторождений.

— **В чем же это противоречие?**

— Традиционно считается, что железо накапливалось в морском бассейне, куда поступало с речными системами, которые размывали складчатые горные области, контактирующие с этим древним морем. Железо выносилось, размывались породы, и в конце концов оно концентрировалось, осаждалось в виде месторождений. Но когда мы детально подошли к Бакчарскому месторождению, обнаружили факты, которые противоречат такой модели. И теперь мы считаем источниками железа не горные области, контактирующие с морским бассейном, а недра земли. И, соответственно, каналы, по которым выносилось железо, нужно искать не на поверхности, а на глубине.

А отсюда, соответственно, необходимо обдумывать, осмыслять и представлять себе новую рудогенерирующую систему. Потому что если железо выносилось из недр, вполне возможно, оттуда могли выноситься и другие металлы, как это происходит с месторождениями совершенно иных типов.

— **Но ведь это может означать пересмотр фундаментальных вопросов формирования нашей планеты — и, может быть, не только нашей.**

Крупные кристаллы кварца  
(Минералогический музей ТПУ)





— Так далеко мы, если честно, еще не заглядывали. Но да, может быть, и это надо как-то осмысливать. Сейчас же мы работаем над геологической рудной системой, и нужно смотреть, действительно ли оно выносилось, какие факты это доказывают и как это можно использовать.

**— А как это можно использовать?**

— Например, есть теория, выдвинутая нашими учеными из академии наук в 1990-х гг. и параллельно американскими учеными, о том, что такие месторождения связаны с нефтегазоносными бассейнами. Это очень хорошо видно на примере Западной Сибири, где есть пространственная связь нефтяных месторождений с более молодыми железорудными месторождениями. Здесь в качестве агентов, выносивших железо, рассматриваются воды, которые мигрировали в верхней части земной поверхности и выщелачивали из выщележащих пород железо.

Другой интересный момент. В геологии многое построено на принципе аналогии. Наблюдения за современными геологическими процессами дают нам возможность использовать эту информацию для того, чтоб расшифровывать геологические процессы в прошлом. Соответственно, мы понимаем, какие месторождения должны формироваться.

Сегодня практически нет морских бассейнов, где бы формировались такие морские осадки, содержащие оолиты. Но в небольшом количестве они существуют. Один из примеров — это остров в Индонезии, излюбленное место дайверов. Я теперь мечтаю стать дайвером, чтобы посмотреть на это место, где выносятся железо. Оно именно выносятся — в виде выдыханий, эксплозии, растворов с газами — и осаждается в форме полей оолитов. И этот метод аналогии работает на нашу концепцию.

Еще пример: на северо-восточном побережье Венесуэлы, недалеко от острова Тринидад, где

1. Аметист (Минералогический музей ТПУ)
2. Друза кварца (Минералогический музей ТПУ)
3. Чароит (Минералогический музей ТПУ)
4. Кристаллы гипса (Минералогический музей ТПУ)

пересекается глубинный разлом и разгружаются воды, которые освободились при формировании нефтеносного бассейна. Там тоже формируются поля таких оолитов. Геолог Майкл Кимберли задокументировал это открытие и впервые выдвинул гипотезу о связи нефтяных и железорудных месторождений. А мы, в свою очередь, стали находить минералогические и геохимические следы того, что в районе Бакчарского месторождения функционировали газы и растворы, выносимые из недр. Это могли быть и древние циркулирующие метеорные воды, и термальные низкотемпературные растворы.

Но если это так, то нам нужно, повторюсь, рассматривать эту систему как совершенно другую и связывать с ней совершенно другие месторождения. Вероятно, это верхушка какой-то рудной системы, а глубже могут залегать ценные руды.

**— Иначе говоря, ваше открытие может иметь важное прикладное значение.**

— Если мы рассматриваем концепцию формирования минералов в этих месторождениях, то постепенно подходим к технологическим моментам и к прикладным вещам. Как, например, тот же фосфор попал в эти оолиты? Это интересный вопрос. Мы находим связь всех этих аспектов, изучаем вмещающие породы, ищем решение, как их можно использовать сегодня в каком-либо виде деятельности.

Одно из таких ответвлений по теме — это минеральные вещества. Мы считаем, что некоторые из этих пород можно использовать как удобрение, что может существенно повысить их значимость. Таких идей может быть множество.

