

ОСОБЫЙ ВИД

Наука быть человеком

УНИКАЛЬНО ЛИ
НАШЕ СОЗНАНИЕ?
с. 102

КУЛЬТУРНОЕ
ЖИВОТНОЕ
с. 82



ВЗЛЕТ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
РАЗУМА
с. 94

РОЛЬ
ЯЗЫКА
с. 110

ПОСЛЕДНИЙ
ИЗ ГОМИНИНОВ
с. 122

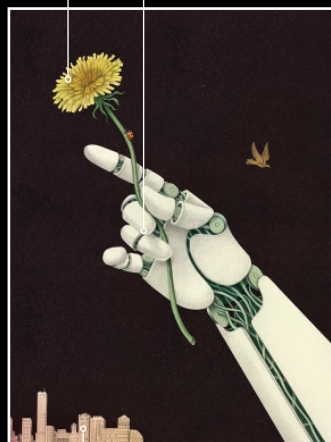


ПОЧЕМУ
МЫ ВОЮЕМ
с. 138

ИСТОКИ
МОРАЛИ
с. 130

ОДНИ ПОСРЕДИ
МЛЕЧНОГО ПУТИ?
с. 162

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
И БУДУЩЕЕ ВИДА
с. 154



КАК МЫ УСКОРЯЕМ
ЭВОЛЮЦИЮ
с. 146

ИНФОГРАФИКА: ЧЕЛОВЕК
ТЕХНИЧЕСКИЙ
с. 92

ИНФОГРАФИКА: РАЗЛИЧАЮТСЯ ЛИ
НАШИ НЕРВНЫЕ СВЯЗИ?
с. 118

ЧАСТЬ I

Почему мы?



ЧАСТЬ II

Мы
и они



ЧАСТЬ III

Кроме
нас





КАК МЫ СТАЛИ НЕПОХОЖИМИ НА ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ

ЧАСТЬ I

Почему
мы?

**РАЗВИТАЯ
УНИКАЛЬНОСТЬ**

Кевин Лаланд

Большинство людей на этой планете полагают, обычно без какого-либо веского научного обоснования, что люди — особые существа, отличные от остальных животных. Любопытно, что ученые, имеющие достаточную квалификацию для оценки этого суждения, часто проявляют сдержанность относительно признания уникальности *Homo sapiens*. Возможно, причиной тому — опасение дополнительно усилить идею человеческой исключительности, выдвинутую религиозными доктринами. Тем не менее в различных научных областях, от экологии до когнитивной психологии, был накоплен массив достоверных данных, подтверждающих, что человек — действительно весьма примечательный биологический вид.

Плотность человеческого населения многократно превышает масштабы, типичные для животного нашего размера. Мы заселили экстраординарный географический диапазон и контролируем беспрецедентные потоки энергии и материи; наше глобальное воздействие не подлежит сомнению. Если брать во внимание наши интеллект, коммуникативные способности, потенциал приобретения знаний и обмена ими — наряду с великолепными произведениями искусства, которые мы создаем, — люди несомненно выглядят как совершенно особый вид среди других животных. Наша культура, как представляется, отделяет нас от остальной природы, однако же эта культура тоже должна быть продуктом эволюции. Формулирование удовлетворительного научного объяснения развитию когнитивных способностей нашего вида и их выражению в нашей культуре — это то, что я называю «неоконченная

симфония Дарвина». Дарвин начал исследование этой проблематики примерно 150 лет назад, но, как он сам признавал, его понимание было «несовершенным» и «фрагментарным». К счастью, эстафету подхватили другие ученые, и среди тех из нас, кто проводит исследования в этой области, нарастает ощущение, что мы приближаемся к ответу.

Складывающийся консенсус заключается в идее, что достижения человечества вырастают из способности перенимать знания и умения у других людей. Вклад каждого индивида позволяет строить этот резервуар объединенных знаний на протяжении длительных периодов времени. Общий запас опыта делает возможной выработку все более эффективных и разнообразных ответов на жизненные вызовы. Не наши большой мозг, интеллект и язык дали нам культуру, но наша культура дала нам большой мозг, интеллект и язык.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Человеческие достижения обусловлены нашей способностью учиться у других и использовать общий накопленный опыт для выработки новых решений жизненных проблем.

■ Другие виды тоже способны к инновациям. Так, шимпанзе раскалывают орехи камнями, а дельфины используют морские губки, чтобы разыскивать прячущуюся добычу.

■ Наша уникальность основана на умении обучать последующие поколения полезным навыкам с достаточной степенью точности, чтобы строить небоскребы или запускать ракеты в космос.



Умение идти за другим след в след — социальное обучение — стало ключом к успеху *Homo sapiens* на всем протяжении его истории как отдельного вида. На фото бушмены идут по дюнам гуськом.

В случае нашего вида — и, возможно, небольшого количества других видов — культура трансформировала эволюционный процесс.

Термин «культура» может подразумевать моду или высокую кухню, но если обратиться к его изначальному научному значению, то культура — это совокупность поведенческих паттернов, разделяемых членами сообщества, основанного на информации, передаваемой социальным путем. Рассматриваем ли мы автомобилестроение, стили поп-музыки, научные теории или добычу пропитания в рамках племенной группы, все развивается посредством бесконечного повторения циклов инноваций, постепенно добавляющих усовершенствования к исходному базовому уровню знаний. Постоянные, неустанные копирование и внесение инновационных изменений — вот секрет успеха нашего вида.

Таланты животных

Сопоставление человека с другими животными позволяет ученым выявить особенности, которыми мы отличаемся от них, качества, которые мы делим с другими видами, и периоды, когда складывались определенные черты. Таким образом, первым шагом к пониманию того, как люди стали настолько непохожими на остальных

животных, должно стать исследование способности к социальному обучению и инновациям у других существ в контексте этой сравнительной перспективы — путь, который в итоге неизбежно приведет к тем с трудом уловимым, но принципиальным отличиям, которые делают человека уникальным.

Многие животные копируют поведение других особей и таким способом получают знания о предпочтительном рационе, способах добывания пищи, спасении от хищников, призывных криках или песнях. Знаменитый пример передачи знаний у животных — особые традиции использования орудий в разных популяциях африканских шимпанзе. В любом сообществе молодежь учится принятому в нем поведению, будь то раскалывание орехов камнем или ловля муравьев палкой, путем подражания более опытным индивидам. Однако социальное обучение — не исключительная привилегия приматов, животных с крупным мозгом или даже вообще позвоночных. Тысячи экспериментов продемонстрировали, что копирование поведения свойственно сотням видов млекопитающих, птиц, рыб и насекомых. Так, например, даже молодые дрозофилы предпочитают в качестве партнеров самцов, которых выбрали старшие самки.



ОБ АВТОРЕ

Кевин Лаланд (Kevin Laland) — профессор биологии поведения и эволюционной биологии Сент-Андрусского университета (Шотландия), автор книги «Неоконченная симфония Дарвина: как культура создала человеческий разум» (*Darwin's Unfinished Symphony: How Culture Made the Human Mind*, 2017).

Разнообразные модели поведения животных изучаются с социальной точки зрения. Дельфины научились использовать морские губки, чтобы защищать ими морду, когда они раскапывают ил и песок на дне, выскивая рыбу, и этот навык они передают в поколениях. У косаток есть специфические способы охоты на тюленей: они подныривают под льдину и стучат по ней, чтобы согнать тюленя в воду, либо, синхронно двигаясь, создают высокую волну, которая смывает добычу с льдины. Куры даже приобретают каннибалистические наклонности путем социального обучения. Основная часть знаний и умений, транслируемых в популяциях животных, касается еды (что хорошо употреблять в пищу, и как это раздобыть), но бывают и оригинальные социальные ритуалы. Так, в одной стае капуцинов в Коста-Рике принят странный обычай: обезьяны засовывают пальцы в глазницы или ноздри других обезьян или руки друг другу в рот и сидят вместе в такой позе в течение достаточно долгого времени, тихо покачиваясь. Исследователи предполагают, что это действие призвано проверить прочность социальных связей.

Животные способны также к инновациям. Когда нам предлагают назвать некое изобретение, мы скорее всего подумаем об открытии Александром Флемингом пеницилина или создании Тимом Бернерсом-Ли Всемирной паутины. Уверю вас, что соответствия в мире животных не менее впечатляющие.

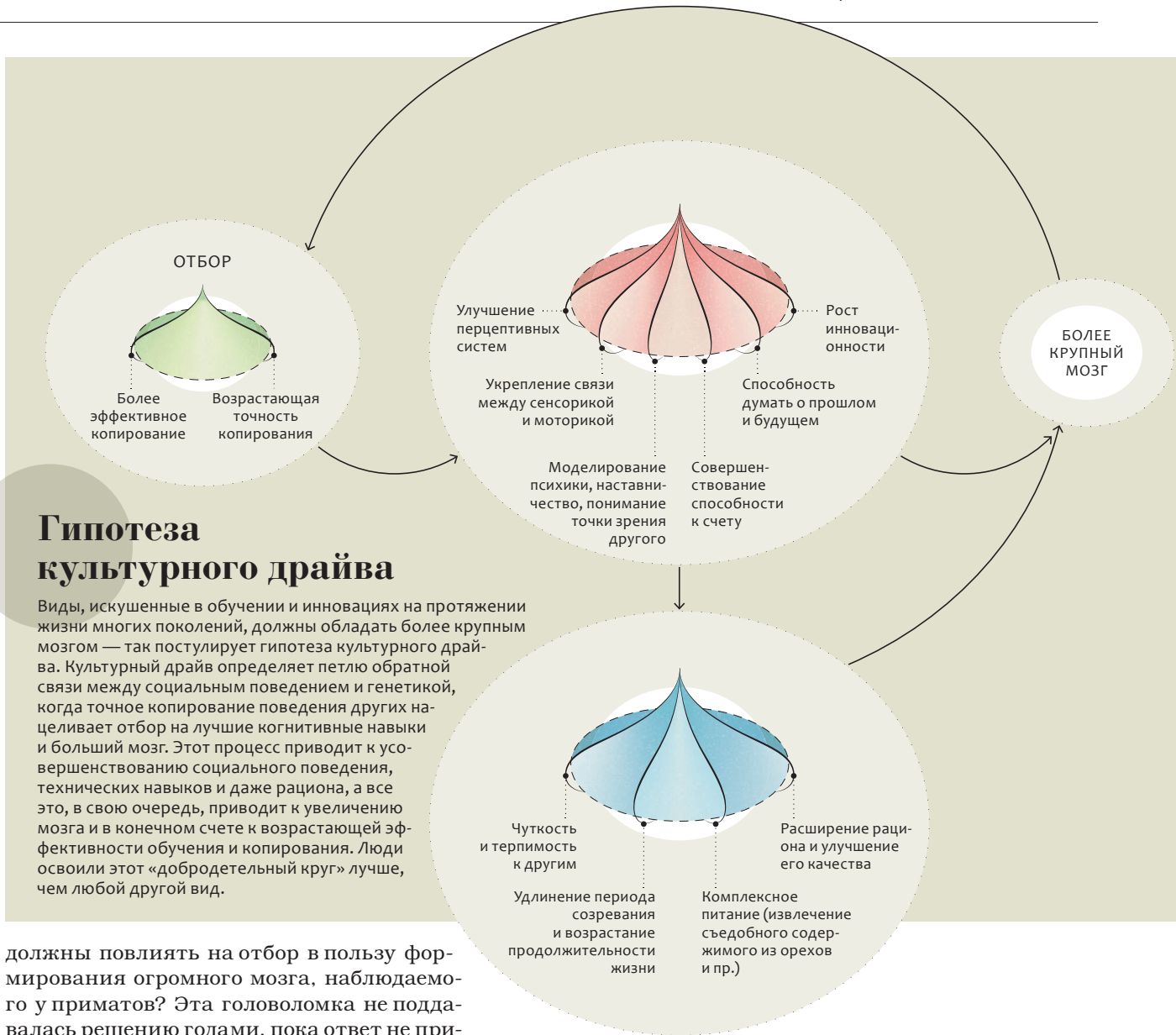
Мой любимый пример — изобретение молодого самца шимпанзе по имени Майк, за которым наблюдала приматолог Джейн Гудолл (Jane Goodall): акустическая демонстрация доминирования посредством стука двумя канистрами из-под керосина друг об друга. Это шоу основательно запугало соперников Майка и увенчалось тем, что его социальный рейтинг взлетел до небес в рекордные сроки, сделав его альфа-самцом номер один. Еще один интересный случай — использование японскими черными воронами автомобилей для того, чтобы раскалывать орехи. Скорлупа грецких орехов слишком тверда для вороньего клюва, однако птицы все же лакомятся ими, кидая их на дорогу

перед машинами, а потом собирая добычу, когда загорается красный свет. А одна прелестная группировка скворцов — птиц, чья любовь к блестящим предметам, которыми они украшают гнездо, стала притчей во языцех, — совершила удачный налет на монетный автомат на автомойке во Фредериксберге, штат Виргиния, и скрылась с уловом в размере буквально сотен долларов четвертакими. (*Больше примеров адаптации животных к городской среде — в статье «Дарвин в большом городе» на с. 146.*)

Подобные эпизоды представляют собой нечто большее, чем просто забавные фрагменты естественной истории. Сравнительный анализ выявляет интереснейшие паттерны социального обучения и инноваций, демонстрируемые животными. И самый значительный вывод гласит, что виды, максимально успешные в изобретательстве и наиболее склонные к копированию поведения, обладают необычно крупным мозгом (как в абсолютном измерении, так и относительно параметров тела). Корреляция между темпами инноваций и величиной мозга изначально была зафиксирована у птиц, но в дальнейшем исследование было воспроизведено на приматах. Эти результаты подтверждают идею, известную как гипотеза культурного драйва, впервые высказанную биохимиком из Калифорнийского университета в Беркли Алланом Вильсоном (Allan C. Wilson) в 1980-х гг.

Вильсон утверждал, что способность творчески решать проблемы или копировать чужие инновации может давать индивиду преимущество в борьбе за выживание. Если предположить, что подобные свойства имеют некую нейробиологическую основу, то можно прийти к выводу, что они будут порождать естественный отбор, благоприятный увеличению размеров мозга, — неостановимый процесс, кульминацией которого становится крупный и мощный орган, определяющий безудержную креативность и всеобъемлющую культуру человека.

Вначале ученые относились скептически к аргументации Вильсона. Если плодовые мушки с их микроскопическим мозгом отлично справляются с копированием, то почему повторяющиеся акты копирования



Гипотеза культурного драйва

Виды, искусные в обучении и инновациях на протяжении жизни многих поколений, должны обладать более крупным мозгом — так постулирует гипотеза культурного драйва. Культурный драйв определяет петлю обратной связи между социальным поведением и генетикой, когда точное копирование поведения других нацеливает отбор на лучшие когнитивные навыки и больший мозг. Этот процесс приводит к усовершенствованию социального поведения, технических навыков и даже рациона, а все это, в свою очередь, приводит к увеличению мозга и в конечном счете к возрастающей эффективности обучения и копирования. Люди освоили этот «добродетельный круг» лучше, чем любой другой вид.

должны повлиять на отбор в пользу формирования огромного мозга, наблюдаемого у приматов? Эта головоломка не поддавалась решению годами, пока ответ не пришел из неожиданного источника.

Имитаторы

Я и мои коллеги организовали турнир по стратегиям социального обучения — конкурс, задуманный с целью выработать лучший способ учиться в сложной и изменчивой обстановке. Мы вообразили гипотетический мир, в котором индивиды, или так называемые агенты, могли осуществлять большое количество всевозможных моделей поведения, каждая из которых приносила свой «выигрыш», изменявшийся с ходом времени. Задачей было выяснить, какие действия повлекут за собой лучшую отдачу, и отследить, какие при этом произойдут изменения. Индивиды могли освоить новые линии поведения либо действовать в рамках изученного ранее, а обучение

могло происходить методом проб и ошибок или же путем копирования поведения других агентов. Вместо того чтобы искать решение самостоятельно, мы, описав задачу и установив набор правил, предложили всем заинтересовавшимся попробовать свои силы. Записи участников, представленные в виде программного кода, определяющего, как агент должен себя вести, должны были соревноваться друг с другом в компьютерной симуляции, и за лучший вариант полагался приз в размере \$10 тыс.

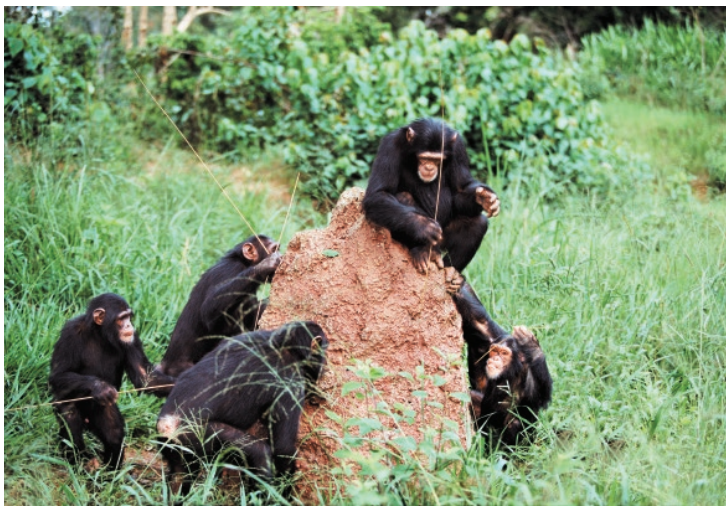
Результаты оказались весьма поучительными. Мы обнаружили сильную положительную связь между тем, насколько хорошо выполнена запись, и тем, насколько эффективно агенты занимались социальным обучением. В победившей записи

от агентов не требовалось обучаться часто, но когда они это делали, они почти всегда учились путем копирования, осуществлявшегося неизменно точно и эффективно.

Проведенное состязание помогло нам найти интерпретацию соотношения характера социального обучения и размеров мозга, наблюдающихся у приматов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что естественный отбор поддерживает не количественный, но качественный рост социального обучения: учиться не все больше и больше, а все лучше и лучше. Животным не нужен крупный мозг, чтобы копировать, однако он нужен им, чтобы делать это хорошо.

Это прозрение стимулировало исследования эмпирической основы гипотезы

Шимпанзе, как и люди, используют орудия. Шимпанзе охотятся на термитов при помощи палочек и обучают этому приему потомство. В отличие от обезьян люди передают культурные знания в поколениях с высокой степенью точности, что позволяет создавать сложные технологии.



культурного драйва. Они привели к предположению, что естественный отбор должен благоприятствовать развитию анатомических структур или функциональных возможностей мозга приматов, обеспечивающих качественное и результативное копирование. Это, например, может быть улучшение зрительного восприятия, чтобы оно позволяло копировать на больших расстояниях или имитировать мелкую моторику. Кроме того, эволюция должна способствовать созданию более тесной связи между перцептивными и двигательными центрами мозга, помогающей индивиду преобразовать визуальный образ другого субъекта, осуществляющего некое действие, в собственные аналогичные телодвижения, результативно повторяющие «исходник».

Гипотеза культурного драйва предсказала также, что отбор, направленный на улучшение качества социального обучения, должен влиять на другие аспекты социального поведения и жизни, включая взаимодействие в социальных группах и использование орудий. Обоснование было следующим: чем обширнее группа и чем больше времени ее член проводит в компании других, тем лучше возможности для эффективного социального обучения. Посредством копирования обезьяны приобретают разнообразные навыки добывания пищи — от поисковых методов наподобие извлечения личинок из-под коры до продвинутых техник, предполагающих использование орудий, таких как «рыбалка» палкой в муравейнике. Если социальное обучение — это то, что позволяет приматам овладевать сложными для усвоения, но продуктивными методами заготовки пропитания, то любой вид, совершенствующийся в социальном обучении, должен демонстрировать высокий уровень умений в этой области. Соответственно, его представители должны обладать богатым рационом и жить дольше, поскольку это дает больше времени на то, чтобы освоить новые сложные умения и передать их потомкам. Резюмируем: гипотеза культурного драйва предсказывает, что темпы социального обучения коррелируют не только с размерами мозга, но также с совокупностью показателей, относящихся к когнитивной деятельности.

Скрупулезный сравнительный анализ подтвердил этот прогноз. Те приматы, которые преуспевают в образовательной и инновационной деятельности, действительно

питаются более разнообразно, владеют целым спектром способов добывания еды, и поисковых, и с применением орудий, и демонстрируют самое сложное социальное поведение.

Статистический анализ показывает, что обнаруженная взаимозависимость прослеживается настолько четко, что приматов можно оценивать по единому критерию общей когнитивной деятельности, который мы называем интеллектом приматов (примерный аналог IQ у людей).

Шимпанзе и орангутаны лидируют по всем параметрам и обладают высоким интеллектом приматов, в то время как некоторые млекопитающие приматы демонстрируют более низкие показатели. Наличие сильной корреляции между интеллектом приматов и размерами мозга, а также результатами в лабораторных тестах на обучение и понимание подтверждает адекватность подобных измерений для определения уровня интеллекта.

Интерпретация также соответствует данным нейробиологического анализа, показывающего, что размер отдельных частей мозга можно точно предсказать, зная его общую величину. Эволюционно обусловленный большой мозг приматов содержит и более крупные и обладающие лучшей связанностью области — неокортекс и мозжечок, — которые обеспечивают исполнительный контроль над действиями и улучшенные корковые проекции на мотонейроны конечностей, облегчая осознанные и точные движения. Это помогает нам понять, почему животные с большим мозгом демонстрируют сложные когнитивные механизмы и использование орудий. *(Подробнее о мозге приматов — в статье «Различаются ли наши нервные связи?» на с. 118.)*

Наложение результатов измерения когнитивных способностей на генеалогическое древо приматов показывает развитие высших форм интеллекта, происходящее независимо в четырех различных группах приматов: у капуцинов, макак, бабуинов и человекообразных обезьян — именно тех видов, что славятся своей способностью к социальному обучению и своими традициями. Это открытие и есть та закономерность, которую ожидалось обнаружить в том случае, если культурные процессы действительно были движущей силой для эволюции мозга и познания. Эти выводы подкреплены дальнейшим анализом с использованием более точных и обширных

Инопланетный гость

Представьте себе взвешенный разум, изучающий биосферу Земли. Какой из всех видов он определит как отличающийся от остальных? Ответ — человечество. И вот несколько тому причин.

Численность. Наши показатели идут вразрез с глобальными закономерностями для популяций позвоночных. Людей на планете на несколько порядков больше, чем могло бы ожидаться для млекопитающих нашего размера.

Ареал обитания. Распространенность нашего вида экстраординарна. Люди колонизировали практически все регионы земного шара.

Регулирование окружающей среды. Люди контролируют огромные и разнообразные потоки энергии и материи в беспрецедентных масштабах.

Глобальное воздействие. Человеческая деятельность угрожает огромному количеству видов (в предельном выражении — приводя к их вымиранию), вызывая серьезные эволюционные изменения во всей биосфере.

Познание, коммуникация и интеллект. Люди демонстрируют превосходные результаты в различных тестах на обучение и понимание. Человеческий язык бесконечно гибок в отличие от средств общения других животных.

Приобретение знаний и обмен ими. Люди получают информацию, обмениваются ею и хранят ее в невиданных ранее масштабах, из поколения в поколение кумулятивно наращивая свой объединенный культурный багаж.

Технологии. Люди изобретают и массово производят бесконечно более сложные и разнообразные артефакты, нежели другие животные.

Инопланетяне вполне могут быть очарованы хоботом слона и впечатлены шеей жирафа, но выделяют они именно человека.

данных и передовых статистических методов, а также моделями, делающими квантитативные прогнозы размеров мозга и тела на основе оценок метаболических затрат мозга.

Культурный драйв — не единственная причина развития мозга приматов: диета и социальность также важны, потому что приматы, питающиеся фруктами и живущие в больших группах сложной структуры, обладают большим мозгом. Трудно не сделать заключения о том, что у некоторых приматов сочетаются высокий интеллект и более продолжительная жизнь, потому что их культурные возможности позволяют им использовать высококачественные, но труднодоступные пищевые ресурсы, питательные вещества из которых «оплачивают» рост мозга. Мозг — энергетически дорогостоящий орган, а социальное обучение имеет первостепенное значение для животных, накапливающих ресурсы, необходимые для успешного роста и эффективной эксплуатации крупного мозга.

Шимпанзе не изобретут мобильник

Почему же тогда у других приматов нет такой сложной культуры, как у нас? Почему шимпанзе не секвенировали геном или не построили космические ракеты? Математическая теория дает некоторые ответы на этот вопрос. Секрет заключается в точности передачи информации от одного представителя вида к другому. Культурный репертуар вида и время, в течение которого элементы культуры сохраняются в популяции, экспоненциально растут в зависимости от степени точности транслирования.

По достижении определенного рубежа культура начинает наращивать сложность и разнообразие. Без точной передачи кумулятивная (накопительная) культура невозможна. Но как только этот рубеж перейден, даже скромное количество новых изобре-

Мозг — энергетически дорогостоящий орган, а социальное обучение имеет первостепенное значение для животных, накапливающих ресурсы, необходимые для успешного роста и эффективной эксплуатации крупного мозга

ний и усовершенствований быстро приводит к масштабным культурным изменениям. Люди — единственный из живущих видов, перешагнувший этот порог.

Наши предки достигли высокой точности передачи информации посредством наставничества — поведения, которое призвано облегчить усвоение нового для ученика. Тогда как копирование широко распространено в природе, наставничество — гораздо более редкий феномен, однако неизменно присущий всем человеческим сообществам. Математический анализ выявляет жесткие условия, которые должны быть выполнены для того, чтобы данная форма поведения развивалась, но показывает, что кумулятивная культура смягчает эти условия. Моделирование обнаруживает, что преподавание и кумулятивная культура развивались у наших предков рука об руку, создавая впервые в истории жизни на нашей планете вид,

члены которого обучали своих близких широкому спектру навыков, возможно, закреплявшихся путем целенаправленной «намеренной практики». *(Подробнее об этом — в статье «У нас в головах» на с. 94.)*

Наставничество у гомининов (людей и их вымерших близких родственников) осуществлялось в таких областях, как добывание и обработка пищи, изучение звуков-сигналов, изготовление орудий и т.д., и обеспечивало контекст, в котором впервые появился язык. Почему язык возник только у наших предков — одна из самых больших неразгаданных загадок. Один из вариантов объяснения: язык способствовал уменьшению энергетических затрат, повышению точности передачи информации и расширению возможностей наставничества. Уникальность человеческого языка (по крайней мере, среди сохранившихся видов) может быть обусловлена тем, что только человек создал достаточно разнообразный и динамичный культурный мир, о котором требовалось говорить. Преимущество этой гипотезы состоит в том, что она обосновывает многие характерные свойства языка, включая его своеобразие, объединяющую силу и причины, по которым он изучается. *(Подробнее — в статье «Говорение во времени» на с. 110.)*

Язык начинался как горстка общепринятых символов. Но стоило процессу запуститься, использование протоязыка направило отбор, касающийся мозга гомининов, в сторону развития навыков изучения языка и в сторону самого языка как такового — в аспекте благоприятствования формированию наиболее легких для изучения структур. Идея, что культурная деятельность наших предков оказывала влияние на характер отбора, менявшего их тело и мышление, — процесс, известный как генно-культурная коэволюция, — сегодня подкреплена весомыми доказательствами. Теоретический, антропологический и геномный анализ демонстрируют, как знания, передаваемые в процессе социального обучения, в частности традиции изготовления и использования орудий, породили естественный отбор, трансформировавший анатомию и разум человека. Эта эволюционная обратная связь определила возникновение современного человеческого сознания, породившего развитую психику, которая дала мощный стимул и мотивацию учить, говорить, подражать, соревноваться и разделять цели и намерения других. Усовершенствовалась способность к обучению и вычислениям. Эти возможности

развивались в рамках кумулятивной культуры, поскольку они повышают точность передачи информации.

Наставничество и язык изменили правила эволюционной игры для человечества. Широкомасштабное сотрудничество возникло в сообществах людей благодаря нашему уникальному потенциалу в областях социального обучения и преподавания, о чем свидетельствуют теоретические и экспериментальные данные. Культура поставила человеческие популяции на новые эволюционные рельсы посредством создания условий, способствующих как поддержанию устойчивых механизмов сотрудничества, наблюдаемых у других животных (например, помощь тем, кто отвечает взаимностью), так и зарождению новых способов кооперации, не встречающихся более ни у каких живых существ. Культурный групповой отбор — формирование совокупности практик, помогающих группе сотрудничать и конкурировать с другими группами, — распространился, когда эти механизмы доказали свою ценность. *(Подробнее — в статье «Истоки морали» на с. 130.)*

Культура обеспечивала наших предков запасами продуктов питания и навыками выживания, и с каждым новым изобретением та или иная популяция все более эффективно использовала окружающую среду. Это способствовало увеличению не только мозга, но и численности людей. Рост населения и усложнение социума последовали за окультуриванием растений и приручением животных. Сельское хозяйство освободило человеческие сообщества от ограничений, которые кочевая жизнь охотников-собираателей накладывала на размеры групп и любые попытки создания новых технологий. В отсутствие этого сдерживающего фактора сельскохозяйственные общества процветали как потому, что они превзошли общины охотников-собираателей, повысив емкость определенного ареала с точки зрения добычи пропитания, так и потому, что агрикультура вызвала к жизни множество связанных с ней инноваций, которые принципиально изменили человеческое общество. В более крупных сообществах, поддерживаемых повышением урожайности сельскохозяйственных культур, более вероятно распространение и сохранение полезных инноваций. Земледелие спровоцировало революцию благодаря не только изобретению обусловленных им технологий, в частности плугов или способов ирригации, но и появлению совершенно

неожиданных феноменов, таких как колесо, город-государство и религия.

Складывающаяся картина когнитивной эволюции человека свидетельствует о том, что мы в значительной степени создали себя сами. Отличительные черты человечества — наш интеллект, склонность к творчеству, язык, а также наш экологический и демографический успех — это либо эволюционные адаптации к культурной деятельности наших предков, либо их прямые следствия. Для эволюции нашего вида культурное наследие не менее важно, чем генетическое наследование.

Мы привыкли думать об эволюции посредством естественного отбора как о процессе, в котором внешние факторы влияния, такие как хищники, климат или болезни, обуславливают усовершенствования организма. Однако человеческий разум развивался не так прямолинейно. Скорее, наши умственные способности возникли в результате замысловатого обоюдонаправленного процесса, в чьих рамках наши предки постоянно создавали некие психосоциальные обстоятельства, последствием которых становились когнитивные и физические изменения, реализуемые в бесконечных циклах отбора. Сегодня ученые воспринимают расхождение людей и других приматов как отражение действия широкого спектра механизмов обратной связи в линии гомининов. Последовал стремительный процесс, подобный самоподдерживающейся химической реакции, который продвинул далеко вперед человеческие познание и культуру. Нет сомнений в том, что человечество занимает определенное место среди прочих на эволюционном древе жизни. Однако наша способность думать, учиться, общаться и контролировать окружающую среду делает человека по-настоящему отличным от всех других животных. ■

Перевод: М.А. Янушкевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Вонг К. Археология на заре современного разума // ВМН, № 9, 2005.
- Social Intelligence, Innovation, and Enhanced Brain Size in Primates. Simon M. Reader and Kevin N. Laland in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 99, No. 7, pages 4436–4441; April 2, 2002.
- Why Copy Others? Insights from the Social Learning Strategies Tournament. L. Rendell et al. in Science, Vol. 328, pages 208–213; April 9, 2010.
- Identification of the Social and Cognitive Processes underlying Human Cumulative Culture. L.G. Dean et al. in Science, Vol. 335, pages 1114–1118; March 2, 2012.

ЧЕЛОВЕК ТЕХНИЧЕСКИЙ

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ —
КЛАДЕЗЬ ГЕНИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ!

Льюис Дартнелл

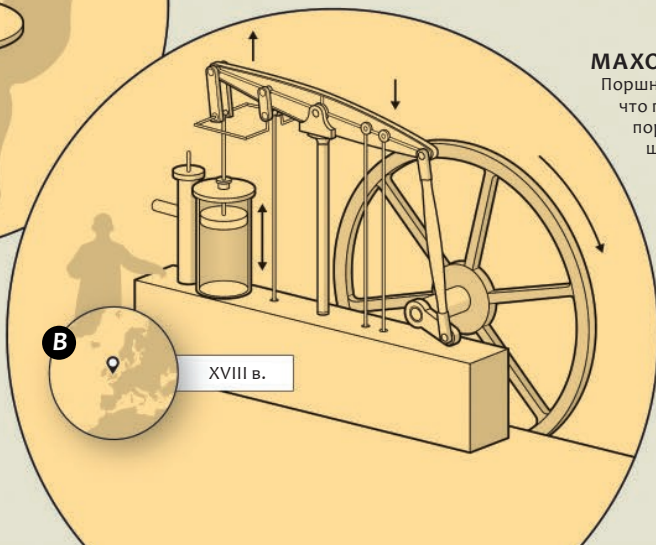
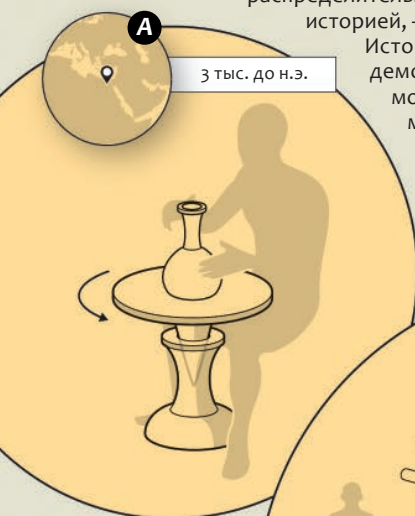
Льюис Дартнелл (Lewis Dartnell) — автор бестселлера «Знание: как восстановить наш мир с нуля» (*The Knowledge: How to Rebuild Our World from Scratch*, 2014).

