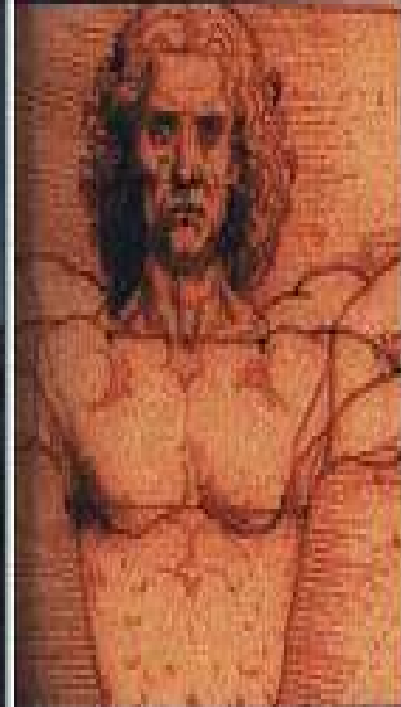


Что такое душа и откуда берется ее прекрасные формы?
 Выходно за быть альтернативой!
 Почему одни становятся дилемматами,
 другие консерваторами, а третьи —
 террористами самозванцами!
 Почему же чужбинству выродились!
 Эти вопросы рано или поздно задаст себе каждый человек.
 Откуда же на них отвечает современная наука, — в том числе дипломированный Александр Марков в "Эволюция человека".



Александр Марков
**ЭВОЛЮЦИЯ
 ЧЕЛОВЕКА**
 II. ОБЕЗЬЯНЫ,
 НЕЙРОНЫ
 И ДУША



Династия



ЭЛЕМЕНТЫ

elementy.ru



Династия

Annotation

Новая книга Александра Маркова — это увлекательный рассказ о происхождении и устройстве человека, основанный на последних исследованиях в антропологии, генетике и эволюционной психологии. Двухтомник "Эволюция человека" отвечает на многие вопросы, давно интересующие человека разумного. Что значит — быть человеком? Когда и почему мы стали людьми? В чем мы превосходим наших соседей по планете, а в чем — уступаем им? И как нам лучше использовать главное свое отличие и достоинство — огромный, сложно устроенный мозг? Один из способов — вдумчиво прочесть эту книгу.

Александр Марков — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Палеонтологического института РАН. Его книга об эволюции живых существ "Рождение сложности" (2010) стала событием в научно-популярной литературе и получил широкое признание читателей.

- [Александр Марков](#)
 - [ГЛАВА 1. В ПОИСКАХ ДУШЕВНОЙ ГРАНИ](#)
 - [Скандальная тема](#)
 - [Логика](#)
 - [Сопереживание](#)
 - [Понимание чужих поступков](#)
 - [Орудийная деятельность](#)
 - [Бескорыстная помощь](#)
 - [Планы на будущее](#)
 - [Критическая самооценка и "метапознание"](#)
 - [Все дело в объеме рабочей памяти?](#)
 - [ГЛАВА 2. ДУШЕВНАЯ МЕХАНИКА](#)
 - [Универсальный аппарат для принятия решений](#)
 - [Чем мозг отличается от компьютера](#)
 - [Запоминающее устройство можно собрать из трех нейронов](#)
 - [Нейроны соревнуются за право запоминать](#)
 - [Воспоминания можно увидеть под микроскопом...](#)
 - [...и считать с томограммы](#)
 - [Память закрепляется во сне](#)
 - [Речной рак принимает решение](#)

- [Электромеханические устройства на мысленном управлении](#)
- [Томография любви](#)
- [Материнство способствует росту мозга](#)
- [В поисках "органа нравственности"](#)
- [Политические взгляды зависят от степени пугливости](#)
- [Что могут палеолитические орудия рассказать о мышлении наших предков?](#)
- [Свободная воля](#)
- [ГЛАВА 3. ГЕНЕТИКА ДУШИ](#)
 - [Гены и поведение](#)
 - [Эффект Болдуина: обучение направляет эволюцию](#)
 - [Социальное поведение влияет на работу генов](#)
 - [Нейрохимия личных отношений](#)
 - [Эндорфины сделали нас людьми?](#)
 - [Политологам пора учить генетику](#)
 - [Доверчивость и благодарность — наследственные признаки](#)
 - [В поисках "генов доброты"](#)
- [ГЛАВА 4. ОБЩЕСТВЕННЫЙ МОЗГ](#)
 - [Плоды интриг](#)
 - [Когнитивный взрыв](#)
 - [Ключевое различие найдено?](#)
 - [Коллективный интеллект](#)
 - [Чтобы отличить искреннюю улыбку от поддельной, нужно стать изгоем](#)
 - [Немного о различиях мужского и женского мышления](#)
- [ГЛАВА 5. ЭВОЛЮЦИЯ АЛЬТРУИЗМА](#)
 - [Родственный отбор](#)
 - [Обманщики](#)
 - [Альтруисты процветают благодаря статистическому парадоксу](#)
 - [Полиция нравов у насекомых](#)
 - [Золотое правило](#)
 - [Вопросы репутации](#)
 - [Склонность к альтруизму сильнее у тех, кому нечего терять](#)
 - [А вот если бы мы все были клонами...](#)
 - [Межгрупповая вражда способствует внутригрупповому сотрудничеству](#)