**— Например?**





— Нам очень нравятся факты, указывающие на связь Западно-Сибирского железорудного бассейна и горизонтов, где концентрируются минералы. Мы находим интересные корреляции с глобальными древними геологическими и палеоклиматическими процессами. В древности, когда начало формироваться месторождение, и до периода, когда формирование закончилось, было извест-

оно сегодня очень активно обсуждается в литературе, причем в самых передовых научных журналах. Выдвигается множество гипотез, объясняющих этот резкий климатический перестрой. Самые распространенные гипотезы связаны с интенсивными извержениями вулканов, особенно в Индии, которые, в свою очередь, были спровоцированы падением гигантского метеорита Чиксулуба, что стало причиной изменения климата и вымирания гигантских рептилий.

## Наблюдения за современными геологическими процессами дают нам возможность использовать эту информацию для того, чтоб расшифровывать геологические процессы в прошлом

но три глобальных климатических события — то, что сегодня называется глобальным потеплением. Такие события происходили и в далеком прошлом. Мы находим здесь маркеры, как коррелируют горизонты накопления железа, что именно происходило в земле, что именно меняло климат и где в результате происходили интенсивное рудообразование, смена режима осадконакопления и т.д.

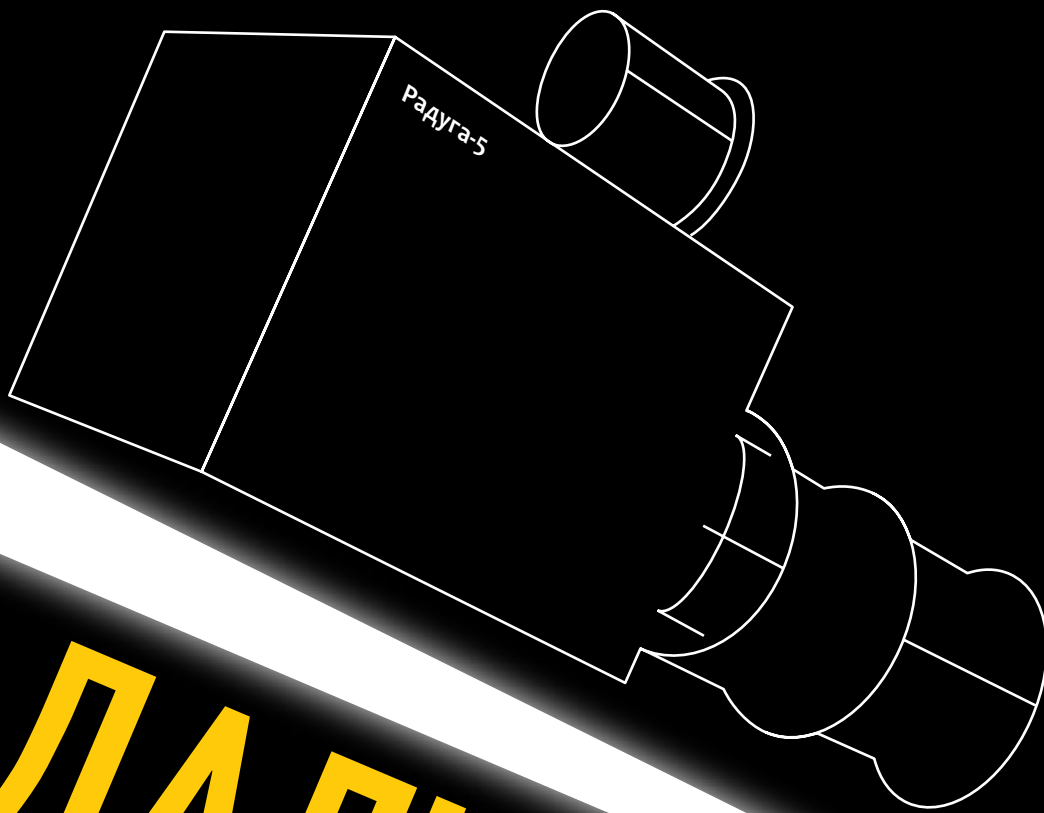
— **Выходит, по вашим данным можно исследовать климатические процессы?**

— Да. У нас была статья, посвященная Бакчарскому месторождению, где мы анализируем климатический максимум, когда температура атмосферы и океана возросла в относительно короткий промежуток времени. Это интереснейшее событие,

Некоторые считают, что тогда происходила массовая разгрузка залежей метангидратов. Это сегодня особенно актуально, и мы входим в группы, которые изучают современное изменение климата в связи с дегазацией на Арктическом шельфе. Все эти процессы, связанные с термическим максимумом, мы пытаемся спроецировать на наш район, выдвигаем теорию рудообразования и приводим факты того, что через древний морской осадок происходила миграция метана. Пузырьки метана в минералах — это фактически неопровержимое тому доказательство.