Человечество обладает не только исключительной способностью передавать знания от одного поколения другому, оно еще и в высшей степени талантливо использует эти знания, создавая новые технологии — от ашельского каменного топора до современных электросетей. Эта обширная взаимосвязь знаний и практических навыков создана трудом миллионов людей в течение миллионов лет. Освоение тонкостей технологий — от раскалывания камня до сооружений высоковольтных линий электропередач — потребует значительного времени, если человечеству придется начинать все заново после ядерной войны, столкновения Земли с огромным астероидом или какой-либо другой глобальной катастрофы.

Способность к тиражированию и особенно совершенствованию созданного предыдущими поколениями отличает наш вид от других живых существ. Новые изобретения редко бывают абсолютно оригинальными: чаще всего это реорганизация и усовершенствование существующих технологий. Особенно наглядный пример тому — двигатель внутреннего сгорания. Он был создан из уже имеющихся на тот момент узлов, механических модулей и сборочных единиц. Если вы снимете металлический кожух двигателя и разберете его на части, то увидите компактную систему, состоящую из отдельных механизмов, каждый из которых выполняет определенную функцию в точном взаимодействии с другими деталями и узлами, имеющими свою многовековую историю.

В собранном виде двигатель внутреннего сгорания преобразует тепловую энергию, выделяемую при сжигании топлива, в плавное бесперебойное движение автомобиля. Входящие в его состав цилиндры и поршни по своему виду чрезвычайно похожи на старинные водяные насосы. Давление, создаваемое взрывным расширением раскаленных газов, которые образуются в результате сгорания топлива в цилиндрах, толкает поршни, но это возвратно-поступательное движение необходимо преобразовать во вращение карданного вала и колес. Три узла двигателя — кривошип (шатун), распределительный вал (кулачковый вал) и маховик, каждый со своей многовековой историей, — заслуживают особого упоминания в этом процессе.

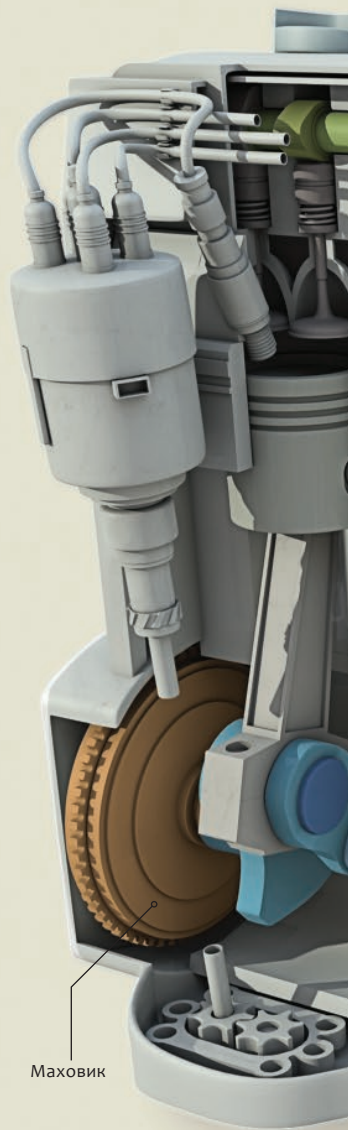
История этих деталей, проиллюстрированная здесь хронологически, демонстрирует, что даже если урчащий двигатель новенького спорткара может показаться вершиной современной инженерной мысли, на самом деле это конструкция, состоящая из компонентов сделанных давным-давно изобретений. Некоторые из них ведут свою историю из Древнего Китая и даже от самых истоков нашей цивилизации.

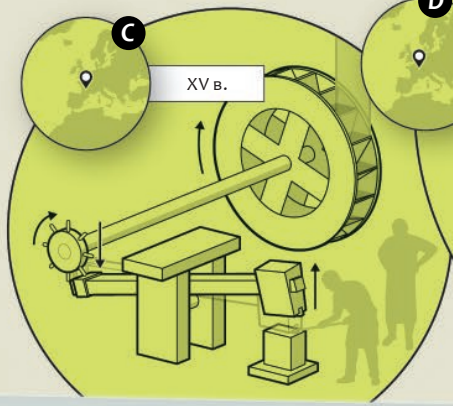


Перевод: С.Э. Шафрановский

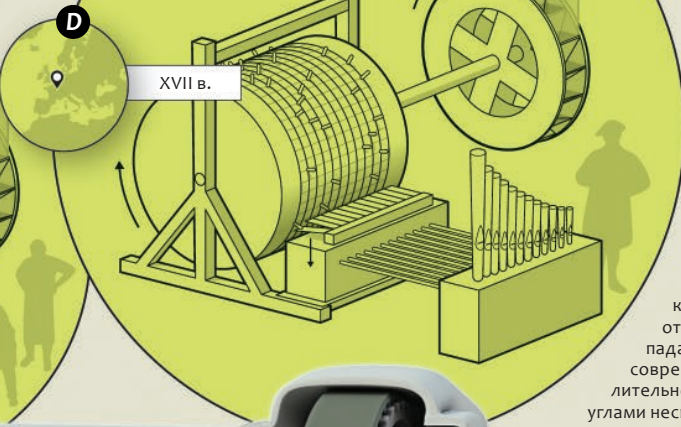
МАХОВИК

Поршни в двигателе внутреннего сгорания выстроены так, что попадают в камеру сгорания по очереди, в шахматном порядке, но взрывные импульсы, которые вращают кривошип, имеют резкий, толчкообразный характер, поэтому для сохранения вращающего момента и сглаживания их воздействия на вал используется маховик. История появления современного маховика восходит к гончарному кругу в Древнем Египте **A**, в XVIII в. маховик был стандартным элементом парового двигателя **B**, логического предшественника двигателя внутреннего сгорания.





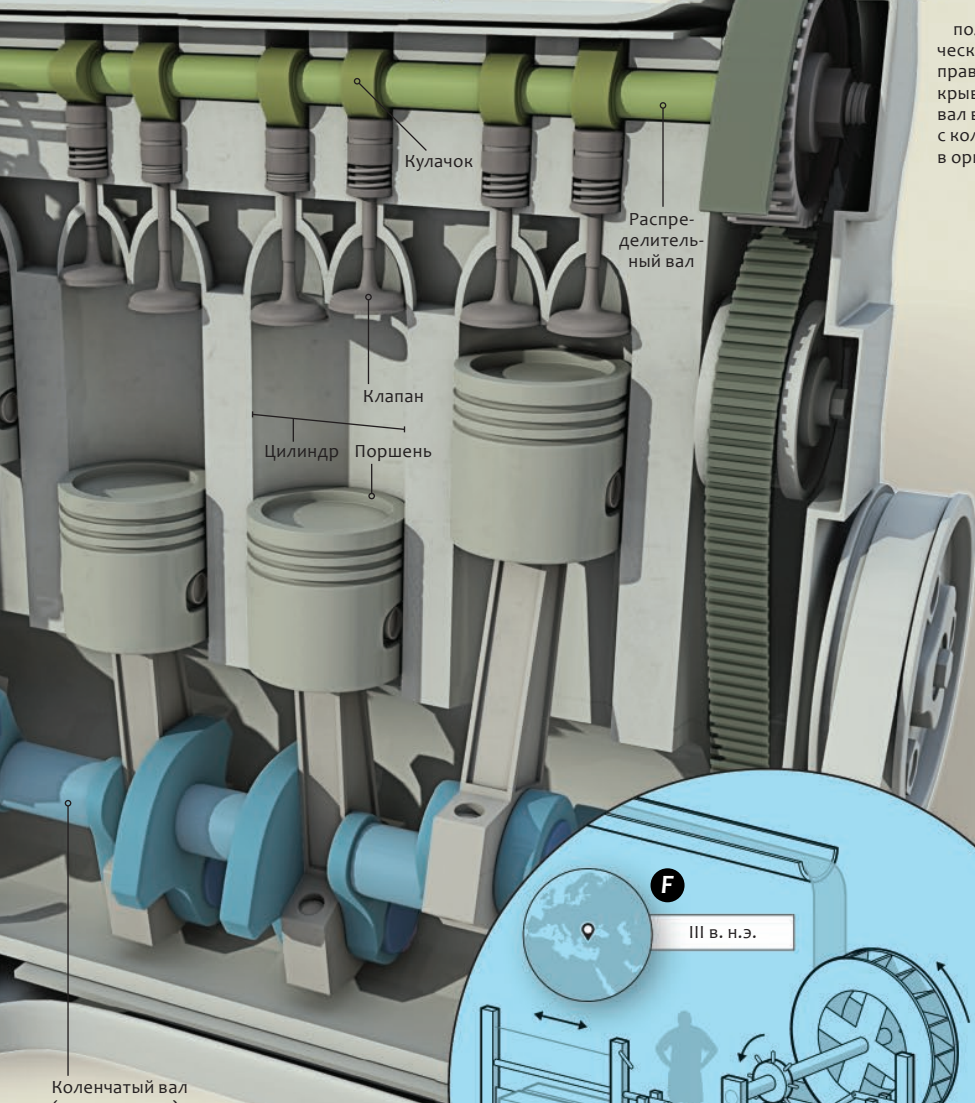
XV в.



XVII в.

КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ (КУЛАЧОК)

Расположенные на вращающемся валу выступы — кулачки — приводят к последовательному открытию и закрытию клапанов цилиндров двигателя для впрыска воздушно-топливной смеси, которая мгновенно сгорает и покидает камеру сгорания. Кулачковые (распределительные) валы использовались еще в XV в. в кузницах, где с помощью энергии водяного колеса сначала поднимали, а затем отпускали на наковальню тяжелый падающий молот **C**. В двигателе современного автомобиля на распределительном валу установлены под разными углами несколько кулачков, которые приводят в движение клапаны цилиндров. Взаимное расположение кулачков на валу действует как механическая программа, в которой физически закодирована правильная последовательность открытия и закрытия клапанов. Фактически распределительный вал воспроизводит движение вращающегося цилиндра с колышками в музыкальных инструментах, например в органах XVII в. **D**



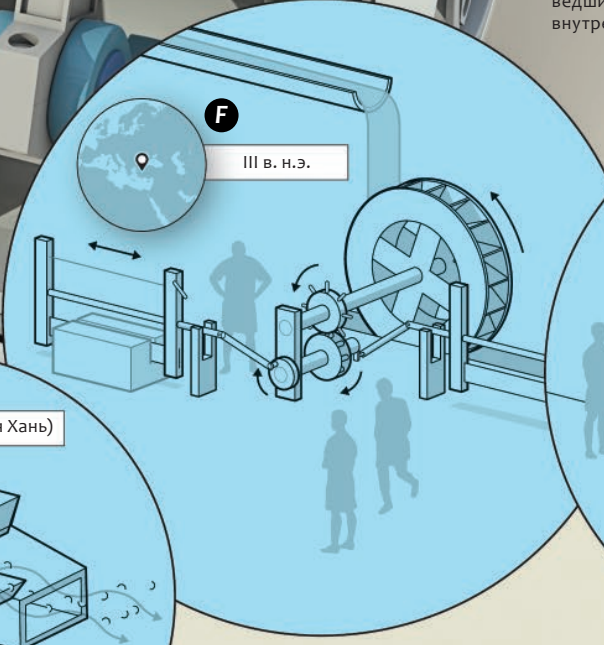
КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ (КРИВОШИП, ШАТУН)

Этот механизм преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала и колес. В первых паровых двигателях использовались только один большой цилиндр и один шатун, а в современных двигателях внутреннего сгорания объединяется мощность нескольких цилиндров, которые совместно вращают один коленчатый вал, состоящий из нескольких находящихся под углом друг к другу секций, как, например, рука или нога. История шатуна уходит на 2 тыс. лет в глубину веков к рукояткам веялок времен династии Хань, которые создавали «искусственный ветер» для отделения зерна от плевел (шелухи, соломки) **E**. В третьем столетии нашей эры в римской пирамиде из Иераполиса шатун впервые был использован для получения режущего движения **F**. В XIII в. механик-изобретатель, математик и астроном Исмаил Аль-Джазари сконструировал водяной насос с кривошипом и двумя цилиндрами **G**. Совершенствование кривошипно-шатунного механизма демонстрирует постепенное наращивание технических возможностей, приведших в середине XIX в. к созданию двигателя внутреннего сгорания.

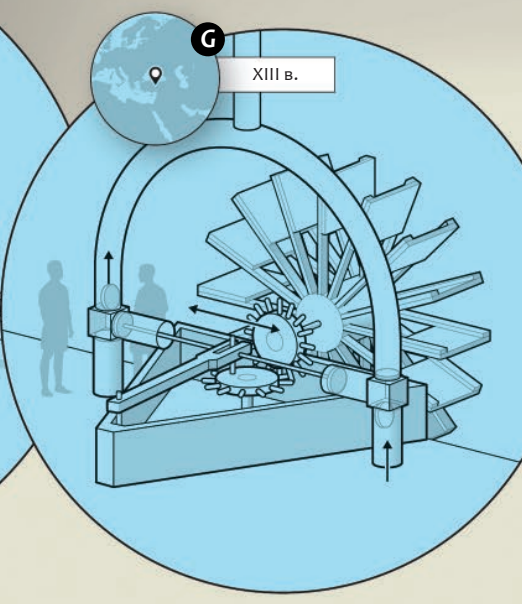
Коленчатый вал (кривошипный вал)



II в. до н.э. (династия Хань)



III в. н.э.



XIII в.



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ДВА ГЛАВНЫХ СВОЙСТВА, ПОРОДИВШИХ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

**У НАС
В ГОЛОВАХ**

Томас Саддендорф



очему мы, а не гориллы, устраиваем зоопарки? Другие приматы скрытно живут в сокращающихся местах обитания, а люди чрезвычайно интенсивно распространились и изменили окружающую среду. Наше доминирование, очевидно, обеспечивается не физическими возможностями: другие животные сильнее, быстрее, а их чувства острее. Все дело в наших умственных способностях. Однако определение тех когнитивных особенностей, которые выделяют нас среди остальных, оказалось чертовски сложной задачей. Проблема стала еще запутаннее, когда появилось множество новых исследований, в которых вроде бы показано, что разные животные, начиная от птиц и заканчивая шимпанзе, обладают многими человеческими способностями.

В качестве примера можно привести исследование, опубликованное в прошлом году в журнале *Science*, где смело утверждалось, что вороны могут планировать будущее, совсем как люди. Пять птиц научились брать камень и бросать его в коробку для получения подкрепления. В дальнейшем эти вороны выбирали камень среди других предметов за несколько минут или даже часов до того, как получали доступ к коробке. Оценивая данное достижение и результаты выполнения похожей задачи, где птицы меняли бутылочные крышечки на вознаграждение, исследователи заключили, что вороны обладают гибкой способностью «думать наперед», которая играет важнейшую роль в человеческом мышлении.

Выясняется, однако, что хотя между мышлением животных и человека много общего, есть и два важнейших отличия. Первое — это наша способность формировать внутренние сценарии, мысленно проигрывать разные возможные ситуации, и прогнозировать результаты. Второе — стремление обмениваться мыслями с другими людьми.

Благодаря этим двум свойствам наше мышление сильно изменилось и мы обрели возможность изменять мир.

Птичьи мозги

Давайте для начала чуть внимательнее рассмотрим эксперимент с воронами. Еще до того, как начались тесты, у птиц было несколько попыток, чтобы выучить, что целевой предмет, камень, позволяет получить подкрепление, а другие, посторонние предметы — нет. Поэтому на самом деле не было ничего удивительного в том, что когда началось тестирование, вороны выбирали то, что раньше уже подкреплялось.

Прежде чем делать выводы о «развитых» способностях животных, ученым надо тщательно исключить другие, более простые объяснения. Кроме этого необходимо, чтобы эксперимент состоял из нескольких независимых повторений. В моей лаборатории мы проводим исследования с участием детей, последовательно исключая возможность решения за счет простых механизмов, а не полноценного мышления. Мы используем

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

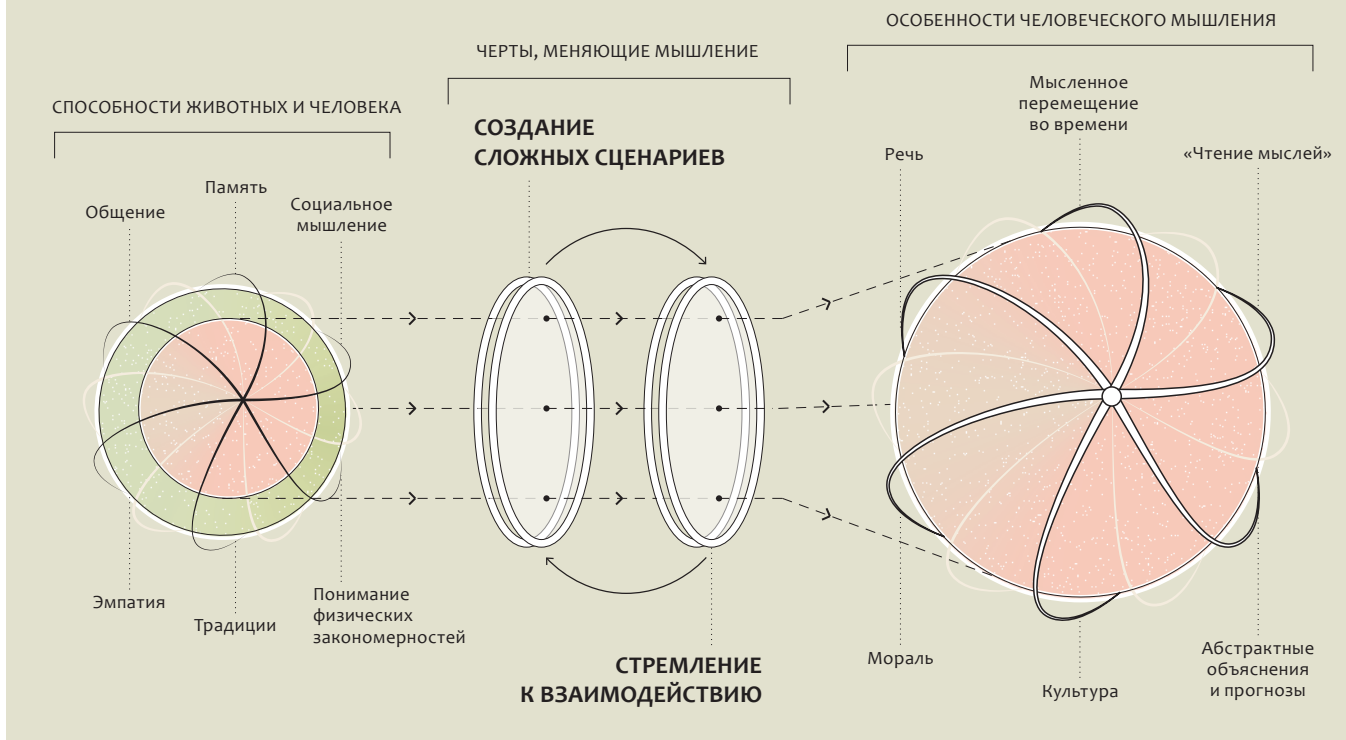
- Люди явно думают иначе, чем другие животные, но сложно провести эксперименты, которые выявят уникальность именно человеческого мышления.
- Однако исследователи нашли две отличительные человеческие черты: создание сложных сценариев и обмен мыслями с другими людьми.
- В совокупности эти свойства обеспечивают важнейшие человеческие способности, такие как речь, культура, мораль, прогнозирование и интуиция.

Две черты, меняющие мышление

Ученые обнаружили, что некоторые человеческие когнитивные способности встречаются и у других животных — например, общение, память, социальное мышление, понимание физических закономерностей, традиции и эмпатия. Но есть две уникальные человеческие черты, благодаря которым все эти способности превращаются в человеческое мышление, не такое, как

у других животных. Первая черта — создание сложных сценариев — позволяет нам воображать разные ситуации с разными возможными последствиями и встроить их в общее развитие событий. Вторая черта — стремление к взаимодействию, человеческая готовность обмениваться мыслями с другими людьми, позволяющая достичь того, что невозможно в оди-

ночку. Эти черты усиливают друг друга и изменяют наше мышление, благодаря чему появляются человеческая речь, способность мысленно перемещаться во времени, мораль, культура, «чтение мыслей» (или понимание намерений других людей) и способность формировать абстрактные объяснения окружающего мира и делиться ими.



однократное предъявление новой задачи, чтобы не допустить возможности обучения из-за повторения. Мы меняем временной и пространственный контекст, чтобы не навести ребенка таким способом на правильное решение, мы придумали задачи, где требуются различные навыки, чтобы врожденная предрасположенность не оказала значимого влияния на поведение.

Например, мы давали детям ящик-головоломку в одной комнате, а затем вводили их в другую, где предлагали разные задания, не связанные с ящиком. Через 15 минут им предоставлялась возможность выбрать один из нескольких новых предметов, чтобы взять его в первую комнату. Трехлетние дети выбирали случайным образом, а четырехлетние чаще предпочитали те предметы, которые помогли бы им позже решить первоначальную задачу. Мы использовали такой подход для оценки способности намеренно тренироваться, репетируя действия, чтобы в дальнейшем улучшить выполнение задачи.

(Подробнее — в статье «Развитая уникальность» на с. 82.) Например, в первой комнате дети получали подкрепление, если успешно ловили шарик на веревочке с помощью чашечки, а во второй комнате им давали возможность потренироваться в этом. Мы обнаружили, что только в возрасте четырех-пяти лет, но не раньше, дети могут намеренно формировать свои будущие способности, — во второй комнате они тренировали нужный навык.

Задания разрабатывались, чтобы проверить начальные способности к прогнозированию. Например, когда моему сыну было четыре года, мы дали ему вариант такой задачи и он успешно справился. Позже в тот же день, когда мы сидели с ним дома на кровати, он положил руку мне на колено и сказал: «Папа, я не хочу, чтобы ты умирал». Когда я спросил его, почему он об этом подумал, он ответил, что он вырастет, я стану дедушкой, а потом я умру. Он обладал хорошо развитой способностью прогнозировать будущее, из-за чего у него



ОБ АВТОРЕ

Томас Саддендорф (Thomas Suddendorf) — профессор психологии в Квинслендском университете в Австралии. Он изучает развитие умственных способностей у маленьких детей и человекообразных обезьян, чтобы найти ответы на важнейшие вопросы о механизмах и эволюции человеческого мышления.

возникли эти неприятные экзистенциальные размышления. Но наше исследование всего лишь показывало, что у него есть способность к мысленному прогнозированию, и позволяло исключить более простые объяснения.

В исследованиях способности к прогнозированию, проведенных на воронах и других животных, нет таких строгих критериев, и там не наблюдается преднамеренной тренировки. Означает ли это, что у животных вообще нет соответствующих возможностей? Пока рано так утверждать. Как говорится, отсутствие доказательств — не доказательство отсутствия. Выявить способность у животных сложно, но еще сложнее выявить отсутствие способности.

Рассмотрим следующее исследование, в котором я и мой коллега из Квинслендского университета Джон Редшоу (Jon Redshaw) попытались оценить одну из важнейших особенностей размышлений о будущем: понимание, что оно в значительной степени неопределенно. Когда осознаешь, что события могут разворачиваться по-разному, имеет смысл готовиться к различным возможностям и продумывать запасные варианты. Поэтому люди во время охоты ставят не одну ловушку, а несколько, чтобы перекрыть для добычи все возможные пути побега. Мы использовали простой способ проверки этой способности, показывая группе шимпанзе или орангутанов вертикальную трубку и бросая приманку в трубку сверху так, чтобы они могли поймать ее снизу. Мы сравнивали решение этой задачи обезьянами и детьми от двух до четырех лет. И те и другие прогнозировали, что подкрепление появится снизу трубки: они подставляли руку под трубку, чтобы поймать приманку.

Затем мы сделали события чуть менее предсказуемыми. Прямую трубку мы заменили на Y-образную, с двумя выходами. Готовясь ловить, обезьяны и двухлетние дети обычно держали ладонку только под одним из выходов и, соответственно, ловили подкрепление только в половине случаев. Но четырехлетние дети с самого начала эксперимента всегда закрывали руками оба выхода, продемонстрировав, таким

образом, способность предсказать как минимум два взаимоисключающих варианта развития событий. В возрасте между двумя и четырьмя годами мы наблюдали увеличение числа детей, способных планировать с учетом неопределенности. У обезьян мы такой способности не увидели.

Однако данный эксперимент не доказывает, что обезьяны и двухлетние дети не понимают, что будущее может развиваться по-разному. Как я уже отмечал, сложно доказать отсутствие способности. Животные могут быть недостаточно мотивированными, не понимать, что от них требуется, или не уметь скоординировано действовать двумя руками.

Для того чтобы точно доказать отсутствие способности, ученый должен протестировать всех животных во все времена с помощью какой-то простой задачи. Очевидно, что это невозможно. Все, что мы можем сделать, — это дать особям возможность продемонстрировать свои способности. Если у них систематически ничего не получается, мы можем чуть более уверенно предполагать, что они в принципе не способны это делать, но даже и тогда в дальнейшем может оказаться, что это не так. Из-за споров о простых и сложных интерпретациях поведения и невозможности определенно доказать полное отсутствие способности, сложно выяснить, что действительно отличает или не отличает человека от других животных.

Поиск различий

Сложно, но не невозможно. В моей книге «Разрыв: наука о том, что отличает нас от других животных» (*The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals*) я рассмотрел когнитивные способности, которые чаще всего считают чисто человеческими, и показал, что животные умнее, чем принято считать. Например, шимпанзе могут решать задачи за счет инсайта, утешать страдающих и поддерживать социальные традиции. Тем не менее существует кое-что совершенно особенное в человеческих речи, прогнозировании, мышлении, культуре, морали и способности представить себе мысли другого человека (обычно

мы называем это «влезть в чужую шкуру»). И во всех этих областях есть два основных свойства, которые неизменно определяют различия между человеком и другими животными. Первое — то, что я называю «создание сложных сценариев», это наша способность представлять себе разные варианты развития ситуации, обдумывать их и учитывать последствия. Второе — «готовность взаимодействовать», глубоко укоренившееся у нас желание и способность делиться своими размышлениями с другими, объединять мысленные усилия нескольких человек для создания чего-то, что не под силу сделать одному.

Создание сложных сценариев позволяет нам представить себе ситуации, в которых находятся другие люди, моральные дилеммы или полностью вымышленные истории. В сочетании со способностью к прогнозированию это помогает нам вообразить возможные будущие действия, обдумать, что можно сделать, и встроить это в единую картину событий. Таким образом, мы можем строить планы и подготовиться к возможностям и опасностям прежде, чем они возникнут.

Другие организмы, даже бактерии, приспособлены к долгосрочным закономерностям вроде смены дня и ночи и могут адаптироваться к конкретным условиям. Благодаря ассоциативному обучению животные могут предсказывать, что за определенным событием последует подкрепление или наказание. Однако люди способны мысленно развивать ситуации и представлять себе даже совершенно новые сценарии без каких-либо внешних сигналов, просто комбинируя и меняя местами базовые элементы — персонажей, действия и объекты, — и делать разумные выводы из таких мысленных упражнений. Простой пример: вы можете представить себе слепого, блуждающего по оживленной улице, и понять, что это опасно, даже если вы никогда не попадали в такую ситуацию. Создание сложных сценариев зависит от упорядоченного взаимодействия множества высокоуровневых способностей, таких как воображение, память, осмысление и принятие решений.

Представьте себе создание сложных сценариев как внутренний театр, который мы можем воплотить в жизнь. Как и в спектакле, создание сценария зависит от определенных компонентов, которые надо объединить. Здесь есть «сцена», чтобы представить события, которые на самом деле

сейчас не происходят. В этих событиях участвуют «актеры» и «обстановка»: люди и предметы, которые задействованы в сюжете. Мы выполняем функции «режиссера», оценивающего и управляющего происходящим, и «исполнительного продюсера», принимающего окончательное решение, какой путь выбрать. Эти компоненты обеспечиваются такими психическими способностями, как рабочая память, рекурсивное мышление и исполнительные функции, которые у человека развиваются в детстве не одновременно. В результате способность к прогнозированию постепенно формируется в процессе взросления. И даже во взрослом возрасте мы часто не можем правильно предсказать будущую ситуацию. Мы не ясновидящие.

Таким образом, поскольку только за счет создания сложных сценариев принимать решения рискованно, люди должны использовать и вторую свою особенность — обмен мыслями. Психолог Майкл Томаселло охарактеризовал данную способность как совместное намерение. (*Подробнее — в статье «Истоки морали» на с. 130.*) В конце концов, лучший способ узнать про будущее — спросить кого-то, кто там уже побывал, каково это.

Если вы действительно хотите выяснить, на что похож отпуск в Новой Зеландии или в чем заключается работа психолога, вы можете представлять себе любые сценарии, какие хотите, но лучше спросить кого-то, кто был в этой стране или работает психологом. Человеческая речь идеально подходит для обмена подобной информацией, как правило, мы говорим о событиях, которые происходят не сейчас. Поэтому мы можем учиться на основе опыта, размышлений и планов других людей. Мы задаем вопросы и даем советы, выстраивая при этом глубокие связи. Более того, мы можем целенаправленно менять будущее, координируя наши действия для достижения общих целей. Часто мы делаем это, комментируя стратегию партнера, наблюдая за процессом и направляя человека для следующего шага.

Если подумать, то большинство наших выдающихся способностей возникают благодаря коллективному мышлению. Вспомните, что все мы пользуемся орудиями и технологиями, изобретенными другими людьми. Многие животные используют орудия, и некоторые даже могут их делать, но чтобы они превратились в инновации, нужно понять, что в будущем орудие

пригодится снова. И тогда будет причина сохранить его, усовершенствовать и поделиться с остальными.

Мы можем наблюдать такую эволюцию у человеческих изобретений, предназначенных для все более эффективного причинения вреда на расстоянии. Вероятно, это была жизненно необходимая способность для наших предков, которые жили на одной территории с опасными саблезубыми кошками. Сначала наши предки, вероятно, бросали камни, чтобы прогнать хищников, но потом они вооружились копьями, изобрели устройство для метания копья, затем луки и стрелы. Однако новые изобретения будут полезны, только если их правильно использовать, для чего нужна целенаправленная тренировка. Сообщалось, что шимпанзе в Сенегале изготавливают примитивные копья и засовывают их в дупла деревьев, чтобы убить галаго. Но пока никто не наблюдал, чтобы они устраивали тренировки или метали копье. В отличие от людей они не могли бы извлечь пользы из изобретения копьеметалки. Вы можете смело дать им такое устройство, они не будут его использовать так, как используем мы.

Первым доказательствам целенаправленной тренировки больше миллиона лет. Каменные орудия, которые изготавливал человек прямоходящий (*Homo erectus*) 1,8 млн лет назад, уже свидетельствуют о развитой способности к прогнозированию, поскольку их переносили с места на место для многократного использования. Для изготовления орудий требуются обширные знания о камнях и о том, как с ними работать. В некоторых местах, таких как Олоргежайли в Кении, земля до сих пор усыпана оббитыми камнями. Возникал вопрос, почему наши предки продолжали изготавливать орудия, когда вокруг уже лежало много. Ответ заключается в том, что они, по-видимому, тренировались в создании таких орудий. Приобретая опыт, они могли бродить по равнинам, зная, что смогут сделать новое орудие, если старое сломается. Наши предки были вооружены и готовы перевооружиться.

Большинство видов животных можно разделить на тех, у кого узкая или широкая специализация. Но люди попадают сразу в обе категории: мы можем быстро приспособиться к местным требованиям и даже подготовиться к ним заранее, имея соответствующий опыт. Кроме того, благодаря кооперации и разделению труда, мы можем извлечь выгоду из взаимодополняющих

навыков и таким образом доминировать в самых разных местах обитания. Мы можем держать в наших зоопарках даже самых свирепых хищников, поскольку умеем предсказывать, что им нужно, что они могут и что не смогут сделать. До сих пор нет очевидных доказательств того, что другие виды способны к подобному мысленному путешествию во времени или обмену замыслами, чтобы спланировать побег из зоопарка следующим летом, когда условия будут наиболее подходящими.

Благодаря созданию сложных сценариев и готовности мыслить вместе наши предки в итоге породили цивилизации и технологии, изменившие облик Земли. Наука — это организованное использование нашего коллективного разума, и с ее помощью мы можем лучше понять наше место в природе. Мы можем использовать ее для все более точного моделирования будущего. Прогнозируя последствия своих действий, мы сталкиваемся с моральным выбором между разными вариантами. Мы можем прогнозировать последствия продолжающегося загрязнения или разрушения среды обитания животных, информировать об этом остальных и, как наглядно показывает Парижское соглашение по климату, координировать всеобщие усилия для достижения желаемых результатов.