Обобщая все сказанное, хочу подчеркнуть: изучение месторождений железа, которыми богата наша Сибирь, открывает огромное количество различных фундаментальных и прикладных перспектив и возможностей, и это весомый аргумент в пользу того, что этим надо активно заниматься. ■

**Беседовала Наталья Лескова**




# ДАЛЬШЕ

Лаборатория высокоинтенсивной имплантации Исследовательской школы высокоэнергетических процессов Томского политехнического университета располагает коллекцией массивных установок, каждая из которых уникальна. Ничего подобного в мире не создано. «Прикрывайте за собой дверь», — гласит табличка на стене. На вопрос, где же дверь, мне указывают на огромную,

ФИЗИКА

# ГРАДУСЫ



во всю стену, многотонную железобетонную плиту, закрыть которую можно только с помощью специального механизма. Физики шутят, и это прекрасно. Чем же они занимаются здесь в свободное от шуток время — наш разговор с заведующим лабораторией Александром Ильичом Рябчиковым, профессором, доктором физико-математических наук.



Доктор физико-математических наук А.И. Рябчиков

— **Александр Ильич, расскажите, чем вы занимаетесь в своей лаборатории.**

— Наша лаборатория с момента ее создания занимается задачами исследования новых источников плазмы, разработкой источников ионов и исследованием закономерностей модификации свойств материалов пучками заряженных частиц и плазмой. На протяжении всей нашей истории у лаборатории были определенные достижения. Известен в мире плазменный фильтр, изобретенный в нашей лаборатории, который очень компактен и эффективен в очистке плазмы вакуумной дуги от микрокапельной фракции. Именно этот прибор позволил нам создать уникальный высокоинтенсивный источник ионов, который мы назвали «Радуга». «Радуга-5» — это самый мощный в мире источник ионов, обеспечивающий модификацию структуры и свойств материалов ионной имплантацией.

Но сегодняшние наши достижения немножко отходят от высокоэнергетичной установки «Радуга», где энергия ионов составляет десятки килоэлектронвольт. Мы изобрели новые источники, разработали их. Это источники очень высокоинтенсивные, с плотностью ионного тока, достигающей  $1 \text{ А/см}^2$ , но при энергиях ионов в сотни и единицы килоэлектронвольт. Такие пучки, как выяснилось, могут производить уникальное воздействие на поверхностные слои материалов.

Хотя ионная имплантация имеет свои недостатки, она получила хорошее развитие в полупроводниковой промышленности. А вот что касается модификации металлов и сплавов, оказалось, нужны глубины существенно большие, чем обеспечивает пробег ионов в материалах. Обычно модифицируемый слой не превышает долей микрометра. Но с точки зрения изменения износостойкости материала в ряде приложений это находит применение. Однако в большинстве случаев такие слои быстро изнашиваются, разрушаются,

и фактически ионная имплантация редко используется для модификации металлов и сплавов. Есть одно исключение — азотирование. Ионное азотирование за счет диффузионного проникновения дает свои эффекты. И эта плазменно-иммерсионная имплантация находит промышленное применение в мире — в Соединенных Штатах, Европе.

— **А в России?**

— В России она применяется мало. Сегодня мы, разрабатывая новый метод высокоинтенсивной имплантации ионов низкой энергии, снимаем этот барьер. За счет радиационно-стимулированной диффузии ионы проникают на глубины в десятки и сотни микрометров. Нам удалось найти способ решить эту проблему. Считаю важным подчеркнуть, что эта работа была поддержана финансово Российским научным фондом.

— **Давайте попробуем объяснить для человека, не сведущего в столь непростых материях: как все это происходит?**

— Все делает сам пучок, его интенсивность. Если в обычной имплантации используются пучки с плотностью от микроампер на квадратный сантиметр до нескольких миллиампер на квадратный сантиметр, в нашем пучке плотность ионного тока на три порядка выше. И, соответственно, радиационно-стимулированная диффузия оказывается на порядки выше.

— **Само понятие «имплантация ионов» — что это такое? Мы привыкли думать, что имплантация — это что-то медицинское, замещение органа какой-то искусственной тканью. А что у вас?**

— Имплантация — это внедрение. В медицине — каких-либо конструкций в наше тело, а здесь — внедрение ионов. Ион — это ионизованный атом. Это какой-то элемент. Просто у него один или несколько электронов оторваны от оболочки. Он становится заряженной частицей, и ее можно

ускорять. Ускорив, придавая ему энергию, мы его внедряем в тело. Такое внедрение и называется «имплантация».

— **В тот или иной материал?**

— Да, внутрь материала. Это изменяет свойства материала, например делает его прочнее или устойчивым к какому-либо воздействию. Все зависит от того, какой мы выбираем сорт ионов, какую ставим задачу. В соответствии с этой задачей мы меняем структуру, создаем неравновесные фазовые состояния, и свойства материала изменяются.

— **Зачем это нужно?**

— Дело в том, что сегодня металлургия практически исчерпала свои возможности, и поэтому требуются методы нестандартного воздействия на поверхность твердого тела. Это и лазерное воздействие, и воздействие электронных пучков высокой мощности, и мощные ионные пучки, в том числе ионная имплантация и осаждение покрытий. Осаждение покрытий, как оказывается, тоже имеет свои недостатки. Например, покрытие сверхтвердое, но адгезионная прочность, то есть сцепление этого покрытия с основой материала, низкое. И есть проблема отслоения, то есть низкая адгезия. В нашем случае ионы внедряются в сам материал и нет проблем адгезии, поскольку нет слоев. Кроме того, мы можем модифицировать элементный состав, микроструктуру и свойства материалов на глубинах, существенно превышающих толщины обычно формируемых покрытий.

— **Насколько эта технология безопасна для человека?**

— Это пока не технология. Пока это наши научные исследования, которые показывают, что мы можем модифицировать глубокие слои, например увеличивать износостойкость нержавеющей стали в 100 раз. Но до технологии нам еще не один год, поскольку есть задачи фундаментального характера, и мы должны найти их решение, чтобы потом довести до технологии. Обычно ионная модификация материалов совершенно безопасна для человека. Конечно, продукт может стать и опасным, если, например, вы создаете радиоактивный индикатор и имплантируете в образец ионы радиоактивного изотопа.

— **Но ведь наверняка у вас есть разработки, которые уже были внедрены и стали технологиями? Вы сказали о «Радуге». Существует ли что-то еще?**

— Да. Например, в Уфимском государственном авиационном университете находится целая комплексная установка, которая используется совместно с авиационным заводом. Это наша разработка, востребованная в авиации и космической промышленности. Наша установка активно используется в Китае, других странах. К сожалению, сегодня в России есть сложности внедрения, связанные с состоянием нашей промышленности.

— **То есть у нас пока все не так радужно, как вам хотелось бы?**

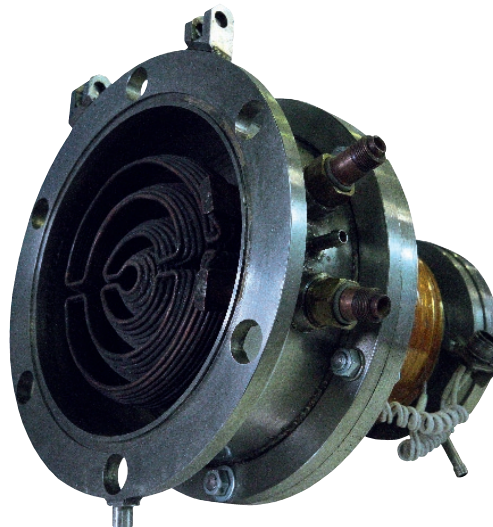
— Тем не менее я с оптимизмом смотрю вперед. Эта наукоемкая разработка у нас еще будет востребована, поскольку она может иметь ряд важнейших применений, и в то же время она не дорогостоящая, что также немаловажно. Наш плазменно-иммерсионный подход с точки зрения финансовых затрат имеет преимущество по сравнению с теми разработками, которые у нас были ранее. Поэтому, когда мы будем готовы переходить к технологиям, я думаю, мы найдем партнеров и у газовиков-нефтяников, и у тех, кто работает на авиацию, космос. Там очень нужны материалы с улучшенными свойствами, причем кардинально улучшенными. Уверен, это будет находить свое применение.