Все это не повод для гордости. По сути, это призыв быть осторожными. На планете мы единственные существа с такими способностями. Как говорил дядя Бен своему племяннику супергерою Человеку-пауку, «с великой силой приходит великая ответственность».

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Таттерсолл И. Если бы у меня был молот // ВМН, № 11, 2014.
- The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals. Thomas Suddendorf. Basic Books, 2013.
- A Natural History of Human Thinking. Michael Tomasello. Harvard University Press, 2014.
- Flexible Planning in Ravens? Jonathan Redshaw, Alex H. Taylor and Thomas Suddendorf in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 21, No. 11, pages 821–822; November 2017.
- Prospection and Natural Selection. T. Suddendorf, A. Bulley and B. Miloyan in Current Opinion in Behavioral Sciences, Vol. 24, pages 26–31; December 2018.



НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ



телеканал Наука

Взрывать мозг -
это наша профессия



vk.com/tv_nauka



facebook.com/nauka20



youtube.com/c/naukatv



naukatv.ru

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



ПОЗНАНИЕ

12+



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ГОЛОВОЛОМКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ: ПОПЫТКА РЕШЕНИЯ

**САМАЯ ТРУДНАЯ
ПРОБЛЕМА**

Сьюзен Блэкмор

М

ожет ли быть так, что среди всех живых существ нашей планеты только мы обладаем настоящим сознанием? Действительно ли лангусты и львы, жуки и летучие мыши суть бессознательные существа, механически взаимодействующие с действительностью без какого-либо намека на осмысленный опыт? Так утверждал Аристотель, полагая, что человек наделен разумной душой, а животные — только необходимыми для выживания инстинктами. Средневековое христианство, открывшее для себя «великую цепь бытия», считало животных бездушными созданиями и ставило человека над ними как обладающего душой, и выше человека были только ангелы и бог. Французский философ XVII в. Рене Декарт настаивал на том, что поведение животных обусловлено исключительно работой рефлексов. Но чем больше мы узнаем о биологии живых существ, тем отчетливее понимаем, что с животными нас связывают не только анатомия, физиология и генетика, но и устройство механизмов зрения, слуха, памяти и выражения эмоций. Так все-таки неужели только нам одним присуще это уникальное «нечто» — удивительный внутренний мир субъективных переживаний?

Это очень сложный вопрос. Мы привыкли воспринимать собственное сознание как нечто само собой разумеющееся, а ведь оно по сей день остается загадкой для исследователей. Трудно даже дать определение, что такое сознание, и не остается ничего другого, как вспомнить знаменитый вопрос философа Томаса Нагеля, сформулированный им в 1974 г: «Что значит быть летучей мышью?» Нагель выбрал летучих мышей, потому что их жизнь совершенно непохожа на нашу. Можно лишь пытаться представить себе, на что это похоже —

спать вниз головой или ориентироваться в пространстве с помощью эхолокации, однако возможно ли это прочувствовать? В этом вся соль: если нет ничего, что можно определить как «бытие» летучей мышью, тогда у летучей мыши нет сознания. Если же «в этом что-то есть» для летучей мыши, значит у нее есть сознание. Так что же там есть? И есть ли?

У нас много общего с летучими мышами: у нас тоже есть уши, и несложно представить себе, будто вместо рук у нас крылья. А теперь попытайтесь вообразить себя

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Многочисленные наблюдения за физиологией и поведением показывают, что механизмы реагирования на болезненные и приносящие удовольствие раздражители у человека и многих других животных практически не различаются.
- Несмотря на это, ученые продолжают спорить о том, есть ли у животных сознание и способны ли они переживать боль.
- Ученые также никак не могут прийти к единому мнению относительно того, когда появилось сознание и было ли оно обусловлено эволюцией.
- На самом деле, почти каждая сторона вопроса сознания вызывает жаркие научные споры. Некоторые специалисты утверждают, что сознание можно измерить. Другие считают, что сознание — всего лишь иллюзия.

осьминогом: ваши конечности — это восемь гибких, цепких, чувствительных щупалец, которые извиваются во все стороны и хватают зазевавшихся рыб; у вас нет скелета, и вы можете протискиваться в самые узкие щели; всего треть ваших нейронов находится в главном мозге, а остальные распределены по нервным стволам ваших конечностей. Попробуйте вообразить: каково это — ощущать себя как целого осьминога или хотя бы только как его главный мозг, или как одно из его щупалец. Наука о сознании уже давно и без особого успеха пытается дать ответ на этот вопрос.

Еще хуже дело обстоит с так называемой трудной проблемой сознания. Как из объективной деятельности мозга получается субъективный опыт? Как из химических и электрических взаимодействий физических объектов — нейронов — возникают чувство боли, переживание насыщенного красного цвета, заходящего солнца, ощущение вкуса изысканного вина? В этом и заключается дуализм материи и сознания, вечный вопрос, как сознание возникает из материи — и возникает ли.

Поиски ответа на этот вопрос буквально раскололи научное сообщество пополам. Одна сторона — «команда В», получившая такое прозвище от философа Дэниела Деннета (Daniel C. Dennett) в жесточенном споре, — отчаянно бьется над «трудной проблемой сознания» и верит в возможность существования «философского зомби» — вымышленного существа, которое ничем не отличается от нас с вами кроме того, что не обладает сознанием. Если верить в зомби, нетрудно предположить, что животные, задействуя свои зрительные, слуховые, пищевые и брачные механизмы и навыки, делают все это в абсолютной «темноте» и не переживают никакого субъективного опыта. Если это действительно так, тогда сознание можно определить как некую особенную способность, развившуюся у человека то ли в ходе эволюции, то ли каким-либо иным путем, но в любом случае нам невероятно с ним повезло.



Что значит быть летучей мышью? Если есть такое ощущение, которое можно охарактеризовать как «бытие этим существом» (на фото — трехцветная ночница), значит такое существо имеет сознание.

Другая сторона — это «команда А», в которую входят ученые, отрицающие существование зомби и называющие «трудную проблему», по выражению философа Патриции Черчленд (Patricia Churchland), надумательством и попыткой намеренно затруднить понимание вопроса. По мнению этой группы ученых, сознание либо само по себе и есть активность физического тела и мозга, либо оно — неотъемлемая часть всего того, что есть общего между нами и животными. Следовательно, вопрос, как и откуда появилось «сознание как таковое и отдельное от всего» и в чем состоит его функция, не имеет смысла, потому что «сознание как таковое и отдельное от всего» не существует.

Ощущение боли

Почему это всех так занимает? Одна из причин — переживание осознания ощущения боли. Когда я случайно наступил на хвост своей кошке и она заверещала и выскочила из комнаты, я был уверен, что сделал ей больно. Однако не все так просто. Если на хвост кошке-роботу установить датчики давления с функцией звукового сигнала при нажатии, а потом наступить на этот хвост, кошка-робот закричит, но при этом мы точно будем знать, что ей не больно. Многие люди становятся вегетарианцами из-за жестокого обращения с животными на фермах, но можно ли утверждать, что все эти несчастные свиньи



ОБ АВТОРЕ

Сьюзен Блэкмор (Susan Blackmore) — психолог, приглашенный лектор в Плимутском университете, автор большого числа книг, самая известная из которых — «Машина мемов» (*The Meme Machine*, 2000).

и коровы на самом деле тоскуют о воле? Действительно ли бройлерные куры страдают в своих тесных клетках? Поведенческие эксперименты показали, что куры, которые очень любят копаться в мусоре, предпочтут клетку с мусором, если в нее будет легко забраться, но останутся равнодушны к такой клетке, если вход в нее будет загорожен плотным материалом. Тогда не все ли им равно? Лангусты издают ужасный крик, когда их живыми погружают в кипящий бульон, однако что если это всего лишь звук выходящего из-под их панциря воздуха?

Раненый, извлеченный из воды или лишенный клешни лобстер или краб вырабатывает гормоны стресса, похожие на кортизол и кортикостерон. Такая реакция служит физиологическим подтверждением того, что ему больно или неприятно. Еще более убедительным доказательством служит эксперимент с глубоководными креветками: если их поранить, они будут хромать и потирать раны, а если дать им человеческое обезболивающее, они немного успокоятся, прямо как мы с вами.

То же самое подтверждается в экспериментах с рыбами. Радужной форели в губы впрыснули уксусную кислоту. Рыба заметалась по аквариуму и начала тереться губами о стенки и о грунт. Когда ей дали морфий, рыба стала спокойнее. Данио-рерио предложили на выбор два аквариума: один с грунтом и растениями, другой пустой. Рыбки выбрали тот, что поинтереснее. Однако после того как им сделали укол кислоты, а обезболивающее поместили в пустой аквариум, рыбки поплыли туда, где было обезболивающее. Может, ощущение боли у рыбок не такое сложное либо в целом совсем не такое, как у нас, но эти эксперименты позволяют предположить, что рыбки все-таки чувствуют боль.

Несмотря на все эти наблюдения, некоторые ученые остаются непреклонными. Биолог из Австралии Брайан Кей (Brian Key) считает, что наблюдаемое поведение, похожее на состояние боли, — еще не повод верить, что рыба сознательно переживает какие-либо ощущения. В своей статье в общедоступном интернет-журнале «Что

чувствуют животные» (*Animal Sentience*) он пишет, что работа болевых раздражителей «не вызывает у рыбы никаких сознательных ощущений». По его утверждению, человеческое сознание функционирует посредством усиления и всесторонней интеграции сигналов, а у рыбы попросту нет нейронной архитектуры, которая послужила бы основой для сложных взаимодействий. Кей фактически отрицает любые поведенческие и физиологические доказательства, выведенные из анатомии живого существа, а это значит, что человек со своим внутренним миром уникален.

Такой разный мозг

Если эксперименты не помогают, вероятно, может помочь сравнение размеров мозга. Возможно ли, что сознание человека уникально, потому что у человека большой мозг? Британский фармаколог Сьюзен Гринфилд (Susan Greenfield) предполагает, что наличие сознания у живого существа прямо пропорционально размеру мозга. Получается, самым мощным сознанием, мощнее даже, чем у человека, обладают африканские слоны и бурые медведи, а доги и далматинцы более сознательны, чем пекинесы и шпицы? В это трудно поверить.

Куда более интересные выводы можно сделать, если сравнить организационные и функциональные характеристики мозга, которые, по мнению ряда ученых, выступают предпосылками для сознания. Почти у всех млекопитающих, а также у многих разных видов других животных, рыб, рептилий и насекомых, жизнь делится на сон и бодрствование либо подчиняется строгим циркадным ритмам активности и готовности к реагированию на раздражители. За эти состояния у млекопитающих отвечают особые зоны мозга, например нижняя часть мозгового ствола. Таким образом, можно предположить, что по крайней мере с точки зрения пребывания в состоянии бодрствования большинство животных имеют сознание. При этом сразу же возникает вопрос осознания, переживания соответствующего опыта: каково это — быть бодрствующим слизняком или активной ящерицей?

Ряд ученых, среди которых ныне покойный лауреат Нобелевской премии, нейробиолог и биофизик Фрэнсис Крик и современный британский нейробиолог Анил Сет (Anil Seth), утверждают, что человеческое сознание задействует широко разветвленные, высокоскоростные и низкоамплитудные взаимодействия между таламусом («сортировочной станцией», через которую в мозг поступает сенсорная информация) и корой (серым веществом на поверхности мозга). По мнению упомянутых исследователей, эти таламокортикальные контуры распределяют поступающую информацию по соответствующим зонам мозга, где она впоследствии и усваивается, и вот это и есть основа сознания. Если это действительно так, тогда наличие похожих структур у других живых существ должно свидетельствовать о наличии сознания. Однако есть много видов животных, у которых нет ни коры, ни таламокортикальных контуров, — например, те же лобстеры или креветки. Значит, необходимо искать более универсальные характеристики, а для этого нужна более конкретная теория сознания.

Согласно одной из наиболее распространенных теорий — теории глобального рабочего пространства (ГРП), предложенной американским нейробиологом Бернардом Баарсом (Bernard Baars), — человеческий мозг обрабатывает информацию в едином рабочем пространстве, которое функционирует как оперативная память. Информация, поступившая извне в это рабочее пространство, на ярко освещенную сцену театра сознания, передается оттуда в бессознательные области мозга. Сторонники этой теории утверждают, что именно этот процесс глобальной обработки и передачи информации и порождает сознание.

Но что же тогда делать с живыми существами, у которых нет мозга: морскими звездами, морскими ежами, медузами? Значит, у них абсолютно точно нет сознания? А как быть с животными, у которых мозг организован по другому принципу, нежели у человека: осьминогами и многими другими? Как мы уже убедились ранее, поведенческие эксперименты дают основания полагать, что сознание у них есть.

Автор другой теории сознания — математической теории интегрированной информации (ТИИ), нейробиолог Джулио Тонони (Giulio Tononi), вводит понятие Φ («фи») как количественную меру способности системы раскладывать поступающую информацию

на части и затем объединять их в единое целое. Различные вычисления с Φ позволяют предположить, что большой и сложный мозг, как у человека, имеет высокий показатель Φ , поскольку в таком мозге идет очень сложная, высокоорганизованная, задействующая все области мозга нейронная деятельность. Более просто устроенный мозг имеет более низкий показатель Φ , при этом допускаются любые организационные различия в устройстве мозга у разных видов животных. В отличие от теории глобального рабочего пространства теория интегрированной информации подразумевает, что сознание может существовать и в более простых формах, и у более просто организованных существ, а также у наделенных искусственным интеллектом машин с высоким показателем Φ .

Можно прийти к интересным выводам, если сравнивать не размеры мозга, а его организационные и функциональные характеристики, которые, по мнению ряда ученых, выступают предпосылками для сознания

И та и другая теории претендуют на право считаться единственно верной теорией сознания. Кажется, что они могут дать ответ на наш вопрос, однако как только речь заходит о сознании у животных, они вступают в абсолютное противоречие друг с другом.

Эволюция сознания

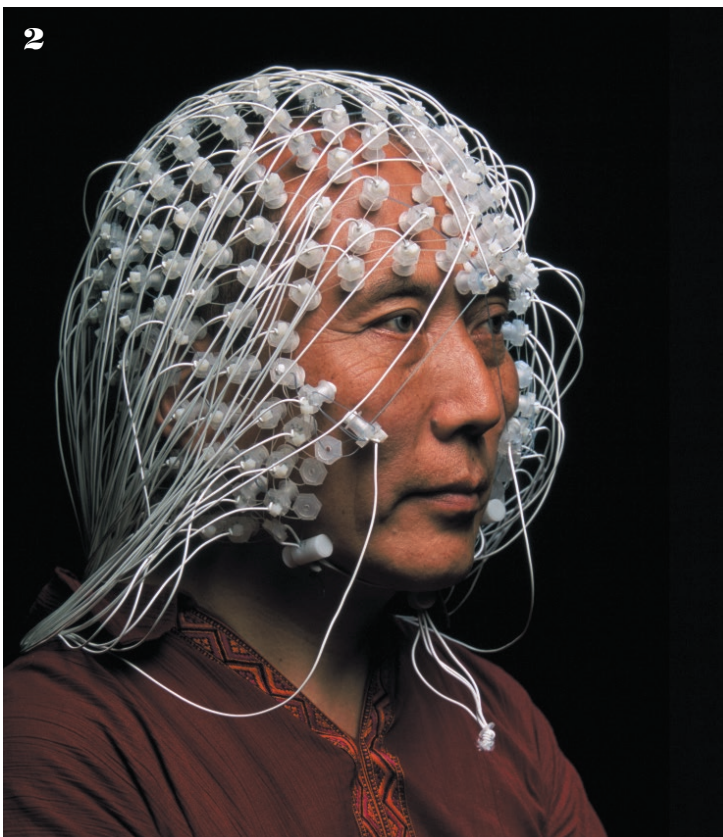
Противоречивые ответы дают не только две самые распространенные теории сознания, но и все наши поведенческие, физиологические и анатомические исследования. Так что же может помочь нам понять, как, почему и когда появилось сознание?

И снова мы у пропасти, разделяющей научное сообщество. «Команда В» считает, что у человека — существа, без сомнения, сознательного — сознание обязательно должно выполнять какую-то функцию: например, управлять поведением или защищать от хищников. При этом ее представители



затрудняются даже примерно назвать период, когда у человека появилось сознание: одни утверждают, что это произошло миллиарды лет назад, другие настаивают, что это случилось уже в исторический период.

Так, психиатр и невролог Тодд Файнберг (Todd Feinberg) и биолог Джон Моллэтт (Jon Mallatt) предлагают, причем, без убедительных доказательств, довольно туманную теорию сознания, согласно которой оно возникает из иерархически организованных и разрозненных нейронных структур и специфических видов мысленных об-



разов, которые, по утверждению этих ученых, обнаруживаются в мозге животных, умерших от 560 до 520 млн лет назад. Бернард Баарс, автор теории ГРП, считает, что сознание возникло тогда, когда появился мозг млекопитающего типа (*тип мозга, характерный для класса млекопитающих. — Примеч. пер.*). Британский археолог Стивен Митен (Steven Mithen) говорит о культурном взрыве, случившемся 60 тыс. лет назад, когда, по мнению ученого, разные навыки, существовавшие по отдельности в мозге человека, объединились — и появилось сознание. Психолог Джулиан Джейнс (Julian Jaynes) поддерживает Митена, но утверждает, что эта интеграция мозга произошла намного позже. Не обнаружив слов, относящихся к концепту сознания, в «Илиаде» Гомера, он делает вывод, что древние греки, в отличие от нас с вами сегодня, не осознавали собственных мыслей и принимали их за голоса богов. Таким образом, Джейнс приходит к выводу, что люди научились субъективному восприятию всего 3 тыс. лет назад.

Можно ли верить этим теориям? «Команда А» утверждает, что они все ошибочны, потому что у сознания не может быть ни специальных функций, ни самостоятельного происхождения, поскольку оно имеет совершенно иную природу. «Элимитивные материалисты» Патриция и Пол Черчленды убеждены, что сознание есть не что иное, как возбуждение нейронов, и что в один прекрасный день мы естественным образом придем к этому точно так же, как пришли к тому, что свет — это

Осьминог (1) в мюнхенском зоопарке Хеллабрунн открывает банку с лакомством. У осьминога только треть нейронов находятся в центральном мозге, а остальные нейроны равномерно распределены по щупальцам. Если у осьминога есть сознание, в какой части его тела оно базируется?

На голове у буддийского монаха (2) установлены датчики, которые считывают процессы, протекающие в его мозге. Но как из этих процессов рождается его особое внутреннее состояние, по-прежнему остается загадкой.

и есть электромагнитное излучение. ТИИ тоже отрицает самостоятельность сознания, поскольку любая система с достаточным высоким уровнем Φ не может не быть сознательной. Ни та ни другая теории тоже не помогают объяснить уникальную природу человеческого сознания. Однако есть еще кое-что.

Это широко известное и многими недопонятое предположение о том, что сознание — это иллюзия. Подобная точка зрения не ставит под сомнение существование субъективного восприятия, однако утверждает, что и сознание, и «я» человека — на самом деле не то, чем кажутся. Среди подобных теорий выделяется идея психолога Николаса Хамфри (Nicholas Humphrey) о том, что все происходящее у нас в голове — это «магическое театральное действо»: наш постоянно изменяющийся жизненный опыт служит мозгу канвой для создания вымышленной истории, которая убеждает нас в исключительной ценности нашего существования и тем самым служит задачам эволюции. Есть также теория «схемы внимания» нейробиолога Майкла Грациано (Michael Graziano), согласно которой мозг выстраивает упрощенные модели собственного состояния внимания. Если эту идею рассматривать через призму модели «я», получается, что мозг — и в принципе любая машина — способен приписывать себе сознательный опыт.

Наиболее известная иллюзионистская теория принадлежит Дэниелу Деннету и называется «теория многочисленных набросков». Деннет утверждает, что мозг — это суперсложная система, в которой одновременно протекает множество параллельных процессов обработки информации. Нет единой сцены, где сидит повелевающее миром «я», а есть многочисленные бесконечно видоизменяющиеся и переплетающиеся «черновики» мыслей и впечатлений, одновременно обрабатываемые мозгом. И ни один из этих процессов нельзя квалифицировать как сознательный или бессознательный до тех пор, пока это состояние системы не будет нарушено вмешательством, которое вызовет ответную реакцию. Только после этого можно говорить о том, что мысль или ощущение были сознательными. Следовательно, сознание — это свойство, определяемое постфактум. Отсюда, по мнению ученого, возникает меметика — теория мемов. (Мем — это единица информации (слово, история, способ решения задачи, традиция, стиль

поведения и т.п.), которая распространяется между индивидами во времени и пространстве.) Способность к подражанию позволяет человеку единственному среди живых существ перенимать, видоизменять мемы и производить их отбор, и благодаря этому появились язык и культура. В своей книге «Объясненное сознание» (*Consciousness Explained*) Деннет пишет, что «человеческое сознание само по себе — огромный мемокомплекс», а «я» — это всего лишь «великодушно предложенная носителю иллюзия».

Я называю эту иллюзию «себя», этот комплекс группирующихся вокруг «я» мемов «"я"-плексом» (*selfplex*). Эта иллюзия того, что человек есть могущественная «самость», обладающая сознанием и свободной волей, представляется не такой уж безобидной. Что если именно наша уникальная способность к языку, автобиографической памяти и ложное представление, что человек — это единое и неделимое «я», делают наше переживание боли таким особенным? Да, другие живые существа чувствуют боль, но только мы способны сделать еще хуже, вопрошая: «Сколько еще я должен терпеть? Будет ли еще хуже? Почему я? Почему сейчас?» В этом смысле наше состояние страдания беспрецедентно. Сторонникам иллюзионистского подхода, к каковым принадлежу и я, ответ на поставленный вопрос очевиден. Уникальность человеческого сознания заключается в том, что среди всех живых существ только человеку хватает ума для того, чтобы заниматься самообманом, воображая, будто существует сознательное «я». ■

Перевод: А.С. Григорьева

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Кох К. Что такое сознание? // ВМН, № 8–9, 2018.
- The Character of Consciousness. David J. Chalmers. Oxford University Press, 2010.
- Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts. Stanislas Dehaene. Viking, 2014.
- From Bacteria to Bach and Back: The Evolution of Minds. Daniel C. Dennett. W.W. Norton, 2017.
- Consciousness: An Introduction. Third edition. Susan Blackmore and Emily T. Troscianko. Routledge, 2018.



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ЧТО ДЕЛАЕТ ЯЗЫК ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КОММУНИКАЦИИ

**ГОВОРЕНИЕ
ВО ВРЕМЕНИ**

Кристин Кеннили



дельфины могут звать друг друга, при помощи щелчков и свиста рассказывать о своей жизни, об опасностях, исходящих от акул или людей. Мать может передать детенышу полезные «ноу-хау» — например, как ловить рыбу или спастись бегством. Если бы у них был язык (в том же смысле, в каком он есть у людей), они имели бы возможность не только обмениваться небольшими фрагментами информации, но и объединять их в обширную совокупность знаний о мире. Поколения сменяли бы поколения — и складывались бы комплексные практики и технологии, основанные на двух, трех или нескольких компонентах. У дельфинов была бы история, они могли бы узнавать об опыте и идеях других дельфинов, и любому индивиду был бы доступен языковой фрагмент, скажем, рассказ или стихотворение, авторства другого индивида, жившего сотни лет назад. При посредничестве языка этот дельфин был бы тронут мудростью другого дельфина, который в ином случае давно сгинул бы без следа.

Однако лишь люди способны совершить это захватывающее путешествие во времени — так же как только люди могут летать в космос или печь торты. У нас есть современные технологии, наука, культура и искусство, потому что у нас есть язык. И мы имеем возможность задаваться вопросом: почему язык уникален и присущ только человеку? Несмотря на огромное духовное наследство, которое мы получаем, начиная учиться говорить, мы пока еще не нашли достойного ответа на этот вопрос. Но группа ученых самых разных специальностей — лингвисты, генетики, исследователи человеческого мозга и поведения

животных — занялась им вплотную, и это значит, что мы стали намного ближе к настоящему пониманию, чем когда-либо прежде.

Вопрос без ответа

То, что наличие языка — уникальная человеческая особенность, предполагали уже давно. Но выяснение, почему дела обстоят именно так, было неким странным табу. В 1860-х гг. Парижское лингвистическое общество запретило дискуссии об эволюции языка, а Лондонское филологическое общество сделало то же самое в 1870-х гг. Возможно, таким образом пытались избежать

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Человеческой коммуникации присущи гораздо большие структурированность и сложность, чем жестам и звукам других животных.
- Однако ученым не удалось обнаружить физиологические, нейробиологические или генетические особенности, объясняющие уникальность человеческого языка.
- Представляется, что язык возник на основе целой совокупности способностей, и некоторые из них люди делят с другими животными.
- Сложность человеческого языка может быть обусловлена культурой, а именно повторяющейся передачей навыков речи из поколения в поколение.

псевдонаучных спекуляций, или же это был некий политический ход — в любом случае, ценой решения стала более чем столетняя нервность вокруг этой темы. Ноам Хомский, исключительно влиятельный лингвист из Массачусетского технологического института, на протяжении десятилетий демонстрировал подчеркнутую незаинтересованность языковой эволюцией, и его отношение возымело расхолаживающий эффект. В начале 1990-х гг., будучи старшей курсницей, я посещала лекции по лингвистике и спросила у лектора, как развивался язык. В ответ я услышала, что лингвисты не поднимают этот вопрос, потому что на него невозможно ответить.

К счастью, буквально несколько лет спустя представители разных научных дисциплин занялись проблемой вплотную. И в самом начале серьезных исследований в области эволюции языка обнаружился озадачивающий парадокс. Язык — феномен, явно и очевидно присущий только человеку. Он состоит из крайне сложных взаимосвязанных наборов правил, регламентирующих сочетания звуков, слов и предложений с конечной целью создания смыслов. Если бы у других животных существовала подобная знаковая система, мы скорее всего опознали бы ее как таковую. Проблема в том, что после достаточно длительного периода изысканий с применением широкого спектра методологических подходов мы не нашли ничего уникального в самих себе — ни в геноме, ни в мозге человека, — что могло бы объяснить наличие языка.

Нет, безусловно, мы выделили биологические особенности, которые свойственны только человеку и одновременно важны для языка. Например, люди — единственные приматы, имеющие сознательный контроль над гортанью. Это чревато для нас риском задохнуться, но это же позволяет нам артикулировать. Однако даже «оборудование», по всей видимости «разработанное» специально для нужд языка, не может полностью объяснить его невероятную сложность и неопределимую функциональность.

Чем дальше, тем больше начинает казаться, что парадокс кроется не в самом языке, а в том, как мы смотрим на него. Долгое время мы носились с идеей внезапной, взрывной трансформации, которая превратила простых обезьян в нас. Теория волшебной метаморфозы шла рука об руку с целым списком не менее радикальных



Алекс, знаменитый африканский серый попугай, мог распознать и назвать около 100 различных объектов, их цвет, текстуру и форму, а также выражать свои желания и намерения с помощью простых предложений, таких как «Хочу назад». Шимпанзе тоже можно научить пользоваться человеческим языком.

гипотез. Вот несколько примеров: язык — совершенно отдельный феномен, имеющий мало общего с другими видами психической деятельности; язык — эволюционная адаптация, которая кардинально изменила все; язык «зашифрован» в человеческой ДНК. Мы искали поворотное биологическое событие, которое около 50 тыс. лет назад привело к возникновению сложной языковой системы. Однако открытия генетики, когнитивистики и науки о мозге сегодня сошлись в другой точке. Похоже на то, что язык — не блестящая адаптация, он не закодирован в геноме человека и не представляет собой неизбежное следствие работы выдающегося человеческого мозга. Вместо этого язык вырастает из совокупности способностей, часть которых — очень древние и общие у людей с другими животными, и лишь несколько из которых — современного происхождения.



ОБ АВТОРЕ

Кристин Кеннили (Christine Kenneally) — отмеченная наградами научная журналистка, автор двух книг, последняя из которых — «Невидимая история человечества» (*The Invisible History of the Human Race*, 2014).

Беседы с животными

Исследователи животных были первыми, кто бросил вызов определению языка как исключительно человеческого атрибута. Как указала специалист по сравнительной психологии Хайди Лин (Heidi Lyn), единственный способ, которым мы можем достоверно определить, чем именно и конкретно уникален человеческий язык, — это изучить способности других животных. Любопытно, что почти каждый раз, когда ученые выдвигают предположение, что люди обладают неким умением, недоступным для животных, поскольку у людей есть язык, дальнейшие изыскания показывают, что отдельные животные все-таки могут делать некоторые из этих вещей, по крайней мере иногда.

Возьмем, например, жесты. Некоторые из них индивидуальны, но многие — общие для определенного языкового сообщества, а часто даже для всех людей. Понятно, что язык развивался как часть коммуникативной системы, в которой жест также играет свою роль. Однако шимпанзе тоже используют жестикуляцию в целях выражения смыслов. Майкл Томаселло (Michael Tomasello) из Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге и его коллеги показали, что все высшие приматы ждут, пока другая особь обратит на них внимание, прежде чем жестикулировать, и повторяют жесты, на которые не получили удовлетворяющего их ответа. Шимпанзе, чтобы привлечь внимание, шлепают по земле или хлопают в ладоши, и точно так же, как воинственно настроенный человек может погрозиť кулаком, они потрясают руками над головой (обычно перед нападением) в качестве предупреждения соперникам.

Тем не менее команда Томаселло обнаружила, что обезьяны с большим трудом понимают человеческие указывающие жесты, передающие информацию, например, о местоположении спрятанного предмета. Возможно, указание — или по крайней мере способность полностью его понимать — и есть поворотный момент в эволюции языка? Это заявление показалось абсурдным Лин, которая работала

с карликовыми шимпанзе (бонобо), живущими сейчас в научно-исследовательском центре «Инициатива по изучению и сохранению обезьян» (ACCI) в штате Айова. «Мои обезьяны всегда понимали, когда я указывала им на какие-либо предметы», — говорит она. Но когда она проводила эксперименты с шимпанзе в Национальном центре исследования приматов им. Роберта Йеркса при Университете Эмори, она была поражена тем, что тамошние обезьяны совершенно не понимали ее жесты. Тогда Лин вернулась к своим бонобо и повторила тесты. Все обезьяны прошли их успешно.

Исследовательница заключила, что разница между обезьянами, понимающими указательные жесты, и теми, которые их не понимают, не имеет ничего общего с биологией. Просто ее бонобо были обучены общаться с людьми, используя элементарные визуальные символы, а другие шимпанзе — нет.

То обстоятельство, что бонобо прошли обучение у людей, стало основанием для отрицания их способностей, как будто обезьяны были каким-то образом «испорчены». Языковые исследования, в которых участвовали попугаи, дельфины и другие животные, были признаны недействительными по той же причине. Однако Лин утверждает, что животные, наученные людьми, предоставляют ценные сведения. Если создания с иным мозгом и иным строением тела способны освоить некоторые коммуникативные навыки, схожие с человеческими, это обозначает, что язык неправомерно определять как нечто свойственное исключительно людям и изолированное от остального животного мира. Кроме того, несмотря на то что язык может быть связан с биологией, он не обязательно детерминирован ею. Так, в случае с бонобо решающее значение имела не биология, а культура.

Генетический код

Список черт, которые ранее считались не имеющей аналогов принадлежностью человеческого языка, достаточно обширен. Он включает элементы языка, такие как слова. Однако карликовые зеленые мартышки (верветки) используют похожие

на слова сигналы тревоги для того, чтобы сообщить об определенной разновидности опасности. Еще один ключевой аспект — структура. Поскольку мы располагаем синтаксисом, мы можем порождать бесконечное количество новых предложений и значений, а также понимать предложения, которые прежде никогда не слышали. Но песням зебровых амадин присуща сложная структура, дельфины способны осознавать различия в порядке слов, и даже некоторые дикие обезьяны, судя по всему, могут варьировать свои крики. Далее в списке следуют типы когнитивной деятельности, такие как моделирование психического состояния человека (*theory of mind*) — способность делать выводы о переживаниях другого. Однако дельфины и шимпанзе отлично угадывают, чего хочет собеседник. И даже якобы уникальное умение мыслить о числах мы делим с другими представителями живой природы: пчелы могут понять идею нуля, они же и макаки-резусы умеют считать до четырех, а большие бакланы, используемые как помощники при ловле рыбы в Китае, по сообщениям, считают до семи.

Список включает в себя и гены. Знаменитый *FOXP2*, некогда названный геном речи, — это действительно влияющий на язык ген (мутация в нем нарушает артикуляцию), но он играет и другие роли. Не существует простого способа выделить различные воздействия. Гены принципиальны для понимания того, как развивался язык, говорит Саймон Фишер (Simon Fisher), генетик из Института психолингвистики Общества Макса Планка в Неймегене, но «мы должны думать о том, что делают гены». Если описывать вероятно сложный процесс вкратце, то гены кодируют белки, которые затем влияют на клетки, которые могут быть клетками мозга, формирующими нейронные цепочки, которые отвечают за поведение. «Вполне возможно, что существует сеть генов, важных для синтаксиса или речепорождения, — объясняет Фишер, — но не может быть единственного гена, который волшебным образом кодирует целый набор способностей».