— **А в медицинской промышленности?**

— Думаю, и до таких разработок мы постепенно доберемся. В той же имплантации, о которой мы уже говорили. Может быть, возможно применять не титан и титановые сплавы, а модифицированные, более дешевые материалы. Кроме того, надо улучшать коррозионные свойства, повышать износостойкость у тех же суставных элементов. Я думаю, это может найти применение во всех областях народного хозяйства — и в сельском хозяйстве, где те же плуги и другую технику надо упрочнять, чтобы меньше ломались, изнашивались детали и механизмы.

— **Я увидел у вас в лаборатории много молодежи. Это все ваши ученики?**

— Это выпускники нашего университета. Один из них недавно защитил кандидатскую диссертацию. Кандидатов у нас четыре человека, я доктор наук. Есть и молодежь, которая только поступила в аспирантуру и готовится к защите. Будущее за молодежью, и наша задача — с их помощью



*Электромагнитный фильтр для очистки плазмы вакуумного дугового разряда от микрокапельной фракции*



*Научные сотрудники лаборатории высокоинтенсивной имплантации ионов (слева направо): к.т.н. Д.О. Сивин, м.н.с. О.С. Корнева, к.ф.-м.н. А.И. Иванова, д.ф.-м.н., проф. А.И. Рябчиков, асп. Г.С. Модебадзе, к.ф.-м.н. А.Э. Шевелев*

провести все эти исследования и найти пути решения. А дальше уже будет их задача — развивать и внедрять эти наработки.

— **Ребята вас радуют? Есть ли у них энтузиазм?**

— Вы можете сами на них посмотреть. Они молодцы. Активные, творческие, сообразительные. Не всегда я ими доволен, но это у меня повышенные требования и к себе, и к окружающим. Не надо только об этом писать, а то еще прочтут и расслабятся. В целом у нас хороший коллектив. Если бы коллектив не работал — у нас бы не было достижений.

— **Слышала, недавно у вас прошли научные конференции в Томске и в Китае — и ваши выступления произвели фурор.**

— Фурор — это громко сказано, но хорошее впечатление мы, безусловно, произвели. Мой приглашенный доклад в Томске на впервые проводимой здесь международной конференции по модификации свойств материалов ионными пучками вызвал большой интерес. Я докладывал о развитии этого нового метода высокоинтенсивной имплантации ионов низкой энергии. Всех поразило то, что это действительно область, в которой пока никто не проводил исследования — не было инструмента. И то, какие мы разработали методы для формирования ионных потоков, какие получили результаты при имплантации, — конечно, впечатлило всех, кто участвовал в нашей секции. А на конференции по ионным источникам в Китае нас приняли как дорогих гостей, слушали очень

внимательно. Дело в том, что в области ионной модификации материалов Томский политехнический университет в России и в мире занимает лидирующее положение — и все это признают.

— **Выходит, вы впереди планеты всей?**

— Да, это правда. Ионная имплантация перекрывает широкую область от микроамперных токов до килоамперных. Так вот, нигде в мире ни одной организацией вся эта область не перекрывается. Даже всеми вместе. Это делает только ТПУ. В свое время в НИИ ядерной физики ТПУ разрабатывались для этих целей и сильноточные имплантеры типа «Радуги», и ускорители мощных наносекундных пучков ионов типа «ТЕМП». А теперь мы развиваем новую область и для нее разрабатываем источники ионов с параметрами, которых ранее нельзя было достигнуть.

— **Знаю, у вас было множество публикаций в престижных международных научных журналах.**

— Да, мы публикуем наши достижения, а поскольку они обладают несомненной новизной, наша лаборатория не встречает здесь никаких трудностей. В прошлом году мы напечатали в ведущих научных журналах мира 18 статей, и здесь, я думаю, мы стали лидерами, может быть даже не только в ТПУ. Это вселяет надежду на то, что все наши разработки скоро будут нужны и дома, в нашей стране. ■

**Беседовала Наталья Лескова**

12+

Реклама



# САМЫЕ ВЗРЫВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

## НАУЧ = ТОП

с АЛЕКСЕЕМ ЕГОРОВЫМ

«ХОЛОДНЫЙ ОГОНЬ»  
Испаряющийся фосфор создает светящийся  
туман, похожий на языки пламени.  
Температура при этом не повышается.

НЕ ПЫТАЙТЕСЬ ПОВТОРИТЬ ЭКСПЕРИМЕНТ  
В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ !

ПРЕМЬЕРА  
ОСЕНЬЮ



ПОЗНАНИЕ



МОЯ ПЛАНЕТА



НАУКА



ЖИВАЯ ПЛАНЕТА



ПЛАНЕТА НО



ИСТОРИЯ



ДОКТОР



ТЕЛЕКАНАЛ

## ОБ АВТОРЕ

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



Дэвид Поуг

# Борьба с устареванием

Ваше спасение — опыт Библиотеки Конгресса США



Я не первый технарь, кто с тревогой пишет о «тленности данных», которая проявляется в том, что компьютерные файлы начинают устаревать. На протяжении многих лет мы веряли свои записи, деловую документацию, любимую музыку и произведения искусства таким носителям информации, как вышедшие из употребления перфокарты, магнитные ленты, дискеты и Zip-диски. И если вы думаете, что компакт-диски будут служить вам бесконечно долго, то глубоко ошибаетесь.

Сегодня я хочу поговорить кое о чем еще более серьезном, что не даст вам заснуть ночью, а именно — о деградации формата файла. Это тот случай, когда вам следует беспокоиться не о носителе информации, а о форматах файлов с вашими документами.

Эта проблема поразила меня как гром среди ясного неба, когда в начале этого года я попытался открыть свои документы, созданные в старой версии текстового редактора *Microsoft Word*, и у меня ничего не вышло. Новая версия *Word* не могла открыть файлы, созданные с помощью этой же программы примерно в 1989 г. Не есть ли это нарушение некоего элементарного закона? Пренебрежение некоей негласной договоренностью? Чтобы почувствовать, как это выглядит, представьте, что одним прекрасным утром вы обнаруживаете, что ваши отвертки не подходят к триллионам винтов и шурупов, скрепляющих бесчисленные конструкции.



Первые десять лет своей профессиональной деятельности, сразу после окончания университета, я работал аранжировщиком и дирижером бродвейских мюзиклов в Нью-Йорке. Многие годы я создавал музыкальные партитуры, пользуясь ранними версиями музыкального программного обеспечения — приложением *Professional Composer*, программами *Deluxe Music Construction Set* и *HB Engraver*. Каждый раз на это уходило много часов труда. И что теперь? Я не могу заглянуть в эти партитуры. Я их никогда не увижу, кроме тех, что успел в свое время распечатать. Исходные программы давно канули в Лету, а с ними под замком навсегда оказались все ноты и аккорды.

Так как же будущие поколения смогут получить доступ к нашим сценариям, романам, фотографиям, видеозаписям и другим компьютерным продуктам?

А знаете кто тратит уйму времени на решение этого вопроса? Библиотека Конгресса США. Она выделяет многие миллионы долларов на оцифровку 70 млн своих манускриптов, 14 млн фотографий и 800 тыс. раритетных книг. Это делается для того, чтобы сохранить их и сделать доступными для пользователей интернета.

Несколько лет назад мне довелось брать интервью у Хелены Зинкэм (Helena Zinkham), заведующей отделом эстампов и фотографий Библиотеки Конгресса США. Она отметила, что бумага — один из лучших носителей информации для хранения документов, более того, особенно хороша бумага, изготовленная в давние времена. «В XV, XVI и XVII вв. она была гораздо прочнее, поскольку ее изготавливали на основе хлопковых и льняных волокон, — сказала она мне. — Однако в XIX в., с началом массового производства бумаги, в процессе ее создания стали применять различные химикаты». Эти химикаты приводили к более скорому ее износу.

Так что Библиотеке Конгресса хорошо известно об устаревании формата файлов, и ее сотрудники озабочены сохранением своей коллекции для

будущих поколений. Какие же намерения на этот счет у вас? Каким, по-вашему, будет формат компьютерного файла лет эдак через 200?