Список более не уникальных для человека черт содержит и механизмы работы мозга. Мы узнали, что нейронные цепи могут

использоваться в разных целях. Так, одно из недавних исследований показало, что некоторые цепочки, лежащие в основе изучения языка, могут также отвечать и за запоминание списков или приобретение сложных навыков, таких как вождение автомобиля. Вполне очевидно, что варианты этих нейронных цепочек у животных обслуживают решение сходных проблем — например, в случае крыс, ориентирование в лабиринте.

Майкл Арбиб (Michael Arbib), специалист по когнитивной нейробиологии из Калифорнийского университета в Сан-Диего, отмечает, что люди создали «материальный и духовный мир постоянно возрастающей сложности» — и тем не менее, рождается ли ребенок в мире паровых машин или в мире айфонов, он равно способен освоить окру-

Уникальное умение мыслить о числах мы делим с другими представителями живой природы: пчелы могут понять идею нуля, они же и макаки-резусы умеют считать до четырех, а большие бакланы, используемые как помощники при ловле рыбы в Китае, по сообщениям, считают до семи

жающую реальность без изменений в его биологии. «Насколько нам известно, — говорит Арбиб, — единственная разновидность мозга на Земле, которой такое доступно, — это мозг человека». Однако он подчеркивает, что мозг — лишь одна из составляющих сложной системы тела: «Если бы у дельфинов были руки, возможно, они бы изменили эту реальность».

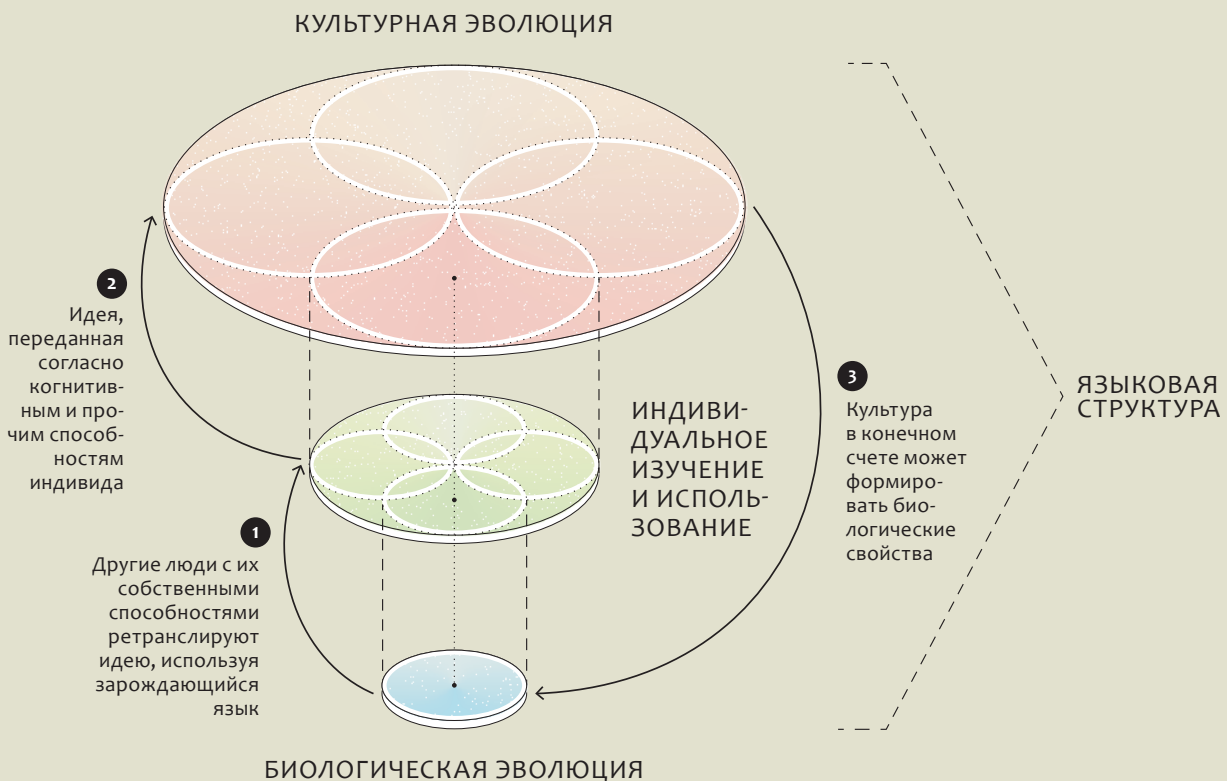
Осмысление человеческой реальности требует не просто одного мозга, но группы мозгов, взаимодействующих как часть социума. Арбиб называет такой подход *EvoDevoSocio*. Биологическая эволюция (*Evo*) влияет на развитие (*Devo*, от англ. *development*) и обучение индивидов, а индивидуальное обучение определяет развитие культуры; обучение, в свою очередь, может быть обусловлено культурой. Чтобы понять феномен языка, человеческий мозг необходимо рассматривать как часть этих систем. Эволюция языка была поликаузальной, говорит Арбиб, и все произошло не одновременно, но заняло очень много времени.

Эволюция языка

Языки имеют сложную структуру, которая делает возможным для их носителей угадать, что может обозначать словосочетание «синий жираф», даже если они никогда прежде не сталкивались с такой комбинацией слов. Масштабные исследования Саймона Кирби из Эдинбургского университета и других лингвистов показывают, что языковая структура развивается вследствие многократного использования слов для выражения смыслов на протяжении жизни многих поколений. В циклическом процессе, повторяющемся бесчисленное количество раз, говорящий,

или агент, передает некий концепт другим **1** посредством какого-либо набора слов, которым он на данный момент владеет. Способность передать идею зависит от когнитивных способностей, унаследованных от родителей. Получатели этой информации понимают ее настолько, насколько могут, и в свою очередь ретранслируют другим членам сообщества **2** вместе с принесенными ими модификациями. Эти изменения накапливаются в культуре от поколения к поколению. Тот, кто может лучше освоить формирующийся дискурс сообщества, как

предполагается, имеет больше шансов передать свои гены. Поэтому со временем накопленные культурные улучшения способны повлиять на биологические свойства **3**. Удивительно, но из этого хаоса в конце концов рождается порядок, когда говорящие, каждый из которых старается выучить язык так хорошо, как только возможно, сходятся на едином структурированном варианте языка, который одновременно и поддается изучению, и хорошо приспособлен для передачи информации. Итак, язык во всей своей сложности рождается из культуры.



Культурная революция

Культура играет важную роль и с точки зрения Саймона Кирби (Simon Kirby), специалиста по когнитивистике, возглавляющего Центр языковой эволюции при Эдинбургском университете. Кирби показала очень привлекательной идея, что язык — это не только нечто, передающееся из поколения в поколение учеников. Какое влияние может оказать повторяющийся акт обучения на сам язык?

Кирби решил провести эксперимент, изобретя совершенно новый метод изучения языкового развития. Вместо того чтобы наблюдать за животными или людьми, он создал цифровые модели говорящих,

назвав их «агенты», и предложил им беспорядочные, случайные языковые фрагменты. Обладающие искусственным интеллектом агенты должны были обучаться языку у других агентов, а потом учить языку следующих агентов. Затем Кирби сопоставил язык поколений учителей и учеников, чтобы узнать, как он изменился. Он сравнил эту задачу с игрой в испорченный телефон, когда сообщение передается от одного участника к другому, так что финальный текст часто разительно отличается от исходного.

Кирби обнаружил, что его цифровые агенты были склонны выдавать информацию в более структурированном виде, чем та, что была ими получена. Хотя

фрагменты текста, которые он предлагал им, были случайными, иногда, тоже по воле случая, некоторые сочетания оказывались более-менее упорядоченными. Агенты улавливали эту закономерность и старались организовать информацию согласно ей. «Если можно так выразиться, ученикам примерещилась структура в по-

Несмотря на то что проблематика языковой эволюции стала полноценной научной темой, исследователи пока не смогли дать однозначного объяснения возникновению и развитию языка. Язык — пожалуй, самая уникальная биологическая черта на всей нашей планете. Однако он гораздо более сложен, чем кто бы то ни было мог предполагать

лученных ими материалах», — комментирует Кирби. Увидев упорядоченность там, где ее не было, агенты затем выдавали более структурированный текст. Кирби отмечает, что, хотя изменения могли быть крайне незначительными, со сменой поколений наблюдался эффект снежного кома. Причем язык агентов со временем не просто становился все более и более организованным; самым захватывающим было то, что тип структуры, который оформлялся в этом процессе, выглядел как упрощенная версия того, что происходит в естественных человеческих языках. Впоследствии Кирби экспериментировал с целым набором различных моделей, предоставляя им самые разные данные, и пришел к выводу, что

«кумулятивное нарастание лингвистической структуры, похоже, происходит всегда, независимо от того, как именно построены модели». Это был своеобразный плавающий котел повторяющегося обучения, в котором создавался сам язык.

Теперь Кирби воспроизводит свои цифровые эксперименты в реальной жизни, с людьми и даже животными, предлагая им повторять то, что они выучили, — и вновь убеждается в том, что структура действительно нарабатывается таким способом. Одно из наиболее знаменательных следствий этого открытия заключается в том, как оно помогает понять, почему мы не можем объяснить язык одним-единственным геном, мутацией или нейронной цепочкой: язык — не в них. Похоже на то, что он возникает из комбинации биологических свойств, индивидуального обучения и передачи от одного индивида другому. Эти три системы работают на совершенно разных временных шкалах, но когда они пересекаются и сцепляются, происходит нечто экстраординарное: рождается язык.

Пусть за то короткое время, что прошло с момента, когда проблематика языковой эволюции наконец стала полноценной научной темой, исследователи еще не обрели святой Грааль — однозначное объяснение возникновения и развития языка. Однако их работа показывает, что, возможно, этот вопрос поставлен не совсем корректно. Язык — пожалуй, самая уникальная биологическая черта на всей нашей планете. Однако он гораздо более сложен, динамичен и неоднозначен, чем кто бы то ни было мог предполагать. ■

Перевод: М.А. Янушкевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Ибботсон П., Томаселло М. Язык в новом ключе // ВМН, № 3, 2017.
- The First Word: The Search for the Origins of Language. Christine Kenneally. Viking, 2007.
- How the Brain Got Language: The Mirror System Hypothesis. Michael A. Arbib. Oxford University Press, 2012.
- Culture and Biology in the Origins of Linguistic Structure. Simon Kirby in Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 24, No. 1, pages 118–137; February 2017.
- The Question of Capacity: Why Enculturated and Trained Animals Have Much to Tell Us about the Evolution of Language. Heidi Lyn in Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 24, No. 1, pages 85–90; February 2017.

РАЗЛИЧАЮТСЯ ЛИ НАШИ НЕРВНЫЕ СВЯЗИ?

В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ЗНАЧИТЕЛЬНО
УВЕЛИЧИЛИСЬ ОБЛАСТИ МОЗГА, СВЯЗАННЫЕ
С РЕЧЬЮ И МЫШЛЕНИЕМ

Чет Шервуд

Человеческий мозг исключительно крупный. У современного человека он примерно в три раза больше, чем у наших древних предков и современных человекообразных родственников. У животных размер мозга хорошо коррелирует с размером тела. Но человеческий мозг сильно отклоняется от этого правила. Его средний вес — 1,5 кг, что составляет примерно 2% от веса тела. Но из-за высокого уровня электрической активности нейронов и потребности в топливе для передачи химических сигналов от одной нервной клетки к другой он потребляет 20% всей получаемой организмом энергии.

При детальном сравнении человеческого мозга с мозгом таких наших ближайших ныне живущих родственников, как шимпанзе, видно, что у нас особенно сильно увеличились те области коры больших полушарий, которые участвуют в высокоуровневых когнитивных процессах, таких как творчество и абстрактное мышление. Эти области, называемые ассоциативными зонами, созревают в процессе постнатального развития относительно поздно. Некоторые длинные нейронные связи, соединяющие ассоциативные зоны друг с другом или с мозжечком (который задействован в произвольных движениях и обучении новым навыкам), в мозге человека более многочисленны, чем в мозге других обезьян. Эти развитые у человека связи обеспечивают речь, изготовление орудий и подражание. Даже стриатум — древняя подкорковая система подкрепления, регулирующая содержание нейромедиатора дофамина, — по видимому, изменилась в процессе эволюции человека. Такие изменения, скорее всего, усиливают внимание к социальным сигналам и облегчают обучение языку.

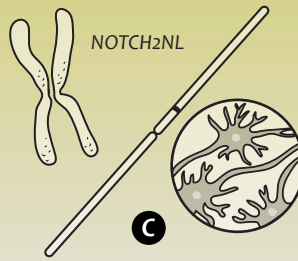
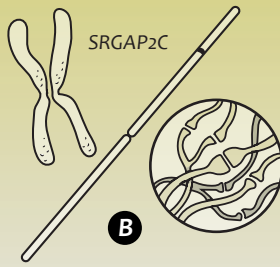
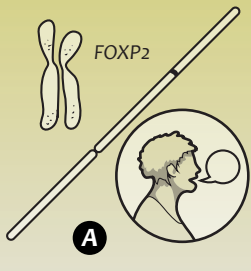
Откуда взялся наш большой мозг? Ископаемые останки свидетельствуют об общей тенденции увеличения объема черепной коробки на протяжении примерно последних 6 млн лет. Именно тогда мы отделились от нашего последнего общего предка с шимпанзе и бонобо. Ученые считают, что с размером нашего мозга связаны такие особенности человеческой биологии, как замедленный рост на всем протяжении детства, повышенная продолжительность жизни, участие отцов, бабушек и дедушек в воспитании потомства. Длительный рост мозга после рождения означает, что на мышление сильно влияют социальные и экологические факторы.

Исследования, выявляющие молекулярные и генетические изменения, произошедшие в процессе длительной эволюции мозга, предоставляют нам дополнительную информацию о наших отличиях от шимпанзе и других умных видов животных. Рассмотрим некоторые отличительные особенности человеческого мозга.



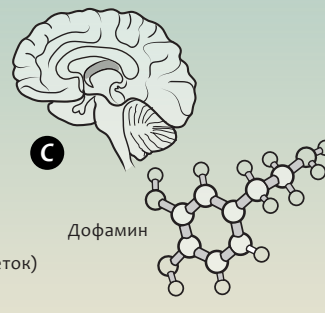
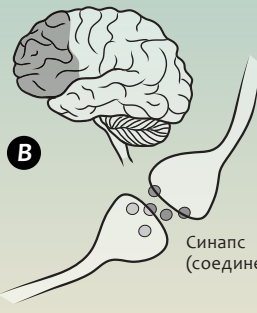
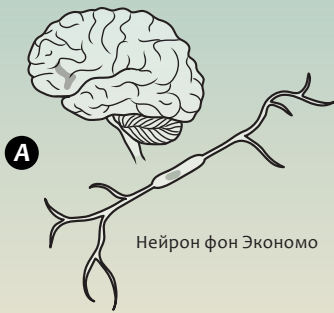
ОБ АВТОРЕ

Чет Шервуд (Chet Sherwood) — профессор антропологии в Университете Джорджа Вашингтона, занимается эволюцией мозга приматов и других млекопитающих.



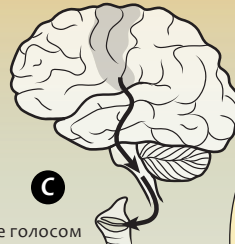
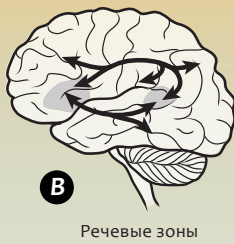
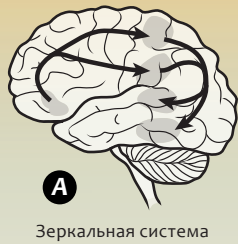
ГЕНЫ

Вариант гена FOXP2, найденный у людей, играет роль в освоении речи **A**. Ген SRGAP2C, возникший благодаря удвоению SRGAP2, встречается только у человека, он увеличивает плотность нейронных связей **B**. Человеческая версия гена NOTCH, известная как NOTCH2NL, представляет собой три копии гена и участвует в формировании нейронов **C**.



КЛЕТКИ

По сравнению с другими видами, у людей крупные нейроны фон Экономо, играющие важнейшую роль в социо-эмоциональных нервных цепях **A**. РНК, передающая клетке указание делать белки, у человека в синапсах префронтальной коры (серая область) более активна, чем у других приматов **B**. В стриатуме клетки вырабатывают больше нейромедиатора дофамина, который участвует в различных когнитивных процессах **C**.

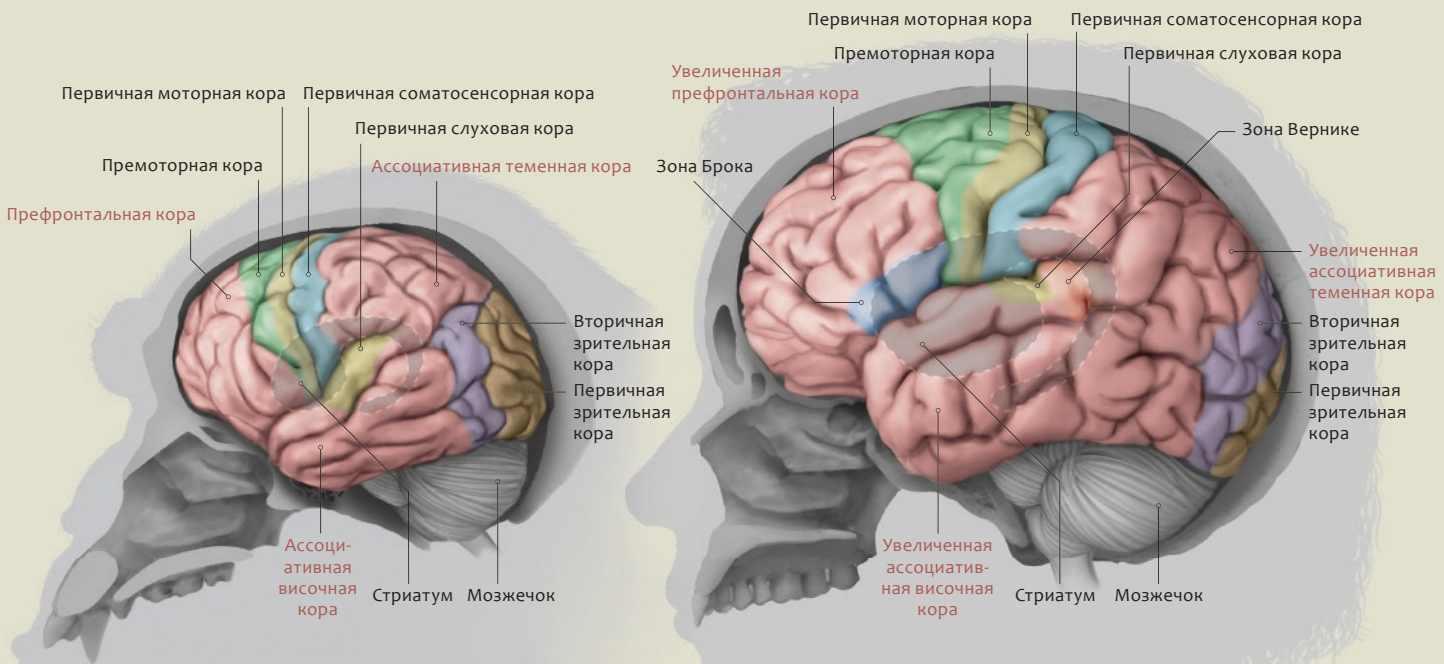


НЕРВНЫЕ СВЯЗИ

Система зеркальных нейронов, активирующаяся при наблюдении за действиями других людей, особенно сложно устроена у человека **A**. Расширенные связи между двумя областями — зонами Брока и Вернике — образуют систему, необходимую для обработки речевой информации **B**. Нервный путь, идущий от моторной коры в ствол мозга, управляет мышцами гортани, у шимпанзе и макака этих связей нет **C**.

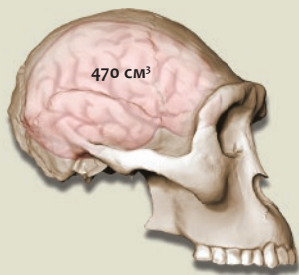
УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ МОЗГА

У человека по сравнению с шимпанзе непропорционально сильно увеличивались области мозга, отвечающие за высшие когнитивные функции. Это касается префронтальной, ассоциативной височной и ассоциативной теменной коры.



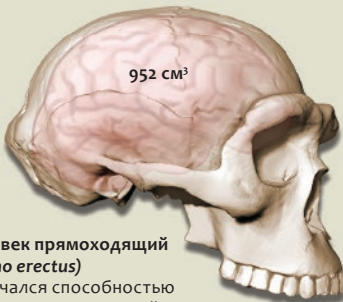
МЫ ЗДЕСЬ БЛАГОДАРЯ БОЛЬШОМУ МОЗГУ

Последний общий предок человека, шимпанзе и бонобо жил 6–8 млн лет назад. После того как эти две линии разделились, предки человека в процессе эволюции приобрели несколько адаптаций: хождение на двух ногах, изготовление каменных орудий и, главное, увеличение размера мозга — этот процесс со временем происходил все интенсивнее.



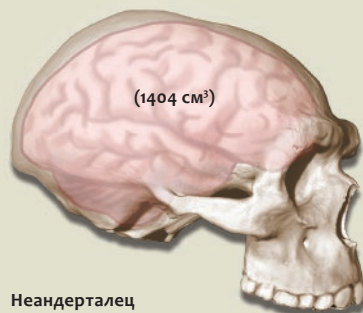
Австралопитек африканский (*Australopithecus africanus*)
Объединял в себе черты человека и других обезьян. Его объем мозга (470 см³) сопоставим с мозгом шимпанзе.

3,3–2,1 млн лет назад



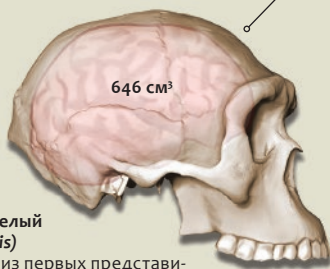
Человек прямоходящий (*Homo erectus*)
Отличался способностью к изготовлению орудий, делал рубила и расширял среду обитания, выходя из Африки.

1,9 млн — 143 тыс. лет назад



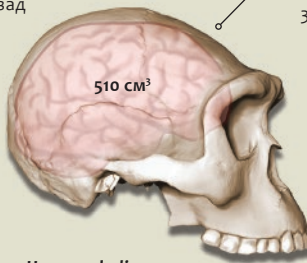
Неандерталец
Жил одновременно с нашим видом, был заядлым охотником, использовал орудия и огонь. Его объем мозга (1404 см³) сопоставим с нашим.

400–40 тыс. лет назад



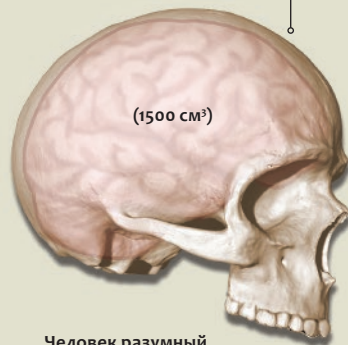
Человек умелый (*Homo habilis*)
Стал одним из первых представителей рода *Homo*. По сравнению с предками у него уменьшился лицевой отдел черепа и увеличилась лобная доля, связанные с речью.

2,1–1,6 млн лет назад



Homo naledi
Был одним из недавних представителей человеческой ветви, его пример показывает, что эволюция не всегда идет прямым путем. Его маленькая черепная коробка была объемом 510 см³.

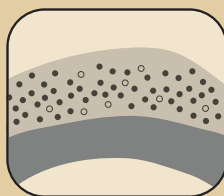
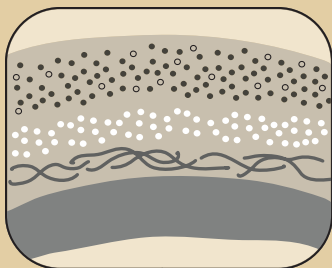
300 тыс. лет назад — по настоящее время



Человек разумный (*Homo sapiens*)
Появился около 300 тыс. лет назад. Наш мозг имеет шарообразную форму из-за округлости теменной области и мозжечка.

МИНИАТЮРНЫЕ МОЗГИ

Если поместить стволовые клетки в емкость в лаборатории и снабдить их питательными веществами, можно вырастить миниатюрный мозг. Эти так называемые мозговые органоиды сформированы корой человека или обезьяны (показан срез). Подобная замечательная методика позволяет сравнивать активность генов и развитие нервных связей в органоидах и в настоящих мозгах людей, нечеловекообразных обезьян и других видов животных, чтобы составить более четкое представление о причинах нашей уникальности.



КАК РАСТУТ НАШИ МОЗГИ

По сравнению с другими приматами у человеческих младенцев мозги недоразвиты, они интенсивно растут в первый год жизни, затем их рост постепенно замедляется, и в итоге объем мозга получается примерно в три раза больше, чем у шимпанзе.

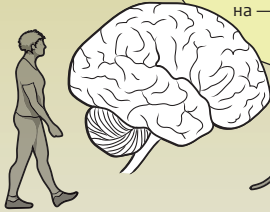
SOURCES: "Developmental Patterns of Chimpanzee Cerebral Tissues Provide Important Clues for Understanding the Remarkable Enlargement of the Human Brain," by T. Sakai et al., in *Proceedings of the Royal Society B*, Vol. 270; February 22, 2013 (brain area expansion); "Mammalian Brains Are Made of These: A Dataset of the Numbers and Densities of Neuronal and Nonneuronal Cells in the Brain of Glires, Primates, Scandentia, Eulipotyphlans, Afrotherians and Artiodactyls, and Their Relationship with Body Mass," by S. Herculano-Houzel et al., in *Brain, Behavior and Evolution*, Vol. 86, Nos. 3–4; December 2015 (human and macaque neuron numbers); "Dogs Have the Most Neurons, though Not the Largest Brain: Trade-Off between Body Mass and Number of Neurons in the Cerebral Cortex of Large Carnivorous Species," by D. Jardim-Messeder et al., in *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol. 11, Article No. 118; December 2017 (cat neuron number); "Quantitative Relationships in Delphinid Neocortex," by H. S. Mortensen et al., in *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol. 8, Article No. 132; November 2014 (pilot whale neuron number); "Cortical Cell and Neuron Density Estimates in One Chimpanzee Hemisphere," by C. E. Collins et al., in *PNAS*, Vol. 113, No. 3; January 19, 2016 (chimpanzee neuron number); "Human Evolutionary History," by E. K. Boyle and B. Wood, in *Evolution of Nervous Systems*. Second edition. Edited by J. H. Kaas. Academic Press, 2017 (hominin evolution); Smithsonian National Museum of Natural History <http://humanorigins.si.edu> (hominin species time line)

РАЗМЕРЫ МОЗГА И ТЕЛА

У людей мозг значительно больше по сравнению с тем, чего можно было бы ожидать для их массы тела. Индекс энцефализации (ИЭ) считается равным 1, если соотношение массы мозга и тела соответствует ожидаемому. У человека ИЭ составляет 7–8, у круглоголового кита — 2–3, у слона — 1–2, у макак — 2, у кошек — 1.



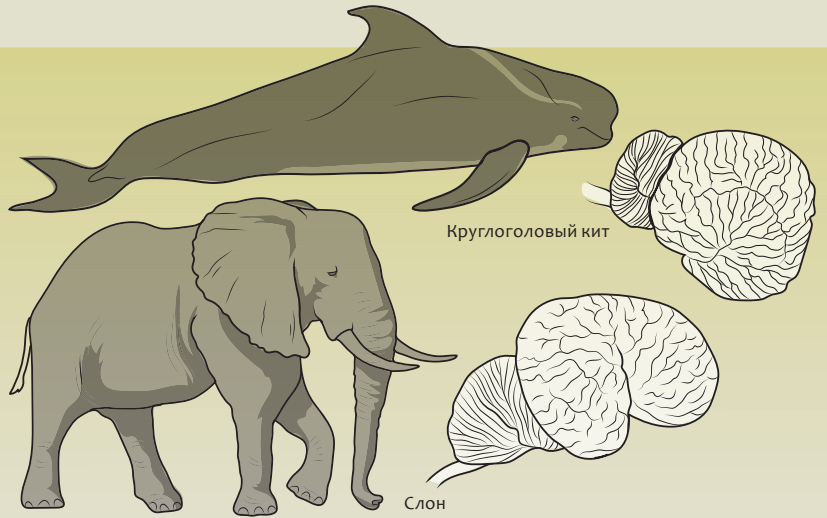
Кошка



Человек



Макака



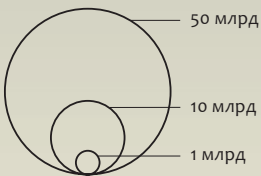
Круглоголовый кит

Слон

ЧИСЛО НЕЙРОНОВ

Важный способ оценки мощности мозга животного — количество и расположение нейронов. У людей в коре больших полушарий 16 млрд нейронов; это больше, чем почти у всех остальных млекопитающих, хотя у круглоголового кита их еще больше.

Площадь круга показывает количество нейронов



Слон

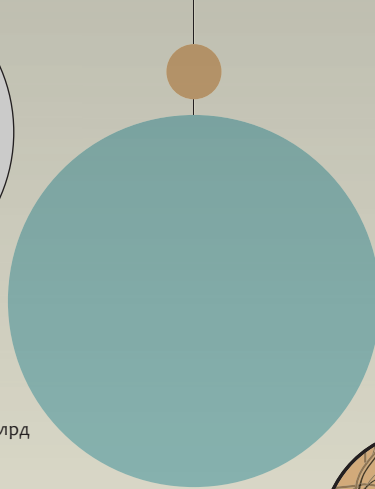
Круглоголовый кит

Человек

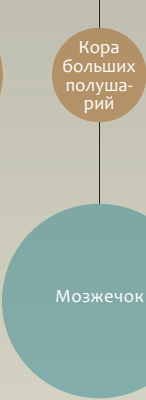
Шимпанзе

Макака

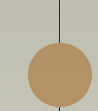
Кошка



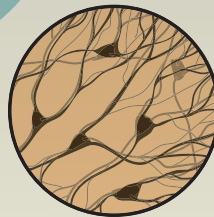
Число нейронов в мозжечке неизвестно



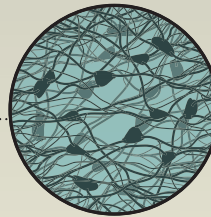
Мозжечок



Число нейронов в мозжечке неизвестно



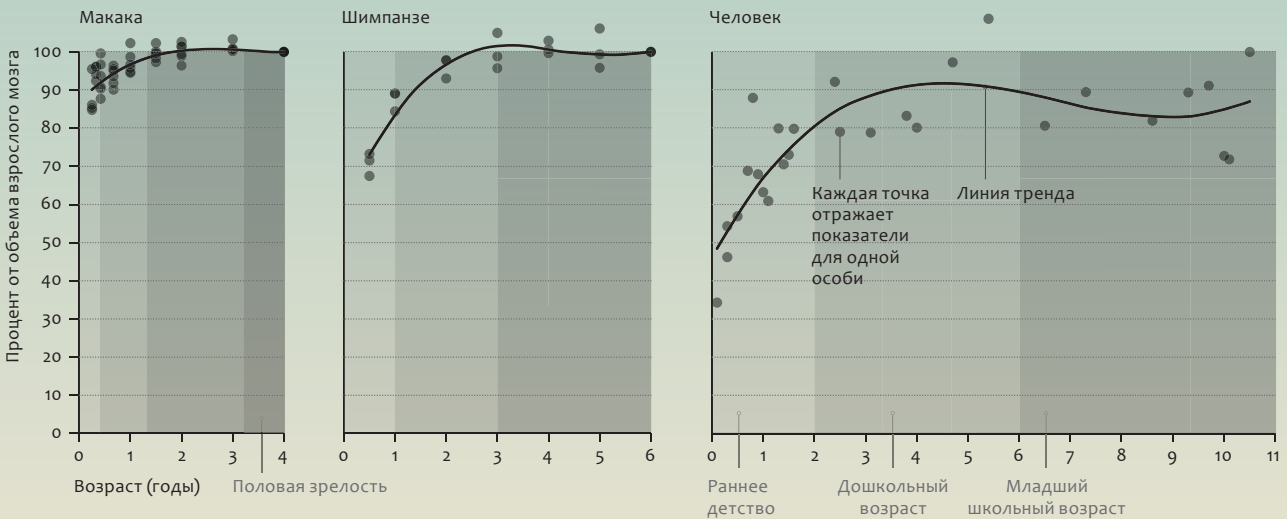
Кора больших полушарий



Мозжечок

ПЛОТНОСТЬ КЛЕТОК МОЗГА

У людей кора больших полушарий составляет 82% от массы всего мозга, но там содержится всего 19% от общего числа нейронов, тогда как в мозжечке — примерно 80% нейронов, хотя он составляет всего 10% от массы мозга.



ЧАСТЬ II

Мы
и они

ПОЧЕМУ ТОЛЬКО ОДИН НОМО *SAPIENS* ДОЖИЛ ДО СОВРЕМЕННОЙ ЭПОХИ?