Итак, в первую очередь, вы выбираете способ открыть формат, насколько это возможно, если он, конечно, специально не закрыт компанией — разработчиком программного обеспечения. Для оцифровки своих фотографий, книг и документов Библиотека Конгресса выбрала формат *TIFF* (от англ. *Tagged Image File Format*, формат хранения растровых графических изображений). «Похоже, это дает

нам надежду на сохранение наших файлов в рабочем состоянии на многие годы», — говорит Зинкэм.

И вот в чем ключ к решению проблемы: оказывается, реконверсия (обратное преобразование) изначально входила в планы библиотеки. Когда здесь в середине 1990-х гг. приступили к осуществлению программы по сканированию изображений и документов, разрешение было очень низким — всего 420–560 пикселей на весь снимок. Сегодня каждое изображение состоит из нескольких тысяч пикселей в длину и ширину.

Конечно, это означает, что работа по преобразованию форматов на самом деле не закончится никогда. Уже сейчас в Библиотеке Конгресса повторно сканируют наиболее важные документы и изображения, чтобы воспользоваться достижениями современных технологий, обеспечивающих лучшие разрешение и глубину сканов, — и этот процесс планируется периодически повторять.

Такой же стратегии, по-видимому, должны придерживаться и мы с вами. Если бы я открывал те старые документы формата *Word 1.0* и сохранял их с помощью следующих версий *Word*, они до сих пор находились бы в рабочем состоянии и были доступны для использования. Но я не заботился о переформатировании, поскольку не видел в этом необходимости. Теперь вы по крайней мере предупреждены и подобная отговорка вас не оправдывает. ■

**Бумага — один из лучших носителей информации для хранения документов. Особенно хороша была бумага, изготовленная в XV, XVI и XVII вв. Она была гораздо прочнее, поскольку ее изготавливали на основе хлопковых и льняных волокон. Однако в XIX в., с началом массового производства бумаги, в процессе ее создания стали применять различные химикаты, что приводило к более скорому ее износу**

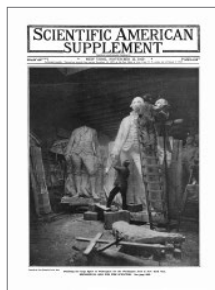
Перевод: С.Э. Шафрановский



## НОВАЯ 1969

**Помощь легким.** Сегодня респираторная недостаточность при правильном лечении хорошо поддается терапии. Лечение проводится в палатах интенсивной легочной терапии: работой руководят медики нового профиля, врачи-реаниматологи и группы специально

обученных врачей. Новые методы интенсивной терапии стали возможны в результате роста взаимопонимания между специалистами по физиологии дыхания и лечащими врачами. Данные, полученные уже давно, сейчас используются для активного вмешательства в ход лечения, чтобы сохранить жизни критически больных пациентов. Лечение острой респираторной недостаточности сегодня близко к тому, чтобы превратиться в точную науку (как и любая другая область клинической медицины). В этой ситуации значение точных анализов становится даже более важным, чем «клиническое суждение» — умение, столь долго бывшее основным показателем высокой квалификации врача.



## НОВАЯ 1919

**Веселые альпинисты.** Задача Франции по перековке мечей на орала включает в себя приспособление танков к мирной жизни. Часть их тянут вдоль канала баржи, другие превратили в тракторы; третьи пошли на завод на разборку.

Самое же новое применение — для подъема в горы. Им сегодня могут воспользоваться туристы во французских Савойских Альпах. После того как с танков сняли броню, вооружение и установили сиденья, они превратились в отличное транспортное средство для пересеченной местности.

**Безработная лошадь.** Коннозаводчики все еще рекламируют свой бизнес, однако они тщетно пытаются держать марку, ибо дни его сочтены. Автомобиль занимает место повозки, грузовик приходит на смену ломовой лошади, а трактор вытесняет фермерскую лошадку. И нет оснований

оплакивать такой ход событий. Лошадь — одно из самых благородных животных, и мы должны только радоваться перспективе ее освобождения из рабства. Это гуманитарная сторона вопроса, а деловая такова: машина будет делать тяжелую работу намного продуктивнее и намного дешевле. По крайней мере 50% лошадей будут освобождены к 1 января 1920 г.