ПОСЛЕДНИЙ ИЗ ГОМИНИНОВ

Кейт Вонг





а заре существования *Homo sapiens* наши предки оказались в мире, который нам показался бы сюрреалистическим. И дело не столько в том, что тогда были другой климат, другой уровень моря, другие растения и животные, в то время жили и другие виды людей. На самом деле, большую часть времени, что существует *H. sapiens*, на Земле обитало множество видов человека. В Африке, где зародился наш вид, странствовали *Homo heidelbergensis* с мозгом большого размера и *Homo naledi* с маленьким мозгом. В Азии обитали *Homo erectus*, а также таинственная группа людей, которых называли денисовцами, а позднее *Homo floresiensis* — крошечные существа с большими стопами, напоминающие хоббита. Коренастые, с нависшими густыми бровями, неандертальцы правили Европой и западной частью Азии. Вероятно, были и другие, пока не открытые виды.

По последним данным, приблизительно 40 тыс. лет назад *H. sapiens* остался в одиночестве — единственный представитель некогда исключительно разнообразной семьи двуногих приматов, известных как гоминины. (В этой статье оба термина, «человек» и «гоминин», относятся к *H. sapiens* и его вымершим родственникам.) Каким образом человек современного типа остался единственным видом людей?

До недавнего времени ученые предпочитали простое объяснение: *H. sapiens* более или менее «современного» анатомического вида появился относительно недавно в единственном регионе Африки и оттуда расселился по всему Старому Свету, вытесняя другие древние виды людей, с которыми он сталкивался на своем пути. При этом не происходило значимого межвидового объединения, только массовое замещение «старой гвардии» умными новичками, чье господство казалось неизбежным.

Однако специалистам пришлось пересмотреть этот сценарий под влиянием огромного количества информации, полученной при изучении археологических находок и окаменелостей, а также в ходе анализа ДНК. Похоже, *H. sapiens* появился намного раньше, чем полагали прежде, вероятно, не в одной, а в нескольких частях Африки, и некоторые из характерных для нашего вида признаков — в том числе особенности мозга — появились в ходе эволюции постепенно. Более того, стало совершенно ясно, что на самом деле *H. sapiens* скрещивался с другими видами человека, с которыми он сталкивался, и такое скрещивание могло стать важным фактором успеха нашего вида. Все полученные данные позволяют нарисовать гораздо более сложную, чем представляли многие исследователи, картину нашего происхождения, согласно которой успех нашего вида зависел не столько от судьбы, сколько от случая.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- До недавнего времени доминировала гипотеза происхождения человека, согласно которой вид *Homo sapiens* появился в одной области Африки и вытеснил архаичные виды человека в Старом Свете, не скрещиваясь с ними.
- Новые данные археологии, палеонтологии и генетики переписывают эту историю.
- Согласно самому последнему исследованию, *H. sapiens* появился в группах в разных частях Африки, а скрещивание с другими видами человека способствовало успеху нашего вида.

Теория под угрозой

Дискуссия о происхождении нашего вида традиционно была сосредоточена вокруг двух альтернативных моделей. Одна из них — гипотеза недавнего африканского происхождения, сторонниками которой были палеоантрополог Кристофер Стрингер (Christopher Stringer) и другие. В соответствии с этой гипотезой *H. sapiens* появился в восточной или южной части Африки 200 тыс. лет назад и благодаря врожденному превосходству последовательно вытеснил другие древние виды человека по всей планете. При этом число межвидовых скрещиваний было незначительным. Другую модель — мультирегиональной эволюции — разработали палеоантропологи Милфорд Волпофф (Milford Wolpoff), Синьчжи У (Xinzh Wu) и Алан Торн (Alan Thorne). Согласно данному предположению, человек современного типа произошел от неандертальцев и людей из популяций других древних видов Старого Света, между которыми образовывались связи за счет миграций и скрещивания. В соответствии с этой точкой зрения *H. sapiens* имеет гораздо более древние корни, уходящие в прошлое почти на 2 млн лет.

К началу 2000-х гг. накопилось множество свидетельств в пользу гипотезы недавнего африканского происхождения. Анализ ДНК ныне живущих людей показал, что наш вид возник не раньше, чем 200 тыс. лет назад. Самые древние известные останки, принадлежащие *H. sapiens*, были обнаружены на двух стоянках в Эфиопии, Омо и Херто, и их возраст оценивается соответственно примерно в 195 и 160 тыс. лет. Нуклеотидная последовательность митохондриальной ДНК (расположенного в виде крошечного кольца в «энергетических заводах» клетки генетического материала, который отличается от ДНК клеточного ядра), извлеченной из останков неандертальцев, отличается от последовательности нуклеотидов в митохондриальной ДНК сегодняшних людей — как раз, как и следовало ожидать, если *H. sapiens* вытеснил архаичные виды людей, не скрещиваясь с ними.

Тем не менее не все данные совпадают с этой аккуратной историей. Многие археологи полагают, что начало культурного периода в Африке, известного как средний каменный век, означает появление людей, которые начали рассуждать как мы. До этого технологического сдвига архаичные виды людей в Старом

Свете изготавливали каменные орудия почти одинаковых типов, свойственных ашельской культуре. Характерные орудия ашельской культуры — массивные ручные рубила, которые делали из крупных камней, откалывая от них фрагменты до тех пор, пока камни не принимали нужную форму. С началом среднего каменного века наши предки стали использовать новый подход к изготовлению орудий: вместо отбивания камня они сосредоточили внимание на небольших острых сколах, отделяемых от основы, — то есть перешли к более эффективному использованию сырьевого материала, для которого требуется сложное планирование. Люди начали соединять такие острые сколы с рукоятью, создавая копья и другое метательное оружие. Более того, некоторые люди, изготавливавшие орудия среднего каменного века, также создавали объекты, связанные с символическим поведением, в том числе бусы из ракушек и пигменты для рисования. Опора на символическое поведение, в том числе на языковую систему, рассматривается как один из отличительных признаков современного разума.

Проблема была в том, что средний каменный век в Африке начался 250 тыс. лет назад, задолго до периода, которым датировались первые известные останки *H. sapiens* (менее 200 тыс. лет назад). Может быть, средний каменный век был связан с другим видом человека? Или *H. sapiens* появился раньше, чем указывают ископаемые останки?

В 2010 г. обнаружилось еще одно несоответствие. Генетики объявили, что им удалось выделить и секвенировать ядерную ДНК из останков неандертальца. В ядерной ДНК находится основной объем нашего генетического материала. Сравнение ядерных ДНК неандертальцев и ныне живущих людей показало, что в ДНК современных людей, не имеющих африканских корней, присутствуют фрагменты генетического материала неандертальцев. Такие результаты свидетельствуют о том, что *H. sapiens* и неандертальцы все-таки скрещивались, по крайней мере время от времени.

Последующие исследования древнего генома подтвердили, что неандертальцы наряду с другими древними видами людей внесли вклад в генофонд человека современного типа. Кроме того, опровергая гипотезу о происхождении *H. sapiens* 200 тыс. лет назад, анализ древней ДНК показал, что расхождение между неандертальцами



ОБ АВТОРЕ

Кейт Вонг (Kate Wong) — старший редактор журнала *Scientific American*.

и *H. sapiens*, имевшими общего предка, произошло значительно раньше — возможно, свыше 500 тыс. лет назад. Если так, то *H. sapiens*, вероятно, появился намного раньше (и, следовательно, он более чем в два раза старше), чем указывала палеонтологическая летопись.

Древние корни

Последние находки в Джебель-Ирхуда (Марокко) помогли привести данные палеонтологии, культурологии и генетики в более стройную систему — и обеспечили поддержку новой точке зрения на происхождение нашего вида.

Когда горняки, добывавшие барит, в 1961 г. впервые обнаружили в Джебель-Ирхуда останки, антропологи решили, что кости принадлежат неандертальцам, а возраст останков составляет около 40 тыс. лет. Однако анализ находок, найденных при раскопках, продолжавшихся в течение многих лет, заставил исследователей пересмотреть такую оценку. В июне 2017 г. палеоантрополог Жан-Жак Юблен (Jean-Jacques Hublin) из Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге с коллегами объявили о том, что им удалось извлечь из этого археологического памятника новые останки, а также орудия среднего каменного века. Используя два метода датирования, ученые определили возраст останков — почти 315 тыс. лет. Обнаруженные исследователями находки — самые древние на сегодня следы *H. sapiens*, так же как и самые древние следы культуры среднего каменного века в Африке. Таким образом, возраст палеонтологических свидетельств существования нашего вида увеличивается больше чем на 100 тыс. лет и *H. sapiens* оказывается связан с первыми известными следами среднего каменного века Африки.

Не все согласны с тем, что костные останки из Джебель-Ирхуда принадлежат *H. sapiens*. Некоторые специалисты полагают, что ископаемые останки могут относиться к близкому родственнику человека современного типа. Тем не менее если Юблен с коллегами правы насчет принадлежности костей, то совокупность

признаков черепа, которая отличает *H. sapiens* от других видов человека, появилась при возникновении нашего вида не сразу, как предполагали сторонники гипотезы недавнего африканского происхождения. Например, древние люди из Джебель-Ирхуда напоминали современного человека тем, что обладали маленькими лицами. Однако мозговой отдел черепа удлиннен в передне-заднем направлении, что характерно для древних видов человека, в отличие от округлой формы черепа *H. sapiens*. Такие различия в форме черепа отражают особенности строения мозга: по сравнению с современным человеком у людей из Джебель-Ирхуда были меньшего размера теменные доли мозга, отвечающие за обработку входящей сенсорной информации, и менее крупный мозжечок, который, помимо других функций, вовлечен в процессы формирования речи и социального познания.

Археологические материалы Джебель-Ирхуда также характеризуются неполным набором признаков среднего каменного века. В этой местности люди изготавливали каменные орудия для охоты и разделывания туш газелей, бродивших по лугам, раскидывавшимся когда-то ковром в ныне пустынном ландшафте. Сохранились остатки кострищ, то есть люди разводили огонь, вероятно, чтобы готовить пищу и защищаться от ночного холода. Но не осталось никаких следов символического значения.

Оказывается, в целом люди из Джебель-Ирхуда не отличались каким-то особым, более сложным поведением по сравнению с неандертальцами или *H. heidelbergensis*. Если бы можно было отправиться в то время, когда появился наш вид, вы не обязательно выбрали бы его в качестве победителя в эволюционной «лотерее». Хотя первые *H. sapiens* обладали определенными новыми чертами, «300 тыс. лет назад не произошло каких-то серьезных изменений, которые бы означали, что им суждено быть успешными», — отмечает археолог Майкл Петралья (Michael Petraglia) из Института истории человечества Общества Макса Планка в Йене. — Похоже, на заре существования *H. sapiens* ни один из видов не обладал преимуществом».

Сады Эдема

Полный комплекс признаков *H. sapiens*, как считают многие ученые, сформировался только приблизительно 100–40 тыс. лет назад. Так что же произошло в том временном промежутке в 200 тыс. лет или больше, что превратило наш вид из заурядного представителя гомининов в завоевавшую мир силу природы? Ученые все чаще рассматривают возможность того, что основную роль в такой трансформации могли сыграть структура и размер популяции первых *H. sapiens*. В статье, опубликованной в июльском номере онлайн-журнала *Trends in Ecology & Evolution*, археолог Элинор Шерри (Eleanor Scerri) из Оксфордского университета с большой междисциплинарной группой соавторов, в которую также вошел Кристофер Стрингер, приводят убедительные доводы в пользу модели эволюции *H. sapiens*, названной авторами гипотезой африканского мультирегионализма. Ученые отмечают, что самые первые предполагаемые представители нашего вида, останки которых были найдены в Джебель-Ирхуде в Марокко, в Херто и Омо (формация Кибиш) в Эфиопии, а также частичный череп из Флорисбада в ЮАР, намного больше отличаются друг от друга, чем ныне живущие люди. Настолько, что некоторые исследователи считают, что эти останки принадлежат разным видам или подвидам. «Но, может быть, сначала вид *H. sapiens* характеризовался исключительным многообразием», — предполагает Шерри. Она считает, что поиск единственного центра происхождения нашего вида, которым занимались многие исследователи, может быть охотой за призраком.

Когда Шерри с коллегами изучили последние палеонтологические и археологические данные, а также результаты анализа ДНК, история происхождения нашего вида стала выглядеть по-иному: появление *H. sapiens* было скорее общеафриканским феноменом, нежели единственным событием. Ученые предполагают, что эволюция нашего вида проходила не в маленькой популяции в конкретном регионе Африки; наоборот, *H. sapiens* появился в крупной популяции, разделенной на более мелкие группы, расселенные по всему Африканскому континенту, которые часто по несколько тысячелетий были частично изолированы друг от друга расстоянием и экологическими барьерами, такими как пустыня. Подобные «вспышки уединения» позволили

каждой группе сформировать особые биологические и технологические адаптации к собственной экологической нише, будь то аридные лесные массивы или саванна, тропические дождевые леса или морское побережье. Тем не менее иногда группы вступали в контакт друг с другом, и тогда происходил обмен генетическим материалом, а также культурный обмен — процессы, которые обеспечивали эволюцию нашего вида.

Изменения климата могли способствовать фрагментации и воссоединению субпопуляций. Например, палеоклиматические данные показали, что примерно каждые 100 тыс. лет в Африке наступает влажный период, во время которого пустыня Сахара превращается в местность, покрытую буйной растительностью и озерами. При наступлении периода «зеленой Сахары» ранее изолированные пустыней популяции могли объединяться, а когда Сахара опять высыхала, популяции снова попадали в изоляцию и в течение периода до следующего возрождения пустыни становились объектами собственных эволюционных экспериментов.

Элинор Шерри с соавторами считают, что такая модель популяции, разделенной на группы, каждая из которых адаптирована к собственной экологической нише, — даже если связь между группами сохранялась благодаря случайным миграциям, — объяснила бы не только мозаичное развитие характерных морфологических признаков *H. sapiens*, но и неоднородный характер материальной культуры среднего каменного века. В отличие от орудий ашельского периода, которые выглядят почти одинаково в любой части Старого Света, среди орудий среднего каменного века наблюдаются существенные региональные различия. Например, на стоянках древнего человека в северной части Африки, возраст которых составляет 130–60 тыс. лет, обнаруживают виды орудий (в том числе каменный инвентарь с различными для крепления рукояток), которых нет на относящихся к тому же временному отрезку стоянках на юге Африки. На юге Африки находят орудия в виде тонких листообразных пластин, сделанных из камня, который нагревали, чтобы он легче разрушался, а на севере Африки такой инвентарь в археологических находках не фигурирует. Сложная технология и использование символов

со временем все чаще встречаются на всем континенте, но каждая группа действовала по-своему, формируя свою культуру в соответствии с обычаями и занимаемой экологической нишей.

Тем не менее *H. sapiens* — не единственный из гомининов, у кого в ходе эволюции появились большой мозг и сложное поведение. Юблен отмечает, что найденные в Китае останки человека, датируемые периодом между 300 тыс. и 50 тыс. лет назад и, как предполагает ученый, принадлежащие денисовскому человеку, демонстрируют постепенное увеличение размера мозга. Неандертальцы за время своего долгого «правления» изобрели сложные орудия и собственные формы символического выражения и социальных связей. Однако эти формы поведения, по-видимому, не достигли такого уровня развития и не стали не-

На самом деле, мы должны быть вечно благодарны нашим вымершим родственникам за их вклад в наш успех

отъемлемой частью их образа жизни, как в конце концов это произошло с нашим видом, считает антрополог Джон Шей (John Shea) из Университета Стони-Брук. Шей полагает, что именно продвинутые языковые навыки позволили *H. sapiens* доминировать.

«Эволюция всех этих групп шла в одном направлении, — говорит Жан-Жак Юблен. — Однако в части когнитивных способностей, сложности социальной организации и репродуктивного успеха наш вид пересек порог раньше других». И когда это случилось — около 50 тыс. лет назад, по оценкам Юблена, — как образно выразился ученый, «кипящее молоко вырвалось из кастрюли». Пройдя путь становления в Африке, *H. sapiens* теперь мог освоиться и процветать практически в любых условиях на планете. Этот процесс было не остановить.

Близкие контакты

Сотни тысяч лет разделения и воссоединения с членами нашего собственного вида могли дать *H. sapiens* преимущество над другими представителями человеческого рода. Но это был не единственный фактор в нашем восхождении к мировому

доминированию. На самом деле, мы должны быть вечно благодарны нашим вымершим родственникам за их вклад в наш успех. Древние виды человека, с которыми встречался *H. sapiens* во время миграций в Африке и за ее пределами, были не только соперниками, но и брачными партнерами. Доказательство тому находится в ДНК ныне живущих людей: на ДНК неандертальцев приходится около 2% генома жителей Евразии; геном меланезийцев почти на 5% состоит из ДНК денисовцев. Недавнее исследование Аруна Дурвасулы (Arun Durvasula) и Шрирама Санкарарамана (Sriram Sankararaman) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (результаты опубликованы в марте на сервере *bioRxiv*), показало, что почти 8% генетического материала западноафриканского народа йоруба происходит от неизвестного древнего вида. (Ученым еще предстоит извлечь ДНК из африканских останков древних людей для проведения сравнительного анализа.)

Обладание некоторыми генами, унаследованными *H. sapiens* от древних видов гомининов, вероятно, помогало нашему виду адаптироваться к совершенно новым условиям среды при расселении по планете. Когда генетик Джошуа Эйки (Joshua Akey) из Принстонского университета и его коллеги изучали нуклеотидные последовательности, доставшиеся современным людям от неандертальцев, то обнаружили, что 15 из них встречаются с высокой частотой, что указывает на их преимущественное значение. Такие часто встречаемые последовательности нуклеотидов можно разделить на две группы. Одна группа последовательностей (примерно около половины от общего числа) связана с иммунитетом. «Когда люди современного типа расселялись в новой среде обитания, они встречались с новыми патогенными бактериями и вирусами, — говорит Эйки, — и адаптации, унаследованные от неандертальцев, помогали эффективнее бороться с такими патогенами».

Другая группа обнаруженных у современных людей и характерных для неандертальцев нуклеотидных последовательностей, встречающихся с высокой частотой, включает гены, ответственные за степень пигментации кожи. Вышедшие из Африки *H. sapiens* имели темный цвет кожи, который защищал их от повреждающего воздействия ультрафиолетового излучения Солнца. Ранее ученые теоретически

предсказали: для того чтобы при расселении в северных широтах организм получал достаточное количество витамина D (большая часть которого не поступает извне, а синтезируется в организме под воздействием солнечного света), в ходе эволюции кожа у представителей нашего вида должна была стать более светлой. Возможно, в этом нашим предкам помогли именно гены неандертальцев, отвечающие за цвет кожи.

Неандертальцы — не единственный древний вид человека, от которого нам достались «полезные» гены. Например, от денисовцев современные жители Тибетского нагорья получили вариант гена, который помогает им справиться с пониженным содержанием кислорода на больших высотах. Современное население Африки унаследовало от неизвестного древнего предка аллель гена, который помогает обеспечить защиту полости рта от вредных бактерий.

Скрещивание с древними людьми, у которых для развития адаптаций к местным условиям среды в запасе были миллионы лет, вероятно, давало *H. sapiens*, оккупировавшему эти территории, возможность быстрее приспособиться к новым условиям, а не ждать, пока благоприятные мутации появятся в его генофонде. Однако не все так оптимистично. Некоторые гены, унаследованные нами от неандертальцев, связаны с развитием депрессии и других недугов. По-видимому, в прошлом эти гены давали преимущество и только при современном образе жизни начали вызывать проблемы. А возможно, как предполагает Джошуа Эйки, риск развития подобных заболеваний — это приемлемая плата за выгоду, которую приносило обладание такими генами.

Древние люди дали нашему виду не только ДНК. Исследователи считают, что контакт между непохожими друг на друга группами людей, вероятно, приводил к культурному обмену и мог даже стимулировать процессы изменений. Например, появление *H. sapiens* в Западной Европе, где к тому времени давно жили неандертальцы, совпало с нетипичной «вспышкой» изобретательности в сфере технологий и художественного творчества в обеих группах. Раньше некоторые специалисты предполагали, что неандертальцы просто подражали изобретательным переселенцам. Однако, возможно, это было взаимодействие между двумя группами, которое привело к расцвету культуры с обеих сторон.

В известном смысле сам факт, что *H. sapiens* скрещивался с другими представителями человеческого рода, не должен удивлять. «На примере многих животных мы знаем, что гибридизация играет важную роль в эволюции, — отмечает Ребекка Роджерс-Акерманн (Rebecca Rogers Ackermann) из Кейптаунского университета в ЮАР. — В некоторых случаях появляются другие популяции или даже новые виды, которые благодаря новым признакам или их сочетанию лучше адаптированы к иным или меняющимся условиям среды обитания по сравнению с родительскими видами». Такая же картина наблюдается и у предков человека: комбинация разных линий привела к возникновению современного легко приспосабливающегося, изменчивого вида. «*Homo sapiens* — продукт сложного переплетения родословных, — утверждает Ребекка, — и расцвет нашего вида связан с изменчивостью, появившейся именно в результате этого взаимодействия. Иначе мы просто не добились бы такого успеха».

Как часто происходило такое смешение и в какой степени оно могло повлиять на ход эволюции *H. sapiens* и других гомининов, еще предстоит выяснить. Тем не менее определенные климатические и демографические условия, в которых оказался наш вид в Африке и за ее пределами, быть может, обеспечили больше возможностей для обмена генетическим материалом и элементами культуры с другими группами по сравнению с остальными гомининами. Нашему виду повезло, но это не делает его менее восхитительным. ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Хаммер М. Гибриды человека // ВМН, № 7–8, 2013.
- The Hybrid Origin of “Modern” Humans. Rebecca Rogers Ackermann et al. in *Evolutionary Biology*, Vol. 43, No. 1, pages 1–11; March 2016.
- Did Our Species Evolve in Subdivided Populations across Africa, and Why Does It Matter? Eleanor M.L. Scerri et al. in *Trends in Ecology & Evolution*. Опубликовано онлайн 11.07.2018.

ЧАСТЬ II

Мы
и они

КАК МЫ НАУЧИЛИСЬ ВВЕРЯТЬ СВОЮ СУДЬБУ ДРУГ ДРУГУ

**ИСТОКИ
МОРАЛИ**

Майкл Томаселло





Если эволюция благоволит выживанию наиболее приспособленных, как люди вообще стали нравственными существами? Если в процессе эволюции каждый индивидуум стремится максимально увеличить собственную приспособленность, то как люди пришли к заключению, что они действительно должны помогать другим и быть справедливыми по отношению к ним?

Традиционно существовало два ответа на эти вопросы. Во-первых, есть смысл в том, чтобы индивиды помогали своим родичам, с которыми они разделяют общие гены. Это называется совокупной приспособленностью. Во-вторых, могут возникнуть ситуации, где действует принцип взаимности: я почешу спинку тебе, ты мне, и мы оба в конце концов извлечем выгоду.

Однако суть морали — не только в том, чтобы быть внимательным к своим родственникам, подобно тому как пчелы и муравьи взаимодействуют в процессах совокупной приспособленности. А принцип взаимности — это сомнительное предположение, потому что в любой момент один индивид может извлечь выгоду и отправиться восвояси, оставив другого в беде. Более того, ни одно из этих традиционных объяснений не затрагивает явление, в котором, несомненно, заключается сущность человеческой морали, — чувство долга, которое испытывают люди по отношению друг к другу.

Недавно на передний план вышел новый подход к рассмотрению проблемы морали. Ключевой момент — это признание того факта, что индивиды, живущие в социальной группе, где выживание и благополучие каждого члена группы зависят

от остальных, руководствуются особой логикой. Логика взаимозависимости, как мы можем ее назвать, заключается в том, что если я завишу от вас, тогда в моих интересах помогать обеспечивать ваше благополучие. Более обобщенно: если все мы зависим друг от друга, тогда мы все должны друг о друге заботиться.

Как возникла подобная ситуация? Ответ кроется в особенных условиях, заставивших людей перейти к более тесному взаимодействию, особенно при добывании пищи и других основных ресурсов.

Роль сотрудничества

Наши ближайшие ныне живущие родственники — шимпанзе и бонобо — занимаются поиском фруктов и растений маленькими группами, но когда пища обнаружена, каждая особь карабкается за едой поодиночке. Если возникает какой-то конфликт, то его разрешают исходя из принципа доминирования: побеждает лучший боец. Ближе всего к сотрудничеству при добывании пищи находится ситуация, когда несколько самцов-шимпанзе окружают и ловят небольшую обезьяну другого вида. Но такая охота больше напоминает поведение львов и волков, чем форму сотрудничества при добыче продовольствия,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Семена человеческой морали были посеяны примерно 400 тыс. лет назад, когда индивиды начали сотрудничать во время охоты и занятий собирательством.
- В рамках кооперативного взаимодействия культивировались уважение и справедливое отношение к другим членам группы.
- Позже рост численности населения привел к укреплению чувства групповой идентичности, которое, в свою очередь, способствовало развитию системы культурных традиций и социальных норм.

характерную для людей. Каждый самец шимпанзе увеличивает собственные шансы на успех, пытаясь заблокировать один из возможных путей для бегства обезьяны-жертвы. Тот шимпанзе, который поймал жертву, попытается один съесть всю добычу, но обычно ему это не удается. Особи со всей округи собираются вокруг убитой жертвы и пытаются ухватить кусочек. Пойманному жертву самцу ничего не остается, как позволить другим шимпанзе так себя вести, иначе ему придется с ними драться и, вероятнее всего, во время схватки потерять добычу. Таким образом, в этом случае наблюдается что-то вроде совместного разделения пищи.

Люди в течение долгого времени поступали по-другому.

Примерно 2 млн лет назад появился род *Homo* с более крупным мозгом и новыми навыками изготовления каменных орудий. Однако вскоре глобальное похолодание и засуха привели к распространению ведущих наземный образ жизни обезьян, которые конкурировали с *Homo* за разные ресурсы.

Первобытным людям требовались новые способы добычи пищи. Один из них — питание останками туш животных, убитых другими хищниками. Однако потом, по данным антрополога Мэри Стайнер (Mary C. Stiner) из Аризонского университета, некоторые первые представители человеческого рода (скорее всего, это был *Homo heidelbergensis* 400 тыс. лет назад) начали добывать пищу, активно сотрудничая друг с другом. Индивиды вырабатывали общие цели, чтобы действовать вместе во время охоты и сбора пищи. Конечно, такая кооперация имела обязательный (принудительный) характер, поскольку она была необходима для выживания. Чтобы обеспечить ежедневные потребности в пище, индивиды сразу же стали непосредственно зависеть друг от друга.

Неотъемлемая часть принудительного сотрудничества в процессе добывания пищи — выбор напарника. Тех, кто не обладал достаточно развитыми когнитивными или другими навыками для партнерства, — неспособных вырабатывать совместные цели или эффективно общаться с другими — в напарники не выбирали, поэтому они оставались без еды. Точно так же старались избегать тех индивидов, которые, с точки зрения социума и морали, не желали сотрудничать, например тех, кто пытался прибрать к рукам всю добычу. Такие

люди тоже были обречены. Вывод: начал активно действовать строгий положительный социальный отбор умелых и целеустремленных индивидов, которые успешно взаимодействовали с другими.

Главным фактором в эволюции морали стало то, что первобытные люди, в отношении которых действовал социальный отбор посредством выбора партнера для совместной добычи пищи, начали по-иному относиться к сородичам. Прежде всего, они обладали сильной мотивацией к совместным действиям для достижения общих целей, а также к проявлению сочувствия и оказанию помощи нынешним и будущим партнерам. Если успех в добывании пищи зависел от соплеменников, тогда подобная помощь в случае необходимости имела эволюционный смысл: необходимо быть уверенным в том, что партнеры для будущих вылазок находятся в хорошей форме. Кроме того, собственное выживание индивида зависело от того, рассматривают ли его другие соплеменники в качестве компетентного компаньона, обладающего мотивацией. Таким образом, люди стали беспокоиться о том, как их оценивают другие. Как показали эксперименты в нашей лаборатории, даже маленьких детей волнует, какую оценку им дают другие люди, тогда как шимпанзе этот вопрос не беспокоит.

В связи с отсутствием исторических данных и, во многих случаях, свидетельств даже в виде ископаемых останков и артефактов, наша лаборатория в Лейпциге и другие исследователи занимаются изучением происхождения человеческого мышления и морали, сравнивая поведение наших близких родственников среди приматов и поведение маленьких детей, которым еще только предстоит ассимилировать культурные нормы.

На основе этих исследований мы предположили, что первобытные люди, занятые совместной добычей пищи, обнаружили новое обоснование для объединения усилий, которое заставило их относиться к другим как к равноправным партнерам: не просто с сочувствием, но и справедливо (с чувством, основанным на осознании, что индивид и другие люди равноценны друг другу). Партнеры поняли, что в процессе сотрудничества они могут взять на себя любую роль и что им обоим требуется действовать сообща, чтобы добиться совместного успеха. Более того, когда два человека неоднократно действовали совместно во время добычи пищи, у них

Эволюция морали человека современного типа

Животные часто кооперируются с другими представителями собственного вида. Но люди объединяются по-иному. Человеческая форма кооперации — известная просто как мораль — отличается двумя взаимосвязанными особенностями. Один может помогать другому, руководствуясь неэгоистичными мотивами, ведомый состраданием, беспокойством и добротой. Кроме того, члены группы могут для обеспечения общей пользы устанавливать нормы, поощряющие честность, беспристрастность и справедливость. Эти способности развивались в течение сотен тысяч лет, когда люди начали действовать совместно, чтобы выжить. В когнитивных и социальных аспектах этого процесса можно разобраться с помощью философской концепции интенциональности: как индивиды воспринимают мир и достигают собственных целей.

Индивидуальная интенциональность

Индивидуальная интенциональность характеризуется способностью гибко менять поведение для достижения конкретной цели — обычно в рамках конкуренции с другими. Такая эгоистическая позиция в значительной степени определяет поведение шимпанзе, так же как давно в прошлом обуславливала поведение общего предка шимпанзе и человека и, вероятно, служила мотивом для первых представителей гомининов. Примеры такого поведения наблюдаются у шимпанзе при добыче растительной пищи. Небольшая группа животных ищет еду совместно, но как только фрукты найдены, каждый шимпанзе поодиночке уносит свою добычу в укромное место и съедает, не взаимодействуя с другими членами группы. Сходное, сравнительно эгоцентричное поведение проявляется у шимпанзе во время охоты на жертву.



6 млн лет назад

Совместная добыча пищи

Сначала «мы», потом «я»



400 тыс. лет назад

Совместная интенциональность

Примерно 400 тыс. лет назад прямой предок современного человека — *Homo heidelbergensis* — занялся поиском новых источников пищи. Охота на туров или другая большая охота в отличие от ловли зайцев требовала усиленной кооперации, совместной интенциональности, сконцентрированности на достижении общих целей. Подобный тип совместной деятельности отличается от поведения шимпанзе «каждый сам за себя» во время охоты на мелких обезьян. Чтобы палеолитические охотники-собиратели выжили, способ их действий при добыче пищи был не просто вопросом благоразумия, а «обязательным». Индивидов, принимавших участие в охоте, выбирали, потому что они полностью осознавали необходимость кооперации и не присваивали добычу. Появилась «мораль с точки зрения второго лица»: стало понятно, что «я» должно подчиняться «мы».

Давление, приводящее к формированию культуры

Мораль «правильного» и «неправильного»



100 тыс. лет назад

Коллективная интенциональность

Когда 150 тыс. лет назад размер групп начал увеличиваться, более мелкие подгруппы, из которых состояло племя, сформировали комплекс обычаев, представляющих формальное начало человеческой культуры. Совокупность норм, обычаев и ритуалов создавалась, чтобы выработать групповые цели и установить разделение труда, которое определяло роль каждого члена группы, — коллективная интенциональность, отличавшая племя. Эти цели каждый член племени усваивал как «объективную мораль», благодаря которой каждый знал разницу между «правильным» и «неправильным», определявшимися комплексом обычаев культурной группы.

ОБ АВТОРЕ

Майкл Томаселло (Michael Tomasello) — профессор психологии и нейробиологии в Дюкском университете и почетный директор Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге.



сформировалось представление — ментальная «общность взглядов» — об идеальном способе, которым каждый партнер должен исполнять свою роль для достижения поставленных целей. Подобные ролевоспецифичные стандарты сформировали ожидания: что каждый из напарников должен делать. Например, во время охоты на антилоп загонщик должен выполнять действие X, а вооруженный копьём — Y. Такие идеализированные нормы имели объективный характер, поскольку они конкретизировали, что каждый партнер должен делать, чтобы исполнить роль «должным образом», способом, обеспечивающим достижение совместных целей. В действительности роли — для каждой из которых существовали общеизвестные и объективные правила — были равноценны. Как таковой любой из партнеров — участников охоты в равной степени заслуживал получить добычу в отличие от мошенников и любителей поживиться за чужой счет, которые никак не помогли.

Выбирая компаньона для совместных действий, первобытные люди хотели избрать того, кто играл бы ожидаемую роль и справедливо делил добычу. Чтобы снизить риск, присущий выбору напарника, люди, которые вот-вот должны были стать компаньонами, могли воспользоваться новообретенными навыками кооперации для выработки совместных обязательств, обещая действовать в соответствии со своими ролями, в том числе справедливо разделить добычу. Будущие партнеры могли неявно подразумевать, что нарушивший это обязательство будет заслуживать порицания. (Далее объясняется эволюция морали в рамках философской концепции интенциональности.)

Тот, кто отступал от ожидаемой роли и желал сохранить свое положение надежного партнера, добровольно стал участвовать в акте самоосуждения — стал испытывать чувство вины. Появилась мораль «мы» важнее, чем «я». В процессе сотрудничества объединенное «мы» действовало за рамками эгоистического индивидуального уровня и регулировало поступки сотрудничающих партнеров «я» и «ты».

Результатом адаптаций к облигатному кооперативному добыванию пищи стала межличностная мораль, или «мораль с точки зрения второго лица» — стремление относиться к другим с чувством уважения и справедливости, основанным на искренней оценке себя и других как равноправных партнеров в совместной деятельности. Такое чувство справедливости усиливалось за счет чувства долга, социального давления, обязывающего кооперироваться и уважать партнера. Таким образом, в то время как все приматы ощущают давление, заставляющее их добиваться индивидуальных целей способами, которые, как они полагают, будут успешными, взаимозависимость, определявшая социальную жизнь первых людей, означала, что индивиды испытывали давление, которое ставило их перед необходимостью относиться к другим так, как они того заслуживают, и ожидать, что другие будут относиться так же и к ним. Подобная «мораль с точки зрения второго лица» не обладала всеми определяющими атрибутами морали человека современного типа, но в зарождающейся форме в ней уже присутствовали самые важные элементы — взаимное уважение и справедливость.

Рождение культурных норм

Второй критический этап в эволюции человеческой морали наступил, когда мелкомасштабное сотрудничество первых людей в процессе добывания пищи в конце концов было нарушено двумя демографическими факторами, приведшими к появлению человека современного типа более 200 тыс. лет назад. Новая эра началась из-за конкуренции среди групп людей. Борьба означала, что свободно организованные популяции сотрудничающих людей должны были превратиться в более тесно связанные социальные группы, чтобы защищаться от внешних врагов. В каждой из таких групп сложилось внутренне разделение труда, которое привело к формированию коллективной идентичности группы.

В этот же период росла численность населения. С увеличением численности в таких расширяющихся племенных группах более крупные образования разделились на более

мелкие подгруппы, которые все еще ощущали связь с супергруппой — или с тем, что можно охарактеризовать как особую «культуру». Стало необходимо найти способы распознавать членов собственной культурной группы, не обязательно принадлежащих к роду, и отличать их от членов других племенных групп. Такое распознавание было необходимо, потому что только на членов собственной культурной группы можно было рассчитывать в том, что они обладают необходимыми умениями и разделяют те же ценности, то есть могут быть надежными партнерами, в частности для защиты группы. Зависимость индивидов от группы, таким образом, вела к формированию чувства коллективной идентичности и верности. Неспособность же проявлять такую групповую идентичность и верность могла привести к изгнанию или смерти во время схватки с соперниками.

Современные люди обозначают групповую идентичность множеством разных способов, но первоначально эти способы в основном были связаны с поведением и основывались на ряде допущений: люди, которые говорят как я, готовят пищу как я и разделяют мои культурные обычаи в других отношениях, — скорее всего, члены моей культурной группы. Из таких предположений появилось стремление людей современного типа соблюдать обычаи группы. Научить детей действовать традиционным способом, определенным группой, стало необходимо для выживания.

Обучение и подчинение нормам также заложило основы для кумулятивной культурной эволюции: долго существовавшие обычаи или артефакты улучшались, и такие нововведения затем передавались новым поколениям как часть групповых обычаев, норм и ритуалов. Людям, родившимся в такой среде, не оставалось ничего иного, нежели подчиняться этим совместно выработанным нормам. Ключевой психологической характеристикой индивидов, адаптированных к культурной жизни, была заинтересованность в группе, то есть люди принимали когнитивную перспективу группы в целом, чтобы заботиться о благополучии группы и подчиняться ее правилам. Такой вывод был сделан на основе результатов исследований поведения трехлетних детей, опубликованных в конце 2000-х гг.

Индивиды, принадлежащие к культурной группе, должны были подчиняться господствующим обычаям и социальным

нормам, чтобы подчеркнуть, что они отождествляют себя с группой и ее методами действий. Некоторые социальные нормы касались не только подчинения и групповой идентичности. Они касались чувств сострадания и справедливости (унаследованных от первых людей), которые стали моральными нормами. Таким образом, так же как некоторые нормы систематизировали правильные и неправильные способы охоты или изготовления орудий, моральные нормы определяли надлежащий способ отношения к другим людям. Поскольку коллективные цели групп и общая культурная основа человеческих групп сформировали «объективную» точку зрения — «не "я", но "мы" как люди» — мораль людей современного типа стала считаться объективной формой правильного и неправильного.

Конечно, любой человек мог решиться действовать вопреки моральным нормам. Однако когда его призывали к ответу другие члены группы, выбор был невелик: индивид мог игнорировать критику и осуждение и, таким образом, поставить себя вне общих культурных обычаев и ценностей, что, возможно, приводило к исключению из группы. Люди современного типа рассматривали культурные нормы как законное средство, с помощью которого они могли регулировать свои порывы и поведение и продемонстрировать чувство групповой идентичности. Если человек отступал от групповых социальных норм, то было необходимо объяснить другим такое отсутствие сотрудничества в терминах общих ценностей группы («Я пренебрег своими обязанностями, потому что должен был спасти ребенка, попавшего в беду»). Таким образом, люди современного типа усвоили представления не только о моральных поступках, но и о моральных оправданиях и сформировали разумно обоснованную моральную идентичность внутри сообщества.

Мы, люди

В своей книге «Естественная история человеческой морали» (*A Natural History of Human Morality*), вышедшей в 2016 г., я исхожу из предположения, что психология человеческой морали в основном объясняется процессом эволюции посредством естественного отбора. Что еще важнее, отбор производился не физической средой, а, наоборот, социальной. В отличие от эволюционных подходов, базирующихся на принципе взаимности и управления репутацией человека в обществе, я подчеркиваю, что

древние люди понимали: моральные нормы превращают их одновременно и в судей, и в подсудимых. Насущной проблемой каждой личности было не просто «что "они" думают обо мне», а что «"мы", включая "я", думаем обо мне». Такой подход — это своего рода тип психологической направленности «"мы" — более важно, чем "я"», которая придает представлениям о морали особую роль закона в принятии персональных решений.

Проблемы современного мира проистекают из осознания, что биологические адаптации человека к кооперации и морали в основном ориентированы на существование в небольших или внутренне однородных культурных группах — таких, где чужаки не выступают частью морального сообщества. С тех пор как появилось земледелие, примерно 10 тыс. лет назад, сообщества людей стали состоять из отдельных личностей с разными политическими, этническими и религиозными принципами.

Как следствие, становится не совсем ясно, кто относится к «мы», а кто — чужак. В конечном итоге наличие поводов

для разногласий приводит как к социальной напряженности внутри общества, так и, на уровне стран, к открытой войне — ярчайший пример конфликтов «своих» и «чужих». Но чтобы решить самые крупные проблемы, стоящие перед нашим видом, которые представляют одинаковую угрозу для любого общества, нам лучше быть готовыми считать, что «мы» — это все человечество. ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Cooperative Hunting and Meat Sharing 400–200 Kya at Qesem Cave, Israel. Mary C. Stiner et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 106, No. 32, pages 13,207–13,212; August 11, 2009.
- Why We Cooperate. Michael Tomasello et al. Boston Review Books, 2009.
- Young Children Enforce Social Norms. Marco F.H. Schmidt et al. in Current Directions in Psychological Science, Vol. 21, No. 4, pages 232–236; July 25, 2012.
- A Natural History of Human Morality. Michael Tomasello. Harvard University Press, 2016.

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

В. И. Молодин: «Главную роль в становлении профессиональных интересов любого ученого играет учитель. Для меня таким человеком стал академик А. П. Окладников»

А. И. Соловьев:

«...Археология как наука, неотъемлемой частью которой являются экспедиции, стала, без обиняков, настоящей жизнью нашего Шефа»

«...Весь его облик говорил о личности, безусловно, волевой, целеустремленной и в то же время азартной и увлекающейся»

«...Ушел в свой поход по жизни первый состав отряда, команда менялась, но в ней по-прежнему витал дух удивительного времени того самого, незабвенного Илимского отряда»

www.scfh.ru

ЧАСТЬ II

Мы
и они

ВОЗМОЖНО,
ВОЙНА —
НЕ В ПРИРОДЕ
ЧЕЛОВЕКА

**ПОЧЕМУ
МЫ ВОЮЕМ**

Брайан Фергюсон



Существует ли у людей (или, возможно, только у мужчин) появившаяся в результате эволюции предрасположенность убивать членов других групп? Не просто способность убивать, а врожденная склонность братья за оружие, толкающая нас к коллективному насилию? Ключевое слово — «коллективный». Люди дерутся и убивают по личным причинам, но убийство — это не война. Война — явление социальное, когда одни группы организуются, чтобы убивать представителей других групп. Сегодня дискуссии о первопричинах военных противостояний сосредоточены вокруг двух полярных точек зрения. Согласно одной, война — это проявление сформировавшейся в ходе эволюции предрасположенности к устранению любых потенциальных соперников. По этому сценарию наши предки, начиная с наших общих с шимпанзе сородичей, всегда вели войны. В соответствии с другой точкой зрения, вооруженные конфликты появились только в течение нескольких последних тысячелетий, когда изменившиеся социальные условия обеспечили мотивацию и структуру для коллективного убийства. Сторонников этих двух противоположных точек зрения антрополог Кит Оттербейн (Keith Otterbein) назвал «ястребами» и «голубями». Этот спор также тесно связан с вопросом о том, можно ли определить инстинктивные воинственные наклонности у шимпанзе.

Если кровопролитие выражает врожденные наклонности, то, следовательно, в данных о доисторическом периоде должны быть свидетельства ведения войн в небольших сообществах. «Ястребы» утверждают, что мы действительно обнаружили такие факты. «Когда по данным археологии вырисовывается четкая картина существования любого общества на Земле, то почти всегда присутствуют свидетельства ведения войн <...>. По довольно консервативной оценке, в 25% всех случаев смерть людей наступала в результате военных действий», — пишут археолог Стивен Леблан (Steven A. LeBlanc) и его соавтор Кэтрин Реджистер

(Katherine E. Register). При таком количестве жертв, заявляют эволюционные психологи, война служила механизмом естественного отбора, при котором победу одерживали наиболее приспособленные, завоевывая брачных партнеров и ресурсы.

Такая точка зрения получила широкое распространение. Политолог Фрэнсис Фукуяма писал, что корни недавних войн и геноцида уходят на десятки или сотни тысяч лет назад, к нашим прародителям — охотникам-собирающим или даже к нашему общему с шимпанзе предку. Брэдли Тэйер (Bradley Thayer), ведущий специалист по международным отношениям, считает,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Действительно ли ведение войн присуще человеку как виду? Или же войны появились после того, как структура общества стала постоянно усложняться?
- Относительно этой проблемы ученые разделились на два лагеря, условно названных «ястребами» и «голубями».
- Внимательное изучение археологических и других данных показывает, что коллективное убийство стало следствием культурных условий, сложившихся в течение последних 12 тыс. лет.

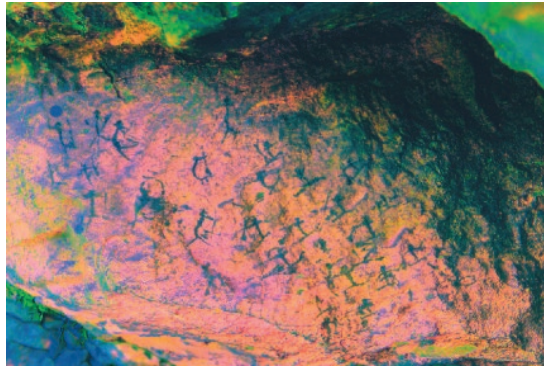
что эволюционная теория объясняет, почему инстинктивное стремление защищать собственное племя со временем трансформировалось в групповую склонность к этноцентризму и ксенофобии в международных отношениях. Если войны — это естественные вспышки бессознательной ненависти, зачем искать другие объяснения? Если стремление убивать чужаков заложено в человеческой природе, как долго мы сможем этого избегать?

Антропологи и археологи из лагеря «голубей» оспаривают такую точку зрения. Люди, заявляют они, обладают очевидной способностью вовлекаться в боевые противостояния, но в мозг человека не «вшита» программа идентификации и убийства чужаков в групповых конфликтах. Согласно этой точке зрения, смертоносные групповые нападения начались только в период, когда сообщества охотников-собирателей стали более крупными и более сложно организованными, и еще позднее — с появлением земледелия. Данные археологии, подтвержденные исследованиями культур современных охотников-собирателей, позволяют нам идентифицировать время и — до некоторой степени — социальные условия, которые привели к появлению и ужесточению военных конфликтов.

Когда это началось?

В поисках истоков кровопролитий археологи опираются на фактические данные четырех видов. Один из них — живопись на стенах пещер. В пещерах Пеш-Мерль, Коскер и Куньяк во Франции на относящихся к эпохе палеолита росписях, возраст которых составляет приблизительно 25 тыс. лет, присутствуют символы, которые ряд ученых воспринимают как изображения копий, пронзающих людей. На этом основании делается вывод, что люди вели войны уже в позднем палеолите. Однако подобная трактовка оспаривается. Другие ученые указывают, что на этих наскальных рисунках некоторые незаконченные фигуры имеют хвосты, и поэтому изогнутые или волнистые линии, пересекающие такие фигуры, скорее всего, обозначают шаманские силы, а не копья. Напротив, наскальные рисунки в пещерах Пиренейского полуострова, выполненные, вероятно, оседлыми земледельцами несколько тысячелетий спустя, явно содержат сцены битв и казней.

Свидетельством ведения войн также служит оружие, но подобные артефакты могут быть вовсе не тем, чем кажутся. Я



Свидетельства ведения войн более 5 тыс. лет назад появляются в образцах наскальной живописи, обнаруженных в пещерах на Пиренейском полуострове

воспринимал булавы как доказательство ведения войн, пока не узнал больше о каменных булавах Ближнего Востока. В большинстве из этих орудий отверстия для рукоятей такие узкие, что они не выдержали бы в битве и одного удара. Булавы также символизируют власть, а установление закона может обеспечить разрешение конфликта без войны. С другой стороны, вполне можно воевать и без традиционного оружия: на юге Германии примерно в 5000 г. до н.э. сельских жителей перебили теслами, которыми обычно пользовались для обработки древесины.

Помимо оружия и искусства, археологи также ориентируются на данные, полученные при изучении остатков поселений. Обычно те, которые боятся нападений, принимают меры защиты. Благодаря археологическим находкам мы иногда наблюдаем, что люди, ранее обитавшие в разбросанных по всей равнине отдельных жилищах, начинают селиться в укрепленных деревнях. Неолитические поселения на территории Европы окружали ограждения в виде насыпей. Но, похоже, не все подобные ограждения строились для защиты. Некоторые могли отделять определенные социальные группы.

Казалось бы, костные останки идеальны для определения времени, когда впервые начались войны, но даже такие данные требуют тщательной оценки. Только одно из трех или четырех ранений, нанесенных метательным оружием, оставляет след на кости. Каменные или костяные наконечники копий или стрел, захороненные вместе с телом, иногда имеют ритуальный характер, а иногда означают, что они послужили причиной смерти. Следы незаживших ран на костных останках могут свидетельствовать о несчастном случае, казни или убийстве. Действительно, убийства были довольно распространены в доисторический период, но это не война.



ОБ АВТОРЕ

Брайан Фергюсон (R. Brian Ferguson) — профессор антропологии в Рутгерском университете в Ньюарке. Его научная деятельность посвящена объяснению причин войн.

И не все схватки были смертельны. В отдельных захоронениях археологи часто находят черепа с вмятинами от заживших черепных травм, но только некоторые из них могли послужить причиной смерти. Подобные находки указывают, что личные конфликты разрешали с помощью дубинок или другим не смертельным способом, которые, как подтверждают данные этнографии, довольно распространены. Если же черепа преимущественно женские, то трещины могут свидетельствовать о домашнем насилии.

Кроме того, собранные по всему миру археологические данные часто неоднозначны и их трудно интерпретировать. Нередко необходимо соединить разные факты, чтобы можно было говорить о вероятности ведения войны в прошлом. Тем не менее целенаправленная археологическая работа — извлечение хорошего материала в результате проведения многочисленных раскопок — должна давать возможность хотя бы предполагать, что велась война.

И все-таки, если учитывать вышесказанное, имеются ли настоящие признаки того, что человечество вело войны на протяжении всей истории существования вида? Если в выборку включать только известные находки с высокой частотой предсмертных ран (тех, которые были получены непосредственно перед смертью или в ее момент), то ситуация выглядит довольно печально. Отсюда и возникают такие оценки, согласно которым насильственная смерть наступала в 25% случаев. Ошибочные представления появляются и из-за того, как преподносят информацию популярные СМИ. Любое открытие, связанное с убийствами в древности, выносится в заголовки. При этом в новостях игнорируют бесчисленное количество раскопок, в которых находки не содержат следов насилия. Всесторонняя проверка сведений о том, как часто в конкретных регионах в определенный период встречаются, если вообще наблюдаются, даже намеки на ведение войн, приводит к совершенно иной картине. Войны не были настолько распространены, и свидетельства их ведения не так уж часто встречаются в археологической летописи. У военных конфликтов действительно было начало.

Первые военные действия

Многие археологи выдвигают предположение, что войны впервые начались в некоторых регионах после окончания последнего ледникового периода, в мезолите — около 9700 г. до н.э., — когда охотники-собиратели в Европе перешли к оседлому образу жизни в более сложноорганизованных сообществах. Но на самом деле простого ответа нет. Войны впервые начались в разных местах в разное время. Более полувека археологи считают, что обнаруженные в Джебель-Сахабе в долине Нила на севере Судана многочисленные останки с признаками насильственной смерти относятся к еще более раннему периоду, приблизительно к 12 000 г. до н.э. К конфликту могла привести жесткая конкуренция между группами оседлых охотников-собирателей из-за снижения количества пищевых ресурсов в этом некогда богатом районе.

Относящиеся к чуть более позднему периоду стоянки, оружие и захоронения, обнаруженные на севере долины реки Тигр, указывают на то, что между 9750 и 8750 гг. до н.э. велись войны между поселениями охотников-собирателей. Недалеко найдены первые известные укрепленные поселения земледельцев, датируемые 7 тыс. до н.э., а первое завоевание городского центра произошло между 3800 и 3500 гг. до н.э. К тому времени на всей территории Анатолии война стала распространенным явлением, частично в связи с завоеванием переселенцами из северной части долины реки Тигр.

Напротив, на юге Леванта (от Синая до Сирии и юга Ливана) ни в поселениях, ни среди оружия или костных останков археологи не нашли убедительных доказательств ведения войн приблизительно до 3200 г. до н.э.

В Японии среди групп охотников-собирателей крайне редко встречались случаи насильственной смерти в период с 13 000 до 800 г. до н.э. С появлением культуры выращивания риса приблизительно в 300 г. до н.э. признаки убийства наблюдаются чаще, чем на одних из десяти останков.

В хорошо изученных археологических памятниках Северной Америки кое-какие из травм, которые обнаружили при

изучении костных останков, датированных очень ранним периодом, похоже, появились в результате личных, а не коллективных конфликтов. Археологический памятник во Флориде содержит свидетельства многочисленных кропролитий, произошедших около 5400 г. до н.э. На Тихоокеанском Северо-Западе такие же свидетельства появляются после 2200 г. до н.э., однако на юге, на Великих равнинах, зафиксирована только одна датированная до 500 г. н.э. насильственная смерть.

Почему это произошло?

Предпосылки к возникновению войн включают переход к оседлому образу жизни, рост численности населения в регионе, концентрацию ценных ресурсов, таких как домашний скот, увеличение сложности социальной организации и появление иерархии, торговлю ценными товарами, а также установление границ групп и коллективной идентичности. Эти условия иногда сочетались с серьезными изменениями окружающей среды. Война в Джебель-Сахабе, например, могла начаться из-за экологического кризиса, когда произошло понижение поймы Нила, приведшее к исчезновению плодородных заливных территорий, и люди в конце концов оставили эту местность. Позднее, столетия спустя после появления земледелия, находки неолитического периода в Европе (это только один из примеров) свидетельствуют, что когда людям есть за что сражаться, их сообщества начинают организовываться таким образом, чтобы обеспечить большую готовность для начала войны.

Археологические данные тем не менее имеют определенные ограничения, и мы должны искать ответы где-то еще. Предпосылки для возникновения войн могут проиллюстрировать данные этнографии — науки, изучающей различные культуры как в настоящем, так и в прошлом. Основные различия наблюдаются между «примитивными» и «сложноорганизованными» сообществами охотников-собирателей.

Большую часть времени, в течение которого существует человечество (более 200 тыс. лет), сообщества людей занимались простым собирательством и охотой. В общих чертах это выглядит следующим образом: такие объединенные группы людей существуют в виде небольших кочевых эгалитарных племен, которые расселяются на большой территории с низкой плотностью населения и обладают незначительной собственностью.

Сложноорганизованные сообщества охотников-собирателей, наоборот, живут в постоянных поселениях с населением из нескольких сотен человек. Они поддерживают социальную иерархию родственных групп и отдельных личностей, ограничивают доступ к пищевым ресурсам по линии родства и имеют более развитую систему политического лидерства. Признаки подобной сложной социальной организации впервые наблюдаются в мезолите. Появление сложноорганизованных сообществ охотников-собирателей иногда (но не всегда) связано со стадией, переходной к земледелию, которое служило основой для развития государственного строя. Кроме того, такие группы часто вели войны.

Однако предпосылки к возникновению войн — это всего лишь часть истории, и просто их наличия недостаточно, чтобы предсказать вспышки групповых конфликтов. В Южном Леванте, например, такие предпосылки существовали тысячи лет и при этом отсутствуют свидетельства ведения войн.

Тогда почему конфликты не возникали? Оказывается, во многих сообществах существуют также определенные предпосылки для мирного существования. Множество общественных договоренностей сдерживают войны: межгрупповые связи за счет родства и заключения браков; совместная охота и земледелие или разделение пищи; гибкость общественного устройства, позволяющая отдельным личностям перемещаться в другие группы; нормы, в рамках которых ценится мир и порицается убийство; и, наконец, признанные способы разрешения конфликтов. Эти механизмы не устраняют серьезный конфликт, но переводят его в такое русло, когда предотвращается убийство и в столкновении участвует ограниченное число людей.

Если это так, то почему более поздние археологические находки, а также наблюдения этнографов и антропологов насыщены свидетельствами смертельных конфликтов? В течение тысячелетий предпосылки для возникновения войн становились более распространенными в разных местах. Однажды появившись, война имеет тенденцию распространяться, при этом люди, склонные к насилию, замещают менее агрессивных. По всему миру основываются государства, а государства способны военизировать людей на периферии и вдоль торговых путей. Природные катаклизмы, такие как частая засуха, усугубляют

Как насчет наших родственников шимпанзе?

Антропологи выясняют, проявляют ли близкородственные приматы врожденную склонность к групповому убийству

Углубленное изучение вопроса о предрасположенности человека к ведению войн часто требует выхода за рамки нашего вида и исследования опыта родственных человеку шимпанзе. Я занимаюсь этой темой много лет и сейчас заканчиваю книгу «Шимпанзе, "война" и история» (*Chimpanzees, "War," and History*). Слово «война» я беру в кавычки, потому что у шимпанзе в межгрупповых конфликтах, которые иногда бывают коллективными и смертельными, отсутствуют социальные и когнитивные характеристики, присущие человеческим войнам.

В человеческих войнах участвуют противоборствующие стороны, часто включающие множество локальных групп, объединенных различными формами политической организации. Ведение войны поощряется особыми системами культуры — знаниями и ценностями, которые придают могущественный смысл выражению «мы против них». Такие социальные конструкции не имеют аналогов у других приматов. Несмотря на указанные различия, некоторые ученые утверждают, что шимпанзе демонстрируют врожденную склонность убивать чужаков, унаследованную от последнего общего предка шимпанзе и человека. Эта же сила, по их мнению, все еще подсознательно толкает людей к ожесточенным конфликтам с себе подобными из других сообществ.

В своей книге я оспариваю утверждение, что самцы шимпанзе обладают врожденным стремлением убивать чужаков. Наоборот, самое воинственное поведение может быть связано с особыми условиями, которые сложились в результате вмешательства людей в жизнь этих обезьян. Для разработки этой темы требовалось изучить все сообщения о случаях убийств у шимпанзе. Исходя из таких данных, можно сделать простые выводы. Критический анализ последних

подборок материалов об убийствах среди шимпанзе на 18 участках наблюдения — в сумме 426 лет полевых исследований — показывает следующее. Из 27 наблюдавшихся или предполагаемых случаев межгруппового убийства взрослых и подростков 15 стали результатом всего двух крайне неоднозначных ситуаций, которые возникли на двух участках в период наблюдений в 1974–1977 гг. и 2002–2006 гг. соответственно.

Два случая за девять лет полевых наблюдений — при подсчете получается, что в эти годы ежегодная частота убийства равна 1,67. В остальные 417 лет наблюдений этот ежегодный показатель в среднем составляет 0,03. Вопрос в том, объясняются ли выпадающие значения сформировавшимся в ходе эволюции адаптивным поведением или это результат вмешательства человека. Некоторые биологи-эволюционисты предполагают, что убийства обусловлены попытками сократить число самцов в конкурирующих группах. Однако те же данные показывают, что если из числа межгрупповых убийств самцов вычесть количество убийств внутри группы, то в результате межгруппового убийства численность самцов-чужаков сокращается на одну особь каждые 47 лет, реже, чем один раз за время жизни шимпанзе.

Сравнительное исследование конкретных примеров позволяет мне сделать вывод о том, что «война» среди шимпанзе — это не эволюционная стратегия, а вынужденный ответ на вмешательство человека. Последовательный анализ каждого случая покажет, что шимпанзе как вид — не «обезьяны-убийцы». Такое исследование ставит под сомнение теорию о том, что склонность человека к воинственному поведению может быть обусловлена древним генетическим наследием далекого общего предка шимпанзе и человека.

и создают условия, которые ведут к войне, а когда природные условия меняются к лучшему, мир так и не наступает. Особенно примечательно обострение в средневековом теплом периоде с 950 по 1250 г. н.э., который быстро сменился малым ледниковым периодом, начавшимся около 1300 г. н.э. В ту пору наблюдается увеличение числа военных конфликтов по всему миру, в том числе на территории обеих Америк и в Тихоокеанском регионе. В большинстве регионов мира к тому времени войны велись уже давно, но конфликты обострились, и это привело к резкому росту числа жертв.

Затем началась мировая экспансия европейцев, которая привела к трансформации и обострению, а иногда и к возникновению локальных военных конфликтов по всему миру. Конфронтации происходили не только в связи с сопротивлением завоеванию. Начались войны между представителями местного населения, которых колониальные власти вовлекали в новые военные действия и которые начинали враждовать из-за предлагаемых им товаров.

Взаимодействие между древними и современными расширяющимися государствами и вытекающие из этого конфликты способствовали ускоренному разделению и формированию особого племенного самосознания. Области, не подлежащие колониальному контролю, подверглись изменениям, связанным с масштабным влиянием торговли, болезней и вытеснением населения, каждое из которых вело к войне. Государства также провоцировали конфликты среди местного населения за счет насаждения политических институтов с четкими границами, которые заменяли аморфную местную самобытность и власти с ограниченными полномочиями, с которыми колонизаторам часто приходилось сталкиваться во время колониальных набегов.

Чтобы подтвердить теорию о том, что склонность человека втягиваться в смертельные групповые конфликты предшествовала появлению государства, ученые часто ищут свидетельства военных конфликтов в «племенных районах», которым, кажется, свойственны войны между

«дикарями», часто рассматриваемые как проявление человеческой природы. Но тщательное изучение зафиксированных этнографами случаев насилия среди местного населения позволяет посмотреть на ситуацию с иной точки зрения.

Примером заблуждений, связанных с проецированием этнографических наблюдений за современными людьми на далекое прошлое человечества, служат охотники-собиратели с северо-запада Аляски периода с конца XVIII в. до конца XIX в. В их устной традиции сохранились подробные предания о жестокой войне, в которой массово убивали жителей поселений. Эту историю о беспощадном убийстве приводят как доказательство ведения войн охотниками-собирающими до того, как их сообщества были разрушены расширяющимися государствами.

Однако данные археологии вместе с историей региона предоставляют основания для совершенно иной оценки. В археологических находках, связанных с примитивными культурами охотников-собирающих Аляски, датируемых ранним периодом, отсутствуют даже намеки на ведение войн. Первые признаки вооруженных столкновений относятся к периоду между 400 и 700 гг. н.э., и, вероятно, эти конфликты возникли в результате контакта с переселенцами из Азии или с юга Аляски, где войны уже велись. Однако такие конфликты имели ограниченный характер и, возможно, были не столь интенсивны.

В благоприятных климатических условиях к 1200 г. н.э. в сообществах этих китобоев сформировалась сложная социальная структура с более высокой плотностью оседлого населения и расширением зоны торговли. Спустя два века война стала распространенным явлением. Тем не менее в XIX в. война приобрела серьезные масштабы, причем настолько, что привела к уменьшению численности местного населения. Эти конфликты более позднего периода — те, которые нашли отражение в устной традиции, — были связаны с расширением государства по мере развития крупных торговых сетей из новых русских перевалочных пунктов в Сибири и привели к исключительной территориальности и централизации сложноорганизованных племенных групп вдоль Берингова пролива.

Суровая правда жизни? Вовсе нет

Спор о войне и природе человека будет разрешен еще не скоро. Теория о том, что

в доисторический период повсюду велись ожесточенные войны с большим количеством жертв, имеет много сторонников. Эта идея находит отклик у тех, кто уверен, что человечество как вид предрасположено к войне. Как сказала бы моя мама: «Просто обратитесь к истории!» Однако «голуби» получают перевес, когда во внимание принимаются все данные. В основном находки, датируемые ранним периодом, редко предоставляют свидетельства того, что война была суровой правдой жизни.

Люди есть люди. Они вступают в противоборство и иногда убивают. Человечество всегда обладало способностью вести вой-

Человечество всегда обладало способностью вести войны, если так диктовали условия и культура. Но подобные условия и порождаемые ими воинственные культуры появились только в течение последних 10 тыс. лет

ны, если так диктовали условия и культура. Но подобные условия и порождаемые ими воинственные культуры появились и распространились только в течение последних 10 тыс. лет, а в некоторых регионах — еще позже. Данные о многочисленных убийствах, о которых часто сообщается в истории, этнографии и археологии более позднего периода, опровергаются археологическими находками, датируемыми самым ранним периодом, по всему миру. Самые древние костные останки и артефакты служат подтверждением высказывания, вынесенного в заголовок вышедшей в 1940 г. статьи Маргарет Мид: «Война — это всего лишь изобретение, а не биологическая необходимость». ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- War in the Tribal Zone: Expanding States and Indigenous Warfare. Edited by R. Brian Ferguson and Neil L. Whitehead. School of American Research Press, 1992.
- Beyond War: The Human Potential for Peace. Douglas P. Fry. Oxford University Press, 2007.

ЧАСТЬ III

Кроме
нас

ЛЮДИ ИЗМЕНЯЮТ ХОД ЭВОЛЮЦИИ

**ДАРВИН
В БОЛЬШОМ
ГОРОДЕ**

Менно Шильтхейзен



М

ой приятель Франк резко вскидывает вверх руки, едва не опрокидывая стоящие на столе стаканы с пивом. Губами он при этом пытается воспроизвести свистящий звук режущих воздух птичьих крыльев. Мы мирно сидим в моем маленьком заднем дворике в Лейдене, а Франк снова и снова старается изобразить сокола-сапсана, раз-другой в день пролетающего мимо окна его врачебного кабинета в местной больнице. Птица, сжимая в лапах свежеебитого голубя, устремляется к своему гнезду, расположенному под громадной светящейся вывеской на крыше здания. А спустя несколько секунд после этого на землю начинают плавно опускаться вырванные из тела жертвы пух и перья.

Сапсан — лишь один из множества видов птиц, освоивших в последнее время городской образ жизни. В природе эти соколы охотятся на птиц средних размеров среди скал, но по мере того как люди на всей планете превращают природную среду в искусственные «горные ландшафты» из высотных жилых и офисных зданий, сапсаны охотно переселяются со скалистых уступов на карнизы небоскребов, а вместо уток и соек начинают охотиться на голубей. В некоторых частях Европы и Северной Америки большинство сапсанов сегодня гнездятся в городах.

Подобное случайное сходство между городскими и природными ландшафтами привлекает в мегаполисы все больше представителей дикой фауны и флоры. Пещерные тараканы идеально приспособлены к жизни в наших темных и сырых домах.

Прибрежные растения прекрасно себя чувствуют на обочинах городских дорог, зимой обильно обрабатываемых солью. Благодаря ловким, невероятно подвижным передним лапам еноты без труда открывают стоящие на улицах мусорные баки и контейнеры. Почти на всех континентах люди создали огромные поселения: к 2030 г. население более 600 городов планеты будет превышать 1 млн человек. Ни один вид живых существ до сих пор еще не создавал в таких огромных масштабах новые условия, пригодные для жизни других организмов.