## НОВАЯ 1869

**Вакцинация.** Недавно в газете *New York Times* вышла большая статья с самыми серьезными доводами против вакцинации. Утверждается, что она способствует распространению болезни, а в деле предотвращения смертности от оспы оказалась крайне неэффективной.

Такого мнения сегодня придерживаются многие. Лондонский журнал *Lancet* в статье в пользу вакцинации отмечает: «Единственные, кто пострадал от закона об обязательной вакцинации, — это медики. Никакая болезнь не приносит врачам большего дохода, чем оспа, способная на целый месяц сделать человека пациентом».

**Гигант из Кардиффа.** Письмо геолога Джона Бойнтонна (John Bounnton) профессору Пенсильванского университета Генри Мортону (Henry Morton): «Уважаемый сэр! В прошлую субботу рабочие, рывшие колодезь на ферме Уильяма Ньюэлла примерно в 20 км к югу от Кардиффа, обнаружили на глубине 0,9 м, как они подозревают, "разложившееся тело" человеческого существа колоссальных размеров —

ростом более 3 м. Ажиотаж в округе огромен: за три дня место раскопок посетили тысячи любопытных. После тщательного изучения я пришел к убеждению, что это не окаменелость, а скелет, высеченный из многослойного минерала сульфата кальция, добытого, вероятно, в одном из месторождений гипса поблизости. Мой вывод о причине захоронения статуи таков: нужно было спрятать и защитить ее от врага, который уничтожил бы ее, если бы обнаружил».

**Примечание:** статуя была изготовлена годом ранее под руководством некоего Джорджа Халла с целью мистификации и зарыта на участке его родственника Уильяма Ньюэлла.



Боевой танк переделан в вездеход для развлечения туристов, 1919 г.

<b>Senior Vice President and Editor in Chief:</b>	Mariette DiChristina	<b>Contributing editors:</b>	David Biello, W. Wayt Gibbs, Ferris Jabr, Anna Kuchment, Robin Lloyd, George Musser, Christie Nicholson, John Rennie
<b>Executive Editor:</b>	Fred Guterl	<b>Art Contributors:</b>	Edward Bell, Bryan Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins
<b>Design Director:</b>	Michael Mraz	<b>Art director:</b>	Jason Mischka
<b>Managing Editor:</b>	Ricki L. Rusting	<b>Senior Graphics Editor:</b>	Jen Christiansen
<b>Digital Content Manager:</b>	Curtis Brainard	<b>President:</b>	Dean Sanderson
<b>News Editor:</b>	Dean Visser	<b>Executive Vice President:</b>	Michael Florek
<b>Opinion Editor:</b>	Michael D. Lemonick	<b>Executive Vice President,</b>	
<b>Senior Editors:</b>	Eliene Augenbraun, Christine Gorman, Steve Mirsky, Clara Moskowitz, Debbie Ponchner, Claudia Wallis, Kate Wong,	<b>Global Advertising and Sponsorship:</b>	Jack Laschever
<b>Associate Editors:</b>	Sunya Bhutta, Lee Billings, Andrea Gawrylewsk, Larry Greenemeier, Dina Fine Maron, Annie Sneed, Amber Williams	<b>Publisher and Vice President:</b>	Jeremy A. Abbate
		<b>© 2019 by Scientific American, Inc.</b>	

## В мире науки

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

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

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

## Читайте в следующем номере

### Исполыны мезозойских небес

Недавние ископаемые находки и математическое моделирование проливают новый свет на некоторые аспекты таинственной жизни древних летающих ящеров — птерозавров.

### Обратима ли смерть?

В эксперименте удалось частично оживить мозг убитой свиньи — и теперь вновь встает вопрос о том, где конечная точка жизни.

### Ожирение и мозг

По-видимому, при питании ультрапереработанными продуктами в мозг поступают сигналы, заставляющие нас хотеть все больше калорий, тогда как обычная пища такого эффекта не дает.

### Материал мечты

Приведут ли наконец новые успехи в теоретической физике и вычислительной технике к созданию сверхпроводника при комнатной температуре?

### Значимая проблема

Стандартные научные методы служат мишенью для нападок. Грядет ли реформа статистического анализа?

### Умный старт

Дети, посещающие детские сады, где поощряются речевые игры и задания, связанные с концентрацией внимания, добиваются больших успехов в школе и в дальнейшей жизни.





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

# Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>