Крупные города — с их громадными конструкциями из бетона, стекла и стали, улицами с мчащимися непрерывным потоком автомобилями, искусственным люминесцентным светом, пропитанные вредными химикатами — представляют

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Улитки, одуванчики, рыбы и многие другие живые существа приспосабливаются к городской среде самыми разными способами.
- Эволюция многих организмов протекает в городах гораздо быстрее, чем в естественной среде.
- Поскольку в разных частях света условия жизни в городах во многом схожи, со временем эволюционирующие здесь виды могут становиться в чем-то похожими друг на друга.
- Многие животные и растения никогда не смогут адаптироваться к городским условиям и всегда будут нуждаться в защите людей.



собой экстремальную, но во многом благоприятную среду обитания. Хотя условия существования здесь довольно суровые, она обеспечивает животных и растения множеством преимуществ, в частности накопленными людьми пищевыми и другими ресурсами. Как и в экстремальных видах природной среды (например, пустынях, горячих серных источниках и глубоких пещерах), эволюцией населяющих города животных и растений управляет это сочетание рисков и возможностей. С каждым годом экологам всего мира все более очевиден тот факт, что города стали своего рода «скороварками» эволюции — местами, вынуждающими живые существа быстро и основательно адаптироваться к стремительно меняющимся условиям.

Находчивые улитки и одуванчики

Признаки городской эволюции можно увидеть, едва выйдя на улицу. Неплохой пример — маленький дворик позади моего дома. Должен признаться: будучи биологом, я отлично понимаю, что мой сад представляет собой печальное зрелище и, он служит предметом постоянных насмешек со стороны Франка. Из щелей между старыми



Городские одуванчики изменяют форму своих плодиков, благодаря чему их семена падают прямо вниз на крошечный клочок драгоценной почвы. **Серые крестовики**, обычно избегающие солнечного света, в городах предпочитают сооружать ловчие сети из паутины под уличными фонарями.

садовыми плитками торчат самые разнообразные сорняки. В одном углу сада растет запущенный розовый куст, а в другом стоит горшок с неухоженной гортензией. Еще здесь растут хмель и другие вьющиеся растения, бесцеремонно оплетающие своими стеблями садовый забор.



Но эти заросли хмеля — одно из моих любимых свидетельств городской эволюции. Я осторожно отодвигаю стебли

Искусство выживания. Городские голуби совершенно не боятся автора статьи, но научились прятаться от охотящихся на них сапсанов, численность которых в городах постоянно увеличивается. Раковины живущих в городах улиток становятся все светлее: это помогает моллюскам меньше нагреваться на солнце.

растения от забора и показываю Франку лесных улиток, кормящихся его отмершими прошлогодними побегами. Лесные улитки (*Cerata nemoralis*) обитают в Центральной и Западной Европе и были завезены в Северную Америку. Их раковина может быть окрашена в различные цвета и обладать различным полосатым узором. Такие различия закодированы в ДНК животных. Раковины моих улиток светло-желтые и украшены одной-пятью черными спиральными полосами.

Почему желтые? Ответ дает так называемый эффект теплового городского острова. В городах, как правило, теплее, чем в окружающей их сельской местности, потому что здания и улицы здесь поглощают много солнечного тепла. Это тепло вместе

ОБ АВТОРЕ

Менно Шильтхейзен (Menno Schilthuis) — старший научный сотрудник Нидерландского центра биоразнообразия *Naturalis* в Лейдене и профессор эволюционной биологии в Лейденском университете.



с теплотой, порождаемой активностью миллионов людей и машин, создает вздымающийся над городом «купол» теплого воздуха. В центре даже такого сравнительно небольшого городка, как Лейден, температура воздуха в среднем на 2–3° С выше, чем в его предместьях. А в Нью-Йорке, Токио и других крупных городах эта разница может превышать 10° С. Для улиток, которые в летнюю засуху иногда вынуждены проводить целые недели, прикрепившись к заборами и стенам, чрезмерная жара может стать фатальной — особенно если их раковины имеют темную окраску, активно поглощающую тепловую энергию. Естественный отбор заставил лесных улиток, обитающих в городах, стать светлее. Но за пределами городской черты чаще встречаются улитки с красноватыми или бурыми раковинами.

Едва выйдя за ворота моего сада, мы с Франком натываемся на второй наглядный пример городской эволюции — одуванчики! На улице они растут в трещинах старых тротуаров. Одни растения щеголяют золотистыми корзинками цветков, а на других уже созрели пушистые шарики из крошечных семян, снабженных пучками длинных волосков. В природе эти плодики-парашютики разносятся ветром на значительные расстояния от материнских растений, а затем опускаются на землю, где и прорастают — подальше от своих родителей и собратьев. Такой способ распространения семян ослабляет конкуренцию между растениями. Но в городе эта стратегия почти не работает — ведь единственным плодородным местом в обозримых окрестностях нередко оказывается крошечный клочок земли, где произрастает материнское растение. Семена, подхваченные ветром, скорее всего упадут на асфальт или бетонную поверхность. А потому одуванчику выгоднее образовывать тяжелые семена, падающие прямо на землю рядом с родителем. Именно такую картину и наблюдала в 2012 г. Аратхи Сешадри (Arathi Seshadri) из Университета штата Колорадо. Исследовательница обнаружила, что парашютики городских одуванчиков отличаются более удлиненной формой и падают

на землю вдвое быстрее, чем семена луговых одуванчиков с более короткими и широкими пучками волосков.

Огни большого города

Продолжая свою познавательную прогулку, мы с Франком тем временем пересекаем улицу и направляемся к каналу Галгеватер, на берегу которого когда-то стоял дом, где родился Рембрандт. Подойдя к одному из подвесных мостов, мы замечаем висящие повсюду ловчие сети пауков. Конструкции из паутины развешаны между его бал-

Никогда прежде экстремальная среда не была представлена на планете в столь широких масштабах. Не исключено, что отважные существа, параллельно адаптирующиеся к сходным городским условиям жизни и вынужденные одинаково решать многие ее проблемы, в результате станут в чем-то похожими друг на друга

ками, опорами, перилами и даже на окнах стоящих у берега плавучих домиков. Крупные круговые сети размером от столовой тарелки до велосипедного колеса ярко блестя на солнце. Словно мрачное напоминание о некогда стоявшей здесь виселице, с нитей паутины свисают высохшие тельца бабочек, мух и прочих жертв пауков.

Но самих хозяев ловчих сетей, серых крестовиков (*Larinioides sclopetarius*), нигде не видно: эти пауки ведут ночной образ жизни. В дневные часы они прячутся в укрытиях, куда не проникает солнечный свет, а на поиски жертв, запутавшихся в их сетях, выползают только с наступлением темноты. Тем не менее свои паутинные сети серые крестовики сплетают прямо под освещающими мосты фонарями. Превратившись в горожан, они отказались от своих природных традиций, потому что свет фонарей привлекает насекомых. В 1990-х гг. австрийский арахнолог Астрид Хайлинг (Astrid Heiling) обнаружила, что городские серые крестовики обладают врожденной

ном центре Базеля и такое же количество ее личинок в темных лесах в окрестностях города. Своих питомцев он выращивал в лаборатории, а чтобы не перепутать городских и лесных гусениц, наносил им на спинки различные цветные метки. Когда гусеницы превратились в бабочек, энтомолог выпустил более 1 тыс. насекомых в просторный темный вольер, в одном углу которого находилась единственная люминесцентная лампа. Как и следовало ожидать, лесные бабочки начали порхать вокруг лампы, а их городские сородичи по преимуществу игнорировали свет и держались в основном в темных частях вольера. Алтерматт заключил, что городские моли приобрели врожденную устойчивость к искусственному свету.

Нередко живым существам удается адаптироваться к городским условиям жизни за десятилетие-другое или даже всего за несколько лет. Многие ученые сомневаются, что эволюция может протекать такими стремительными темпами. Ведь, как писал Дарвин в «Происхождении видов», «мы ничего не замечаем в этих медленных переменах в развитии, пока рука времени не отметит истекших веков»

Скоростная эволюция

Несколько примеров городской эволюции живых существ, с которыми мы с Франком столкнулись во время нашей короткой прогулки, отражают широкомасштабный процесс, бурно протекающий в городских экосистемах по всему свету. Помимо рассмотренного выше эффекта теплового городского острова, обилия непроницаемых поверхностей и светового загрязнения среды городские животные и растения постоянно сталкиваются и с множеством других проблем — сильным шумом, химическим загрязнением среды, дорожным движением и т.д. Биологи, изучающие эволюцию городских организмов, обнаружили массу примеров того, как живые существа приспосабливаются к этим стрессовым факторам.

«любовью» к искусственному свету, хотя, как и их дикие сородичи, стараются избегать солнечного света.

Любопытно, что эволюция по меньшей мере одной из жертв пауков шла в противоположном направлении. Для многих насекомых ночные источники света представляют смертельную опасность. Они гибнут от ожогов, умирают от истощения, беспрерывно кружась вокруг светильников, или запутываются в ловчих сетях пауков. По мнению многих энтомологов, влечение к свету настолько жестко «впаяно» в программу инстинктивного поведения насекомых, что они не могут отказаться от этой реакции, даже рискуя жизнью.

Данную точку зрения, однако, не разделяет швейцарский энтомолог Флориан Алтерматт (Florian Altermatt), изучающий маленькую горностаевую моль (*Yponomeuta cagnagella*). Ученый собрал несколько сотен гусениц этой бабочки в ярко освещен-

янно сталкиваются и с множеством других проблем — сильным шумом, химическим загрязнением среды, дорожным движением и т.д. Биологи, изучающие эволюцию городских организмов, обнаружили массу примеров того, как живые существа приспосабливаются к этим стрессовым факторам. Так, Эндрю Уайтхед (Andrew Whitehead) и его сотрудники из Калифорнийского университета в Дэвисе установили, что фундулы (*Fundulus heteroclitus*) — маленькие рыбки, живущие у восточного побережья США, — могут вырабатывать фантастическую устойчивость к полихлорированным бифенилам (ПХБ): они выживают в воде, где концентрация ПХБ в 8 тыс. раз выше той, что обычно вызывает гибель рыбок.

Биологические факторы, похоже, оказывают на эволюцию городской жизни еще более сильное влияние, чем физические и химические. Новые обитатели городов вынуждены жить в пестрой компании

чужеродных видов, случайно или намеренно интродуцированных в города людьми (декоративных растений, сельскохозяйственных культур и их вредителей, домашних животных, разнообразных насекомых и сорняков, невольно завезенных людьми в города на своей одежде или в автомобилях). В совокупности все эти организмы образуют сообщество видов, которые волею неволей вынуждены жить бок о бок друг с другом, не имея даже возможности как следует приспособиться к своим соседям. Совместная эволюция этих разношерстных существ приводит к возникновению новых форм поведения. Так, экзотические попугаи могут приспособиться к кормежке семенами местных городских растений, а местные городские птицы — вырабатывать новые способы борьбы с чужеродными паразитами.

Все эти вызовы, риски и возможности порождают мощную силу, заставляющую городские виды стремительно эволюционировать в быстро меняющихся условиях. Нередко живым существам удается основательно адаптироваться к городским условиям жизни за десятилетие-другое или даже всего за несколько лет. Многие ученые сомневаются, что эволюция и в самом деле может протекать такими стремительными темпами. Ведь, как писал Дарвин в «Происхождении видов», «мы ничего не замечаем в этих медленных переменах в развитии, пока рука времени не отметит истекших веков». И тем не менее под сильным давлением естественного отбора эволюция может протекать гораздо быстрее, чем полагал Дарвин, — особенно организмов, способных размножаться по несколько раз в год.

Анализ данных более 1,6 тыс. исследований, проведенный группой ученых под руководством Марины Альберти (Marina Alberti) из Вашингтонского университета и опубликованный в прошлом году в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, убедительно показал, что урбанизация и в самом деле сильно ускоряет эволюцию (в некоторых случаях ее темпы увеличиваются вдвое). И один из самых мощных движущих факторов такого ускорения — интродукция в городскую среду «экзотических» видов живых существ.

Означает ли это, что все попавшие в город организмы в конце концов начинают чувствовать себя здесь как дома? Всем ли видам удастся адаптироваться к измененной людьми среде обитания, которая со временем получит на планете еще более широкое

распространение? К сожалению, нет. В городах смогут выжить и процветать лишь немногие виды живых существ. Большинству видов так никогда и не удастся приспособиться к городским условиям, и в конце концов они исчезнут из городских экосистем. А потому множество животных и растений по-прежнему будут нуждаться в заповедниках, охраняемых зонах, природоохранных законах и прочих гарантиях, которые обеспечат им выживание в первоначальной природной среде.

Тем не менее стремительное распространение по планете городских экосистем можно рассматривать как качественно новый этап развития жизни на Земле. Никогда прежде экстремальная среда не была представлена здесь в столь широких масштабах. В разных частях света города обладают рядом общих характеристик, а значит, растения и животные будут адаптироваться к их условиям сходным образом. Многие городские виды (сизый голубь, белый клевер, одуванчик и т.д.) распространены по всей планете, и мировое сообщество биологов, изучающих городскую природу, пытается отслеживать все происходящие с ними изменения.

Не исключено, что все эти отважные существа, параллельно адаптирующиеся к сходным городским условиям жизни и вынужденные одинаково решать многие ее проблемы, в результате станут в чем-то похожими друг на друга. Возможно, глобальная гомогенизация станет главной характеристикой, отличающей городскую эволюцию от естественной, и своего рода клеймом, свидетельствующим о влиянии человека на этот процесс. Поскольку такая ситуация экологически беспрецедентна, о том, какой поворот события получат в будущем, ученым остается лишь гадать. ■

Перевод: А.В. Щеглов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Darwin Comes to Town: How the Urban Jungle Drives Evolution. Menno Schilthuis. Picador, 2018.
- The Influence of Human Disturbance on Wildlife Nocturnality. Kaitlyn M. Gaynor et al. in *Science*, Vol. 360, pages 1232–1235; June 15, 2018.

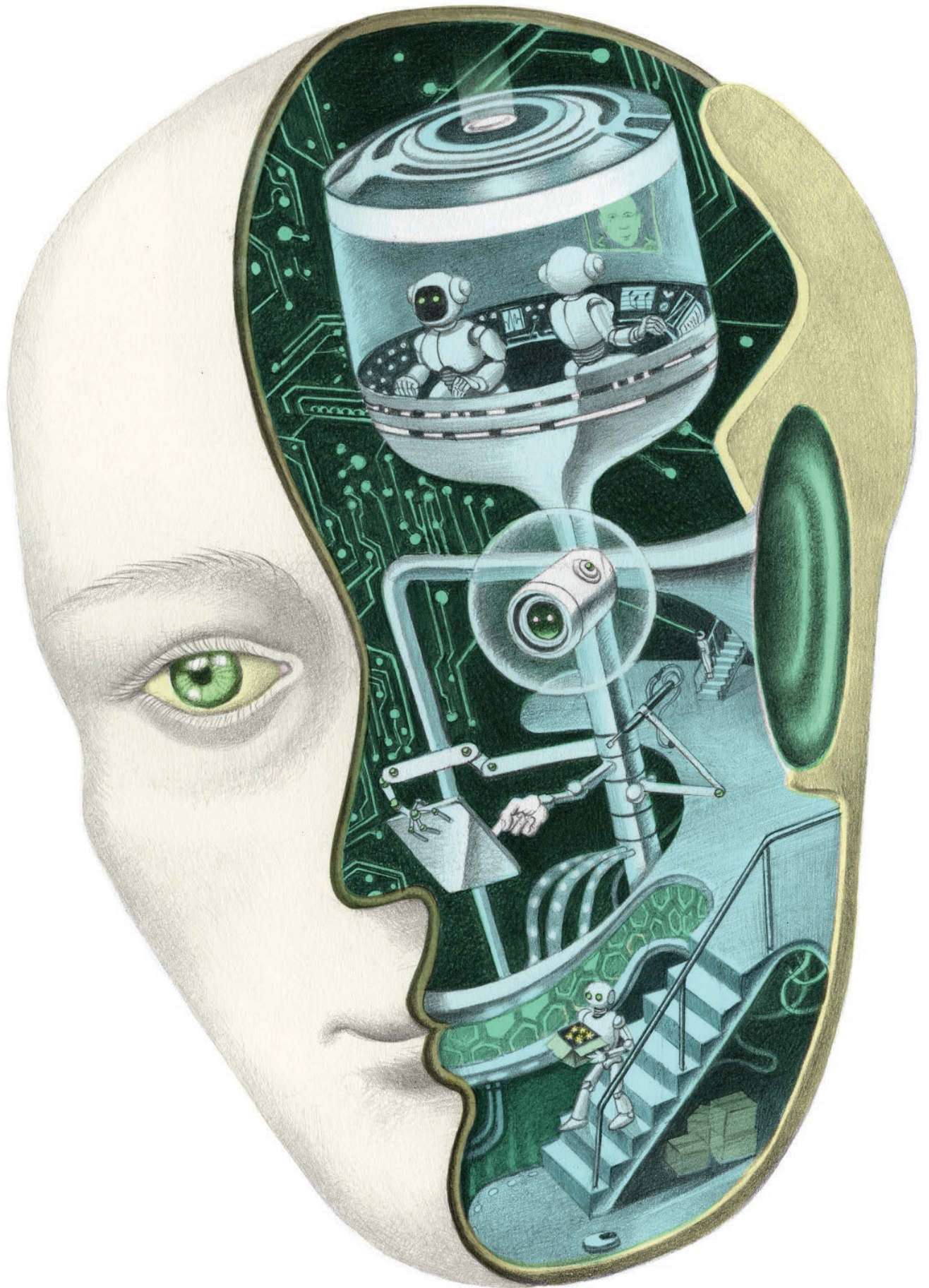
ЧАСТЬ III

Время
нас

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ — НАШ ПОМОЩНИК, А НЕ КОНТРОЛЕР

**НАШИ
ЦИФРОВЫЕ
ДВОЙНИКИ**

Педро Домингос



Ч

еловек — единственное живое существо на Земле, способное создавать машины. Но создавая их, он выходит в своих возможностях за рамки биологических ограничений. Благодаря инструментам и приспособлениям его руки могут делать гораздо больше, чем заложено в них природой. Сконструированные человеком автомобили мчат его со скоростью, недостижимой ранее, самолеты поднимают в воздух и переносят на огромные расстояния. Компьютеры «расширяют» наш головной мозг и увеличивают объем памяти, а смартфоны по-новому организуют повседневную жизнь. Разрабатываемые нами сегодня технологии способны к саморазвитию благодаря заложенной в них способности к использованию и переработке информации. Но не приведет ли это к тому, что умные машины попросту вытеснят нас? А может быть, они расширят наши возможности, доведя человеческие качества до совершенства?

Обучаемые машины появились в 1950-х гг. в результате пионерских работ Фрэнка Розенблатта (Frank Rosenblatt), который создал электронный нейрон, умеющий распознавать цифры, и Артура Сэмюэла (Arthur Samuel), снабдившего компьютер программой, следуя которой он играет с самим собой до тех пор, пока не победит некоего реального соперника. Но только за последние десять лет в этой области произошел настоящий прорыв: появились беспилотные автомобили, виртуальные помощники, которые понимают отдаваемые им приказы, и бесчисленное множество других приложений.

Каждый год разрабатываются сотни новых алгоритмов, задающих компьютеру те или иные последовательности действий. Однако принципиальная особенность обучаемых машин состоит в том, что вместо их детального программирования мы ставим перед ними глобальную цель, например: «Научись играть в шахматы». Как и человек, они начинают с приобретения «жизненного опыта». Обучающие алгоритмы распадаются на пять категорий, каждая из которых восходит к конкретной научной области. Один из примеров — обучение компьютера имитации естественного отбора через последовательное изменение алгоритмов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Создание искусственного интеллекта можно рассматривать как часть эволюции человека. На следующем ее этапе нам понадобится так называемый универсальный алгоритм. Он объединит в себе пять основных способов, какими нынешние обучаемые машины совершенствуют друг друга.
- Любая технология расширяет возможности человека. Машины не обладают свободой воли, цели и задачи задаем мы. Нас должно беспокоить не превосходство роботов над нами, а неправильное использование технологий.
- Наиболее вероятный сценарий развития ИИ на ближайшее будущее — совершенствование наших «цифровых двойников», виртуальных моделей, способных взаимодействовать с бесчисленным числом других. Все это должно помочь нам делать ежедневно множество осознанных выборов с невероятной скоростью.

ОБ АВТОРЕ

Педро Домингос (Pedro Domingos) — профессор компьютерных наук из Вашингтонского университета, автор книги «Верховный алгоритм» (*The Master Algorithm*, 2015). Член Ассоциации по продвижению искусственного интеллекта (AAAI). Живет близ Сиэтла.



В лаборатории креативных машин в Колумбийском университете пытаются научить примитивных роботов ползать или летать, для чего периодически комбинируют и видоизменяют 3D-печать для каждой следующей генерации. Начав со случайно собранных ботов, только-только научившихся перемещаться, конструкторы получали через тысячи генераций конструкции «робот-паук» и «робот-стрекоза».

Как известно, эволюция — медленный процесс. Углубленное обучение, наиболее популярная сегодня парадигма, инспирирует работу головного мозга. Мы начинаем с простейшей математической модели, описывающей работу нейрона, затем создаем сеть из тысяч миллионов элементов и обучаем ее постепенному упрочнению связей между нейронами, которые активизируются одновременно, как только получают сигнал. Такие нейронные сети способны распознавать лица, понимать человеческую речь и переводить тексты с одного языка на другой с беспрецедентной точностью. Машинное обучение начинает проникать в область психологии. Подобно нам, людям, аналоговые алгоритмы способны решать новые задачи, отыскивая сходные ситуации в памяти.

Машины можно обучить автоматизировать научные методы. Формулируя какую-нибудь новую гипотезу, символический «учитель» инвертирует процесс дедукции: я знаю, что Сократ — человек; какая еще информация мне нужна, для того чтобы утверждать, что он смертен? Допустим, нам достаточно знать, что человек смертен; тогда эту гипотезу можно проверить, посмотрев, смертны ли все другие люди из поколения Сократа. Ева, биоробот, созданный в Манчестерском университете в Англии, использовала этот подход для создания потенциального противомаларийного средства. Исходя из данных о конкретном заболевании и знакомства с основами молекулярной биологии, она выдвинула ряд гипотез по поводу того, какие семейства лекарственных средств могли бы работать,

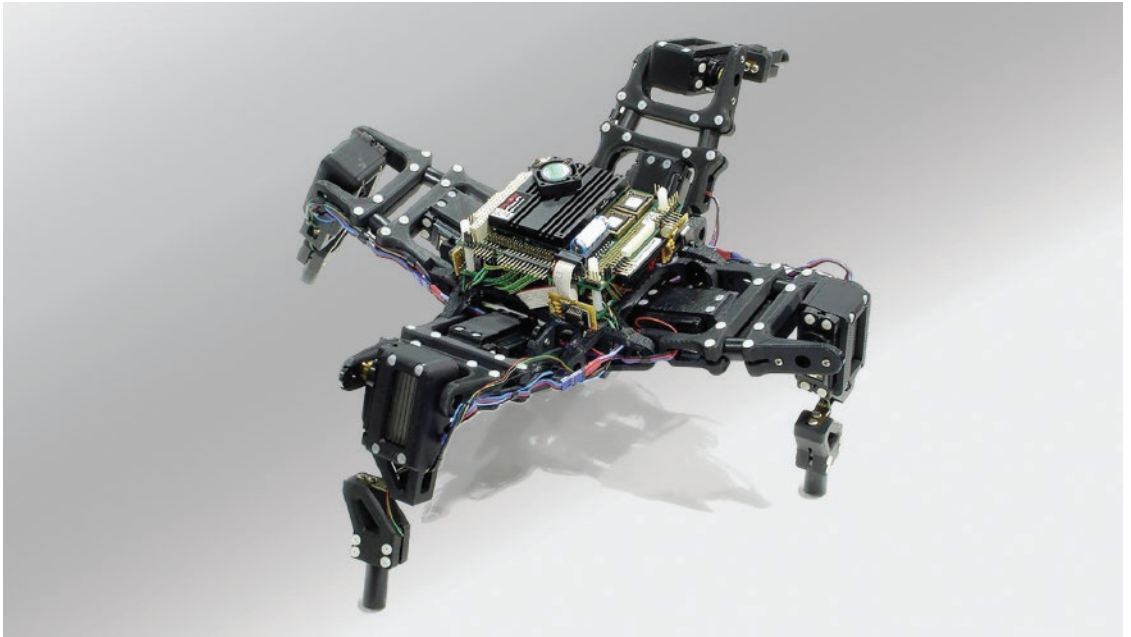
спланировала эксперимент для их проверки, провела его в роболaborатории, многократно проверила и отвергла одну возможность за другой и остановилась, только когда ее все устроило.

Наконец, обучаемые машины могут работать, полагаясь только на математику и прежде всего — на теорию вероятностей Байеса. Согласно этой теории, гипотезам, основанным на нашей информации, приписывается некая исходная вероятность, а затем та, которая лучше других согласуется с имеющимися данными, считается более приемлемой, чем все оставшиеся. Таким образом, каждой из гипотез придается определенный вес — тем больший, чем она вероятнее. Машины, сконструированные по принципу Байеса, иногда ставят бо-

Обучаемые машины могут работать, полагаясь только на математику и прежде всего — на теорию вероятностей Байеса. Сконструированные по принципу Байеса, они иногда ставят более точный диагноз, чем врачи

лее точный диагноз, чем врачи. На их основе создаются фильтры, не пропускающие спам, и системы, которые Google используют для отбора недостающей информации.

У каждого типа обучающих машин есть свои сильные и слабые стороны. Так, глубокое обучение оптимально для решения проблем восприятия, например зрения и слуха, и для распознавания речи, но не для проблем когнитивного характера, таких как приобретение обычных знаний или умение обосновывать те или иные положения. При символическом обучении все



Умный бот. Эта «морская звезда» использует эволюционные алгоритмы для моделирования самой себя. Подобные алгоритмы — один из видов машинного обучения, который в сочетании с другими позволяет создать «универсальный алгоритм», мощнейший инструмент — помощник человека.

наоборот. Эволюционные алгоритмы способны решать более сложные задачи, чем построение нейронных сетей, но для достижения цели требуют очень много времени. Аналоговые методы могут использоваться при обучении совсем небольшое число установок, но становятся в тупик, когда получают о каждой из них слишком много информации. Обучение по Байесу особенно полезно, когда вы имеете небольшой объем данных, и может быть необоснованно дорогим при работе с массивами данных.

Такое разнообразие сфер применения подталкивает разработчиков к заимствованию всего лучшего, на что способны обучаемые машины, составлению некоей компиляции. Подобно инженеру, пытающемуся изготовить ключ, который открывал бы все замки, мы стараемся разработать многоцелевой алгоритм — такой, который мог бы обучить всему, что можно извлечь из имеющихся данных, всей заключенной в них информации.

Нам нужно решить такую же задачу, как и физикам: квантовая механика успешно справляется с описанием природы вещей в микромире, а общая теория относительности — с явлениями космического масштаба, но эти две разномасштабные сущности необходимо как-то примирить. И, следуя Джеймсу Клерку Максвеллу, объединившему свет, электричество и магнетизм и создавшему

теорию электромагнитного поля, разные группы ученых, в том числе и наша из Вашингтонского университета, ищут пути к унификации двух или более парадигм обучения машин. Прогресс в науке развивается нелинейно, и мы не можем предвидеть, когда произойдет полная унификация алгоритмов. Это вовсе не обязательно приведет к появлению новой, доминирующей когорты машин. Вероятнее всего, это ускорит прогресс человечества.

Смена парадигм

Как только мы создадим универсальный алгоритм с использованием огромного массива данных, содержащихся в каждом из нас, системы искусственного интеллекта в принципе смогут построить очень точные и детальные модели любого человека: описать его вкусовые предпочтения и привычки, слабые и сильные стороны; способность к запоминанию, желания, убеждения и личностные характеристики, близких ему людей и животных, его поведение в той или иной ситуации. Подобные модели смогут предугадывать, какой выбор мы сделаем в определенных обстоятельствах.

Есть опасение, что машины с такими возможностями используют новоприобретенные знания для того, чтобы выполнять за нас всю работу, подчинить нас

себе и даже уничтожить. Однако это вряд ли случится, поскольку они не обладают собственной волей. Практически все ИИ-алгоритмы руководствуются тем, что мы в них заложили; они, например, без труда найдут кратчайший путь от отеля до аэропорта, если перед ними поставит такую цель. Отличие алгоритмов высокого уровня от обычных заключается в их изощренности в решении задачи, в поиске оптимальных путей, обычные же алгоритмы просто выполняют определенную, заданную человеком последовательность действий. Даже если они приобретают в ходе работы какие-то новые навыки, цель их действий остается прежней. Решения, которые не направлены к достижению поставленной цели, автоматически отбрасываются. Кроме того, мы всегда можем проверить, соответствует ли продукт, «выпущенный» машиной, нашим желаниям. Мы следим за тем, чтобы машина не вышла в своих действиях за рамки наложенных нами ограничений, что-то вроде соблюдения правил дорожного движения.

Однако когда мы представляем себе искусственный интеллект, мы склонны проецировать на него человеческие качества, такие как воля и сознание. Большинство из нас также больше знакомы с человекоподобными умными машинами, такими как домашние роботы, чем с множеством машин других типов, которые выполняют свою работу «за кулисами». Голливуд усугубляет это восприятие, изображая роботов похожими на людей, — понятная тактика, которая делает историю более привлекательной. Искусственный интеллект просто-напросто позволяет решать сложные задачи — те, для которых не нужна свобода воли. То, что он способен обернуться против нас, не более вероятно, чем если бы наша рука ударила нас. Как и все технологии, он лишь расширяет наши собственные возможности. И чем совершеннее он будет, тем лучше для нас.

Что же нас ждет в будущем? Умные машины освободят нас от многих видов деятельности, но результат будет сходным с тем, к которому привела промышленная революция. 200 лет назад большинство жителей Америки занимались сельским хозяйством. Сегодня почти всех их вытеснили машины, и это не привело к массовой безработице. Скептики возражают, что сейчас другие времена, поскольку ИИ-машины

замещают наши мозги, а не просто мускулы, по сути, не оставляя человеку ничего. Но до тех времен, когда ИИ сможет взять на себя абсолютно все, очень далеко, а скорее всего этого вообще не произойдет. Что касается обозримого будущего, то у ИИ и человека будут разные сферы деятельности. Самое главное, в чем обучаемые машины превзойдут человека, состоит в снижении ценности интеллекта в том смысле, что они опосредуют появление множества экономически полезных применений интеллекта, создавая новые виды деятельности и преобразуя старые так, чтобы они становились более результативными при тех же затратах человеческих ресурсов.

Описанный здесь сценарий можно назвать «сингулярным»; его поклонником и пропагандистом выступает футуролог Рэй Курцвейл (Ray Kurzweil). Это один из самых «быстрых» среди когда-либо существовавших ускорителей технологического прогресса: машины обучают создавать

Ваш цифровой двойник заменит вас практически во всех видах виртуальных взаимодействий: просмотрит все варианты покупки и расскажет вам о них, заменит вас на интервью с работодателем, проанализирует возможные способы лечения и порекомендует наиболее эффективные

еще лучшие машины, те, в свою очередь, — еще более умные, и т.д. Но, как известно, этот процесс не может длиться вечно, поскольку законы физики налагают строгие ограничения на мощность даже квантового компьютера, и похоже, мы не так уж далеки от этого предела. Прогресс в области искусственного интеллекта, как и в любой другой области, в конце концов выходит на плато.

Другая популярная среди футурологов концепция заключается в том, что компьютерные модели будут настолько совершенны, что их нельзя будет отличить от исходного объекта (или субъекта). Согласно этому сценарию, мы можем загрузить себя в определенное облако и постоянно находиться там как часть программы,

не связанные никакими ограничениями физического мира. Одна из проблем этого сценария заключается в том, что он может быть биологически несостоятельным. Чтобы загрузить себя, необходимо вначале с высокой точностью смоделировать каждый нейрон вместе с той информацией, которую он передает. Эта «копия» должна быть настолько реалистична, чтобы предсказания модели нельзя было тут же отделить от поведения настоящих нейронов, — нелегкая задача! Но даже если бы эта опция была достижима, согласились бы вы быть загруженными в программу, будь у вас такой шанс? Где гарантия, что в вашей модели не будет упущена какая-нибудь существенная часть — или что она вообще будет что-либо осознавать? Что если вирус украдет вашу идентичность в полном смысле этого слова? Мне кажется, любой из нас предпочтет остаться в своей «мягкой», углеродной ипостаси — как в шутку это называют компьютерщики, *wetware* (в отличие от *software*).

Учитывая, как быстро совершенствуются обучаемые машины, а прогнозирующие полицейские системы уже используются, можно сказать, что сценарий фильма «Особое мнение» (где людей арестовывают превентивно, когда они как бы задумывают что-то противозаконное), уже не кажется абсурдным

Ищите человека

Искусственный интеллект, в частности обучающие машины, — в буквальном смысле продолжатель эволюции человека. Ричард Докинз в книге «Расширенный фенотип» (*The Extended Phenotype*) показывает, как легко гены животных манипулируют окружающей средой — начиная с кукушечьих яиц и кончая бобровыми плотинами. Любая технология — это расширение человеческого фенотипа, и то, что мы создаем сегодня, — очередной слой нашего технологического экзоскелета. Я думаю, наиболее вероятный сценарий того, как человек

будет использовать искусственный интеллект, далеко выходит за рамки наших сегодняшних спекуляций.

В ближайшее десятилетие у каждого из нас, вероятно, будет свой «цифровой двойник», ИИ-компаньон, гораздо более полезный, чем современный смартфон. Этот двойник не должен будет находиться у вас в кармане или где-нибудь поблизости. Скорее всего он будет «жить» в облаке, так, как это происходит сегодня с большинством ваших данных. Его прообразом может служить виртуальный ассистент, такой как *Siri*, *Alexa* и *Google Assistant*. «Сердцем» двойника будет ваша модель, построенная исходя из всей информации, которую вы поставили когда-либо цифровому миру: от настольного компьютера и различных интернет-сайтов до гаджетов и сенсоров, говорящих устройств и видеокамер.

Чем совершеннее становится алгоритм и чем больше персональных данных в него заложено, тем адекватнее становится наш цифровой двойник. Создав универсальный алгоритм и соединив его с помощью датчиков с вашей чувственно-моторной системой, вы получите цифрового двойника, знающего о вас больше, чем ваши ближайшие друзья.

Сама модель и соответствующая информация будут храниться в «банке данных», сходном с обычным банком, в котором вы держите свои сбережения. Наверняка многие компании хотели бы оказывать подобные услуги. Сооснователь *Google* Сергей Брин заявил, что *Google* желал бы стать «третьей частью вашего мозга», но вы сами вряд ли согласитесь на такое замещение.

Несмотря на все сказанное выше, основная угроза человечеству от искусственного интеллекта связана не с тем, что он самопроизвольно превратится в монстра, а с тем, что человек, который им управляет, воспользуется им ненадлежащим образом. И первейшая задача банка данных будет состоять в том, чтобы вашу модель никто не мог использовать в обход вас. Вместе с банком вы должны тщательно следить за тем, чтобы к модели не получили доступа криминальные элементы. Понадобится создать ИИ-полицию (полицию Тьюринга, как назвал ее Уильям Гибсон в своей книге «Нейромант», вышедшей в 1984 г.), отлавливающую таких мошенников.

Если вы по несчастью живете в авторитарном государстве, то этот сценарий крайне опасен, поскольку власти могут следить за вами и контролировать все ваши

действия. Учитывая, как быстро совершенствуются обучаемые машины, а прогнозирующие полицейские системы уже используются, можно сказать, что сценарий фильма «Особое мнение» (где людей арестовывают превентивно, когда они как бы задумывают что-то противозаконное), уже не кажется абсурдным. Мир начинает жить с цифровыми двойниками прежде, чем все мы освоили хотя бы одного.

Наша первая задача как личностей будет состоять в том, чтобы не подлаживаться к своим цифровым двойникам и не слишком им доверять. Легко забыть, что ИИ подобен погруженному в себя ученому и останется таким и в будущем. Со стороны ИИ кажется беспристрастным, даже совершенным, но он тоже способен ошибаться, как и мы сами, хотя и по-другому. Например, у ИИ отсутствует здравый смысл и он может совершить ошибку, которую мы никогда не сделаем, скажем, принять человека, переходящего улицу, за гонимый ветром пластиковый пакет. Он склонен воспринимать наши инструкции слишком буквально, сообщая нам в точности то, о чем мы спрашивали, вместо того, что мы действительно хотели бы узнать. Поэтому стоит дважды подумать, прежде чем приказывать своему беспилотному автомобилю доставить вас в аэропорт вовремя любой ценой.

С житейской точки зрения наш цифровой двойник мог бы заменить нас во всех видах виртуальных взаимодействий. Это не означает, что он вытеснит нас из жизни, но он мог бы принимать за вас решения, если вы заняты до предела или вам не хватает усидчивости или знаний. Он читал бы все книги, доступные на *Amazon*, и предлагал вам те, которые могли бы заинтересовать вас больше всего. Вы хотите купить автомобиль — ваш цифровой двойник просмотрит все варианты и расскажет вам о них. Вы ищете работу — двойник заменит вас на интервью с работодателем и предложит наиболее подходящее место. Допустим, у вас диагностировали рак. Ваш двойник проанализирует возможные способы лечения и порекомендует наиболее эффективные. (Вы сможете также подключить свое цифровое «я» к медицинским исследованиям, если сочтете это этичным.) Если вы ищете партнера для романтических отношений, ваш двойник просмотрит миллионы виртуальных кандидатов. Выбранные им киберпартнеры вполне могут оказаться вашими спутниками в реальной жизни.

По существу, ваш двойник проживает в киберпространстве бесчисленное количество жизней, но та одна, которую проживаете в физическом мире вы, будет лучшей. Будут ли ваши смоделированные жизни хоть сколько-нибудь похожи на «реальную», а ваш кибердвойник обладать самосознанием (как персонажи в некоторых эпизодах сериала «Черное зеркало») — интересный философский вопрос.

Многих беспокоит, что мы отдадим свои жизни под контроль компьютерам. На самом же деле еще большим контролем будем обладать мы, поскольку получим возможность делать выбор, о котором раньше вообще не подозревали. Кроме того, ваша модель будет извлекать уроки из каждого своего виртуального действия, так что со временем научится лучше понимать ваши желания и предлагать варианты, максимально приближенные к тому, чего вы действительно хотите.

Вообще-то мы уже привыкли к тому, что большинство решений мы принимаем без осознанного вмешательства в работу головного мозга. Наш цифровой двойник — это подобие расширенного подсознания, но с одним очень важным отличием: в то время как ваше расширенное подсознание существует изолированно в вашей голове, цифровой двойник непрерывно взаимодействует со своими «коллегами» других людей и других систем. Двойники разных людей будут стремиться обучать друг друга, образуя сообщество моделей, живущих на компьютерных скоростях, бродящих по «саду расходящихся тропок», выясняя, что бы делали мы, оказавшись там. Наши машины будут нашими разведчиками, освещающими путь в будущее для нас как личностей и как вида. Куда они нас приведут? И куда мы сами выберем идти? ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Квон Д. Самообучающиеся роботы // ВМН, № 5–6, 2018.
- The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. Pedro Domingos. Basic Books, 2015.
- The Digital Mind: How Science Is Redefining Humanity. Arlindo Oliveira. MIT Press, 2017.

ЧАСТЬ III

Время
нас

ПОЧЕМУ МЫ —
ВЕРОЯТНО,
ЕДИНСТВЕННАЯ
РАЗУМНАЯ
ЖИЗНЬ
В ГАЛАКТИКЕ

**ОДНИ
ПОСРЕДИ
МЛЕЧНОГО
ПУТИ**

Джон Гриббин





а сегодня астрономы нашли в Млечном Пути тысячи планет, обращающихся вокруг других звезд, и еще 100 млрд звезд нашей Галактики, скорее всего, имеют собственные планеты. Принимая во внимание невероятное число звезд вокруг, ученые легко могли бы предположить, что некоторые из них стали прибежищем разумных существ. Или же среди множества других миров Земля — уникальная планета?

Не исключено. Оптимизм в отношении возможности существования разумной внеземной жизни оставляет без внимания известные нам факты, свидетельствующие о том, как появились люди. Мы находимся здесь в результате длинной цепи невероятных совпадений — множество обстоятельств, огромное их число, должны были сложиться именно так и не иначе, чтобы в конце концов возникла ситуация, в итоге которой появились мы. По сути, эта цепь настолько невероятна, что имеются веские основания, позволяющие прийти к заключению, что люди — по всей видимости, единственная технологически развитая цивилизация в Галактике. (Давайте оставим в покое другие бесчисленные галактики в космосе, поскольку, как говорится, «в бесконечной Вселенной случиться может все что угодно».)

Удачное время появления

Это случайное совпадение обстоятельств начинается с образования тяжелых элементов, которые включают все, что тяжелее водорода и гелия. Первые звезды родились более 13 млрд лет назад в облаках из этих двух самых легких элементов, остатков Большого взрыва. Около них не могли образоваться планеты, поскольку не было вещества, из которого они могли бы сформироваться, — ни углерода, ни кислорода, ни кремния, ни железа, ни каких-либо

других металлов (со снисходительным пренебрежением к химическим премудростям астрономы называют металлами все элементы, что тяжелее водорода и гелия).

Металлы образуются внутри звезд и распространяются по космосу, когда, умирая, звезды разбрасывают вещество, из которого они состоят, иногда в виде грандиозных взрывов сверхновых. Их вещество обогащает межзвездные облака, и поэтому каждое последующее поколение звезд, сформировавшихся из этих облаков, содержат больше металлов, чем предыдущее поколение. Когда примерно 4,5 млрд лет назад появилось Солнце, в нашем галактическом окружении это обогащение шло уже не протяжении нескольких миллиардов лет. Но даже в этих условиях Солнце содержит примерно 71% водорода, 27% гелия и лишь 2% металлов. Его состав отражает состав облака, из которого произросла Солнечная система, поэтому каменные планеты, включая Землю, сформировались лишь из мизерной доли того элементарного строительного материала. Звезды более старые, чем Солнце, имеют в своем составе еще меньше металлов и, соответственно, меньшую вероятность произвести каменные планеты земного типа (газовые гиганты, такие как Юпитер, сформировать легче, но вероятность, что на них есть жизнь, еще меньше). Это значит, что даже если

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- При таком большом количестве экзопланет в Галактике логичным было бы ожидать, что жизнь в ней широко распространена. Но наша развитая цивилизация возникла благодаря случайному стечению множества событий и абсолютно невероятно, чтобы такое счастливое стечение обстоятельств имело место где-нибудь еще.
- Например, время зарождения нашей Солнечной системы в истории Галактики было счастливой случайностью, так же как и наше местоположение в Млечном Пути. Более того, несколько характерных особенностей нашей планеты очень редки, а условия, способствовавшие вспышке на ней эволюции жизни, вероятно, невозпроизводимы когда-либо еще.
- Пожалуй, самым невероятным из всего стало развитие нашего технологически продвинутого вида из первых искр жизни — успех, по-видимому, уникальный.

Цепь невероятных обстоятельств

Много событий должно было сложиться необходимым образом, чтобы мы сегодня жили на Земле. Счастливая случайность во времени и месте рождения нашей звезды и планет, а также благоприятные условия на нашей планете и благоприятный ход эволюции жизни привели к появлению человеческих существ.

Время

Если бы Солнце и Земля родились раньше в галактической истории, то наша планета, вероятно, содержала бы слишком мало металлов (элементов тяжелее водорода и гелия), чтобы на ней смогла сформироваться жизнь. Эти элементы образуются во время смертной агонии звезд, и требуются миллиарды лет, чтобы достаточно звезд образовались и умерли, пополнив запасы веществ, из которых состоит наша Солнечная система.

Местоположение

Солнце расположено в Млечном Пути в так называемой зоне жизни — не слишком близко к центру Галактики, где звезды более скучены и опасные явления, такие как сверхновые и гамма-всплески, — обычное дело, и не слишком далеко, где звезды слишком редки, чтобы произвести достаточное количество металлов для формирования каменных планет.

Условия обитания на планете

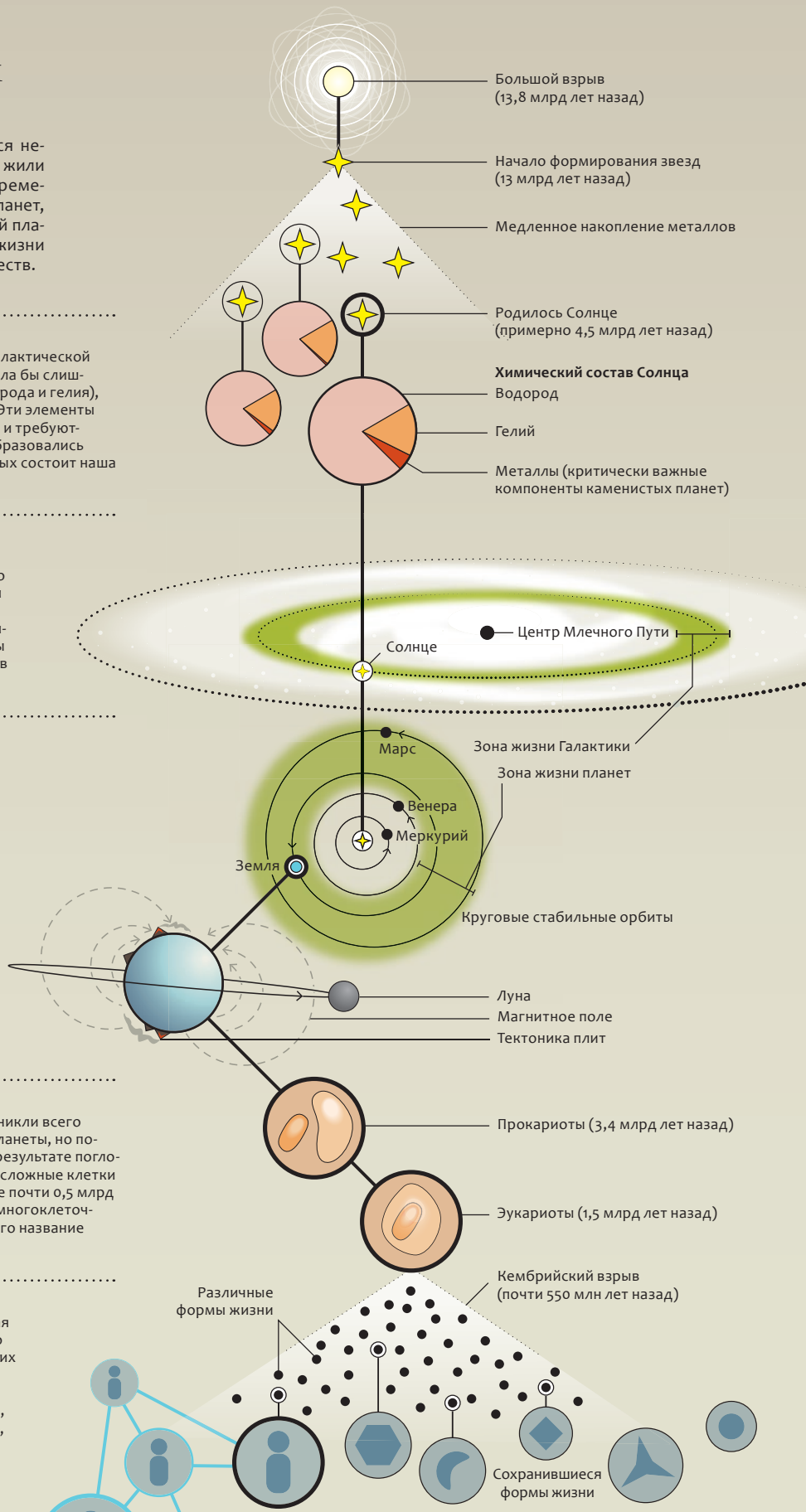
Внутри нашей Солнечной системы Земля расположена в идеальном месте для поддержания благоприятных температурных условий и существования воды в жидком виде (зона жизни для планет). Земле повезло и в том, что у нее есть магнитное поле, способное противостоять губительной радиации, и что постоянно идут тектонические процессы в литосферных плитах, благодаря которым пополняются запасы питательных веществ и стабилизируется температурный режим. Наша Луна, вероятно, способствует обоим этим благоприятным обстоятельствам; она также предотвращает слишком сильное раскачивание оси вращения Земли.

Первобытная жизнь

Одноклеточные организмы (прокариоты) возникли всего через миллиард лет после рождения нашей планеты, но потребовалось еще долгих 2 млрд лет, чтобы в результате поглощения одной клетки другой появились более сложные клетки (эукариоты). Но даже после этого прошло еще почти 0,5 млрд лет, прежде чем на Земле распространились многоклеточные формы жизни в ходе события, получившего название Кембрийский взрыв.

Технологическая цивилизация

Даже после того как возникла многоклеточная жизнь, появление в ходе эволюции разумного вида было отнюдь не гарантировано. Мы до сих пор не знаем, каким образом люди развились настолько далеко по сравнению с нашими близкими родственниками из мира животных, но, как показывает анализ ДНК, даже наш вид, возможно, несколько раз находился на грани исчезновения.





ОБ АВТОРЕ

Джон Гриббин (John Gribbin) — популяризатор науки, астрофизик и приглашенный научный сотрудник-астроном Суссекского университета в Англии. Автор книги «Одинокое во Вселенной: почему наша планета уникальна» (*Alone in the Universe: Why Our Planet Is Unique*, 2011).

мы — не единственная технологически развитая цивилизация в Галактике, то, по-видимому, одна из первых.

Удачное местоположение

Наше расположение в Млечном Пути — также благоприятствующий фактор. Солнце находится в тонком диске из звезд, диаметром примерно 100 тыс. световых лет, примерно в 27 тыс. световых лет от центра Галактики, что составляет чуть более половины расстояния до ее края. В общем и целом звезды, находящиеся ближе к центру, содержат больше металлов и там больше старых звезд. Такая ситуация типична для дисковых галактик, которые, по-видимому, растут от центра к периферии.

Высокое содержание металлов может показаться хорошим обстоятельством с точки зрения формирования каменных планет, но, возможно, это не так уж и хорошо для существования жизни. Одна из причин высокого содержания металлов заключается в том, что чем ближе к центру Галактики, тем более плотно расположены звезды, и поэтому там много сверхновых, которые испускают излучение высокой энергии — рентгеновские лучи и потоки заряженных частиц, называемые космическими лучами, — губительное для планет ближайших к ним звезд. Кроме того, центр Галактики — это прибежище очень большой черной дыры под названием Стрелец A*, которая время от времени выплескивает мощные потоки радиации.

Помимо этого, существует проблема еще более интенсивных космических катаклизмов, называемых гамма-всплесками. Используя результаты недавних исследований гравитационных волн, астрономы выяснили, что некоторые из этих взрывов вызваны слиянием нейтронных звезд. Наблюдения гамма-всплесков в других галактиках показывают, что они чаще всего происходят в густонаселенных внутренних областях галактик. Один такой всплеск мог бы стерилизовать все планеты в галактическом центре Млечного Пути (*область в центре нашей Галактики радиусом около 3 тыс. световых лет. — Примеч. пер.*), и статистика, базирующаяся на изучении других галактик, дает основания предполагать, что в нашей

Галактике такой всплеск случается в среднем раз за время от 1 до 100 млн лет.

Вдали от центра Галактики все эти катастрофические космические явления оказывают более слабое влияние, но и звезды там встречаются реже, и содержание металлов в них ниже, а значит и меньше каменных планет, если они вообще там присутствуют. Приняв все это во внимание, астрономы, в том числе и Чарлз Лайневивер (Charles. H. Lineweaver) из Австралийского национального университета, высказали предположение, что существует «галактическая зона жизни», простирающаяся на расстоянии примерно от 23 тыс. до 30 тыс. световых лет от центра Галактики (всего примерно 7% ее радиуса) и содержащая менее чем 5% звезд ввиду того, что их плотность растет по направлению к ее центру. Эта область все же содержит в себе достаточно много звезд, но исключает возможность существования жизни для большинства из них в нашей Галактике.

Солнце расположено ближе к средней зоне жизни, но другие исключительные астрономические характеристики выделяют нашу Солнечную систему на фоне остальных. Например, существуют определенные свидетельства того, что стройная картина движения планет по почти круговым орбитам, способствующая их долговременной стабильности, достаточно редка, и хаотичность, присущая большинству планетных систем, не обеспечивает того спокойствия, которое позволило развиваться жизни на Земле.

Особенная планета

Все разговоры о планетах земного типа затуманивают еще одно критическое отличие. Астрономы обнаружили примерно 50 таких планет, но, когда они говорят «планеты земного типа», все, что они имеют в виду, — это каменная планета размером примерно с Землю, расположенная в зоне жизни своей звезды. Согласно этому критерию, самая похожая на Землю планета — это Венера, но вы никогда не сможете там жить. Да и сам факт того, что вы можете жить на Земле, — результат стечения случайных обстоятельств.

Эти две планеты отличаются несколькими важными характеристиками. На Венере толстая кора, отсутствуют признаки тектоники плит и фактически нет магнитного поля. У Земли тонкая подвижная кора, где тектоническая активность, особенно у границ литосферных плит, выносит на поверхность вещество в результате вулканических процессов. В течение длинной истории Земли эта активность вынесла руды туда, где люди могут их добывать, чтобы обеспечить сырьем нашу технологическую цивилизацию. Тектонические процессы, помимо всего прочего, подняли на поверхность питательные вещества, чтобы заменить те, запасы которых истощились в результате жизнедеятельности клеток, а это критически важно для рециркуляции углерода и стабилизации температурного режима в течение длительного периода. У Земли есть также большое металлическое (в общепринятом смысле этого слова) ядро, которое в совокупности с его быстрым вращением создает сильное магнитное поле, экранирующее ее поверхность от губительного космического излучения. Без этого щита наша атмосфера, скорее всего, была бы разрушена, а все живые существа на поверхности поджарились.

Все эти отличительные признаки нашей планеты непосредственным образом связаны с Луной — еще одним фактором, который отсутствует у Венеры и многих других планет земного типа. Наиболее правдоподобное объяснение ученых состоит в том, что Луна образовалась на раннем этапе истории Солнечной системы, когда объект размером с Марс столкнулся с зарождающейся Землей в скользящем ударе, который привел к плавлению обеих протопланет. Металлическое вещество от двух небесных тел переместилось в центр Земли, а значительная часть исходного более легкого каменистого материала выплеснулась и превратилась в Луну, оставив Землю с более тонкой, чем до того, корой. Не случись этого столкновения, Земля осталась бы стерильной каменной глыбой вроде Венеры, без магнитного поля и тектоники плит. Присутствие такой большой Луны помимо всего прочего стало стабилизирующим фактором для нашей планеты. На протяжении многих тысячелетий ось Земли колеблется во время ее движения вокруг Солнца, но благодаря гравитационному влиянию Луны она никогда не отклоняется далеко от вертикали, как это мы, по-видимому, имеем в случае Марса.

Невозможно сказать, как часто происходят подобного типа столкновения, в результате которых образуются двойные системы вроде Земли и Луны. Но понятно, что они редки, и без нашего естественного спутника нас, скорее всего, не было бы.

Особенная форма жизни

Сразу после того, как система «Земля — Луна» стабилизировалась, жизнь на нашей планете зародилась с неприличной быстротой. Если оставить в стороне сомнительные утверждения, обосновывающие существование еще более древних существ: ученые обнаружили окаменевшие останки одноклеточных организмов в горных породах, возраст которых составляет 3,4 млрд лет — всего лишь примерно на миллиард лет моложе, чем сама Земля. На первых порах это казалось хорошей новостью для всех, кто надеялся найти инопланетян, — ведь если жизнь на Земле началась так скоро, она с такой же легкостью могла возникнуть и на других планетах? Но загвоздка в том, что хотя она и зародилась, она не намного продвинулась в течение последующих 3 млрд лет. Реальность такова, что микробы, которые практически идентичны тем первоначальным клеткам бактерий, и сегодня живут на Земле — это, по-видимому, самые успешные организмы в истории жизни на нашей планете и классический пример, подтверждающий поговорку «Не пытайся чинить вещь, если она не сломана».

Эти простейшие клетки, называемые прокариотами, — не более чем крошечные пакетики с желе, содержащим молекулы жизни, такие как ДНК, но без центрального ядра и специализированных структур, таких как митохондрии, в которых химические реакции генерируют энергию, необходимую клеткам в вашем теле. Более сложные клетки, из которых состоят животные и растения, называются эукариотами, и все они — результат одного-единственного акта слияния клеток, состоявшегося примерно 1,5 млрд лет назад.

Произошло слияние первобытных одноклеточных организмов двух видов: бактерий и архей. Последние названы так потому, что раньше считалось, что они древнее бактерий. Полученные к настоящему времени свидетельства дают основания предполагать, что обе формы возникли примерно в одно и то же время, когда жизнь впервые появилась на Земле, — а это означает, что когда бы жизнь ни возникла, фактически она возникла дважды. Поселившись

здесь, они занимались своим делом практически в неизменном виде в течение примерно 2 млрд лет. Это «дело», помимо прочего, заключалось в «поедании» других прокариотов: заглатывании их и использовании их питательных веществ.

Затем случился драматический поворот: одна из архей заглотила бактерию, но не «переварила» ее. Бактерия поселилась в новой клетке — первом эукариоте — и в ходе эволюции стала выполнять в ней специфические функции, предоставив своей хозяйке свободу развиваться, не беспокоясь о том, откуда взять энергию. Затем клетка повторила трюк, став еще более сложной.

Схожесть между клетками высокоорганизованных форм жизни на Земле показывает, что все они произошли от одного-единственного одноклеточного предка, — как любят говорить биологи, на клеточном уровне нет никакой разницы между вами и грибом. Конечно же не исключено, что этот трюк случался не один раз, но даже если так оно и было, другие протоэукариоты не оставили после себя потомков (вероятно, потому что всех их съели). Показателем того, насколько невероятно одно-единственное такое слияние клеток, служит тот факт, что для того, чтобы оно произошло, потребовалось 2 млрд лет эволюции.

Но даже после этого почти ничего не происходило на протяжении последующего миллиарда лет или что-то около того. Первобытные эукариоты объединялись вместе, образуя многоклеточные организмы, но на первых порах это были не более чем плоские мягкотелые существа со структурой, напоминающей лоскутное одеяло. Быстрое распространение многоклеточных форм жизни, которое привело к нынешнему разнообразию видов на Земле, началось почти 550 млн лет назад, в ходе события, получившего название Кембрийский взрыв. Это было настолько феерическим феноменом, что до сих пор остается самой важной главой в палеонтологической летописи. Но никто не знает ни причины Кембрийского взрыва, ни того, какова вероятность повторения подобного события где-нибудь еще. В конечном итоге в результате извержения этого вулкана жизненных форм на свет появились виды, способные развивать технику и задавать вопрос, откуда они взялись сами.

Особенный вид

Продвижение от примитивных форм жизни к более развитым видам не было простым. История человечества записана в наших

генах настолько подробно, что с помощью анализа ДНК можно определить не только откуда взяли начало те или иные популяции, но и сколько всего их насчитывалось. Один из неожиданных выводов, сделанных на основе такого рода анализа, состоит в том, что группы шимпанзе, живущие рядом друг с другом в Центральной Африке, генетически отличаются друг от друга сильнее, чем люди, живущие на противоположных сторонах планеты. Это может означать только то, что все мы произошли от крошечной популяции людей, возможно, переживших какую-то катастрофу или катастрофы.

В частности, данные ДНК точно показывают два критических периода, имевших место в ходе эволюции. Чуть более 150 тыс. лет назад популяция людей уменьшилась до не более чем нескольких тысяч (возможно, всего лишь до нескольких сотен) родительских пар. А примерно 70 тыс. лет назад все человеческое население сократилось примерно до 1 тыс. человек. Хотя такая интерпретация данных была поставлена некоторыми учеными под сомнение, если все же она верна, все миллиарды людей на Земле произошли от этой группы, которая была настолько мала, что любой вид, численность которого снизилась бы до таких размеров сегодня, рассматривался как находящийся под угрозой вымирания.

То, что наш вид выжил и даже процветает, расплодившись в настоящее время до более чем 7 млрд человек и превратившись в технологическое общество, просто удивительно. Подобное развитие событий представляется далеко не гарантированным.

Если все это суммировать, то какой вывод мы сможем сделать? Велика ли вероятность, что жизнь существует повсюду в Галактике? Почти наверняка да, учитывая скорость, с которой она появилась на Земле. Велика ли вероятность, что сегодня существует другая технологически развитая цивилизация? Почти наверняка нет, если мы учтем цепь обстоятельств, приведших к нашему существованию. Такие соображения дают основания полагать, что мы уникальны не только на нашей планете, но и во всем Млечном Пути. И если наша планета настолько исключительна, становится еще более важным сберечь этот удивительный мир для нас, наших потомков и многих других существ, называющих Землю своим домом. ■

Перевод: А.П. Кузнецов



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>



НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Битва МОЗГОВ

В новом исследовании
КОГНИТИВНЫХ
способностей результаты
у собак оказались выше,
чем у их домашних
конкурентов — кошек

Джош Фишман



Многое из того, что мы считаем мышлением, происходит в верхнем слое мозга. У всех животных центральную часть мозга окружает испещренный глубокими складками слой клеток. Именно эта структура занимается объединением всех видов информации, принятием решений, интерпретацией эмоций, решением задач и формированием сложного поведения. Она называется корой больших полушарий. У человека в ней около 16 млрд нейронов, и они работают как крошечные информационные процессоры, порождая мысли.

Недавно было подсчитано количество этих клеток в головах у наших питомцев, и оказалось, что собаки намного превосходят кошек. У обычной дворняжки почти 430 млн нейронов в коре, а у кошки всего 250 млн. «У собак есть все необходимое, чтобы быть умнее кошек», — говорит Сюзана Эркулано-Узел (Suzanaerculano-Houzel), нейрoанатом из Университета Вандербильта, опубликовавшая результаты исследования в декабре прошлого года в журнале *Frontiers in Neuroanatomy*. Удивительно, что среди других хищных животных не всегда больше нейронов у тех, у кого обширнее кора больших полушарий.

Чтобы идентифицировать и подсчитать эти клетки, Эркулано-Узел, работая вместе со своей бывшей студенткой Деборой Жардим-Месседер (Débora Jardim-Messeder) и другими коллегами, превратили кору в жидкую субстанцию с помощью лабораторного аналога блендера. По словам нейрoанатома, полученный результат выглядел как нефилтрованный яблочный сок: «Мои студенты сказали, что я отбила им любовь к яблочному соку». Ученые добавили в образец вещество, которое прикрепляется только к ядрам нейронов, игнорируя другие клетки мозга.

Они выяснили, что у енота кора такого же размера, как у кошки, а нейронов там почти в два раза больше — должно быть этот результат не удивит тех домовладельцев, которые изо всех сил пытаются не допустить этих созданий с маской на морде к закрытым мусорным бакам. А у медведей мозгов оказалось мало, как у Винни-Пуха: количество нейронов было такое же, как у кошки, хотя кора больше в десять раз. Небольшое количество нейронов, по-видимому, вообще характерно для крупных млекопитающих, в том числе для львов. Вероятно, причина в том, что крупным животным и так нужно много энергии, а нейроны очень жадны до нее. Этим клеткам требуется много питательных веществ, поэтому «можно ожидать, что у животных будет не больше нейронов, чем им необходимо, поскольку за них приходится платить высокую цену», — говорит антрополог Эван Маклин (Evan Maclean), директор Центра изучения мышления собак Аризонского университета. Если мощное тело помогает животному выжить, ему может не понадобиться много мозгов.


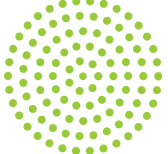

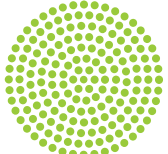

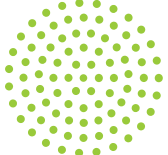

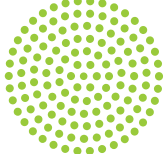

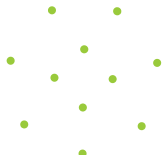
Что касается кошек и собак, то Маклин говорит, что количество нейронов в коре — не повод считать кого-то «умнее», поскольку мышление может иметь разные формы и задействовать другие отделы мозга. Он отмечает, что существуют доказательства способности собак удерживать в уме информацию дольше, чем это делают кошки, и это может быть связано с возможностями коры. Эркулано-Узел, которая держит двух собак и выслушивает от обиженных владельцев кошек, что они думают по поводу ее выводов, подчеркивает, что «любить своего питомца надо независимо от того, сколько у него нейронов в коре».

Джош Фишман (Josh Fischman) — старший редактор *Scientific American*, в декабре 2016 г. в журнале была опубликована его статья о борьбе за выживание на коралловых рифах (Фишман Д. Око в морских глубинах // *ВМН*, № 3, 2017).

Перевод: М.С. Багоцкая

Подсчет нейронов у животных

Большая кора больших полушарий или большое тело не всегда означают большое количество нейронов

ВИДЫ	Число нейронов в коре	Плотность нейронов в коре (клеток на грамм)
 <p>КОШКА Общая масса тела: 4,5 кг Масса нейронов коры больших полушарий: 24,2 г</p>	<p>Каждая черточка соответствует 50 млн нейронов</p> <p>//////</p> <p>250 млн</p>	<p>Каждая точка — 100 тыс. нейронов</p>  <p>10,3 млн</p>
 <p>ЕНОТ Тело: 6,2 кг Кора: 24,5 г</p>	<p>//////////</p> <p>438 млн</p>	 <p>17,9 млн</p>
 <p>СОБАКА (МЕТИС) Тело: 7,4 кг Кора: 46,2 г.</p>	<p>//////////</p> <p>429 млн</p>	 <p>9,3 млн</p>
 <p>ЧЕЛОВЕК Тело: 70 кг Кора: 1233 г</p>	<p>//////////</p> <p>16,34 млрд</p>	 <p>13,3 млн</p>
 <p>БУРЫЙ МЕДВЕДЬ Тело: 350 кг Кора: 222 г</p>	<p>//////</p> <p>251 млн</p>	 <p>1,1 млн</p>



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

ISSN 0208-0621



18011

9 770208 062001 >