- [Альтруизм, стремление к равенству и нелюбовь к чужакам](#)
 - [Окситоцин и пароксиальность](#)
 - [Достаточно ли крови лилось в палеолите, чтобы обеспечить преимущество "генам альтруизма"?](#)
 - [Нравственность основана на эмоциях, а не на рассудке](#)
 - [Мораль и отвращение](#)
 - [ГЛАВА 6. ЖЕРТВЫ ЭВОЛЮЦИИ](#)
 - [В поисках компромисса](#)
 - [Тяжелые мысли важнее легких](#)
 - [С чистыми руками — в светлое будущее](#)
 - [Проблемы с самооценкой](#)
 - [Чем сложнее задача, тем крепче вера в правильность ошибок](#)
 - [Сколько полушарий, столько и целей](#)
 - [Красивые сказки или достоверное знание?](#)
 - [Эволюция и религия](#)
 - [Вирус мозга?](#)
 - [Побочный продукт?](#)
 - [Полезная адаптация?](#)
 - [Террористы-самоубийцы — апофеоз пароксиального альтруизма](#)
 - [Способствует ли религиозность населения процветанию общества?](#)
 - [ЗАКЛЮЧЕНИЕ](#)
 - [Эволюция продолжается](#)
 - [Вырождаемся?](#)
 - [Что такое хорошо и что такое плохо](#)
 - [Величие](#)
 - [Список литературы](#)
-

Александр Марков

**Эволюция человека: Обезьяны, нейроны
и душа**

Книга вторая

ГЛАВА 1. В ПОИСКАХ ДУШЕВНОЙ ГРАНИ

Скандальная тема

В заключительной главе дарвиновского "Происхождения видов" есть примечательный прогноз: "В будущем, я предвижу, откроется еще новое важное поле исследования. Психология будет прочно основана на необходимости приобретения каждого умственного качества и способности постепенным путем". Здесь Дарвин, по сути дела, предсказал развитие научной дисциплины, которую в наши дни называют **эволюционной психологией**.

Идеи Дарвина во многом опередили свое время, и развитие эволюционной психологии поначалу шло медленно. Из всех эволюционных идей именно идея об эволюционном происхождении человеческой психики вызывает самое ожесточенное сопротивление и у широкой публики, и даже у некоторых ученых. Но факты — вещь упрямая, и в конце концов эволюционный подход все-таки стал доминирующим в научной психологии и этологии человека. Однако ученые, работающие в этом направлении, до сих пор подвергаются яростным нападкам. Им приходится активно отстаивать свою позицию, и отголоски этой борьбы проникают даже на страницы серьезных научных изданий.

Один из номеров журнала Nature за 2007 год открывается редакционной статьей "Эволюция и мозг". Заявления, сделанные в этой статье, примечательны своей решительностью и кажущейся беспопелляционностью. "При всем уважении к чувствам верующих, идею о том, что человек создан по образу Божию, можно уверенно отбросить", — пишет редакция одного из самых солидных и уважаемых научных журналов мира. Поводом для статьи стали, с одной стороны, антиэволюционные высказывания американских политиков, с другой — новейшие достижения психологов и нейробиологов.

Неужели все так серьезно? Неужели наука действительно должна настаивать на отрицании столь важного для многих верующих религиозного догмата? Нельзя ли тут найти какой-то компромисс?

Еще недавно многим казалось, что компромисс вполне достижим, причем сравнительно малой кровью. Перспективный путь для примирения науки с традиционными мифологическими представлениями о природе человека был намечен в XIX веке Альфредом Уоллесом (который, как известно, одновременно с

Дарвином разработал теорию эволюции на основе отбора). Уоллес полагал, что эволюционная теория объясняет очень многое, но те умственные различия, которые наблюдаются между "человеком и животными", она объяснить не в силах. Можно допустить естественное эволюционное происхождение "животной стороны" человеческого существа, но "высшие" наши качества — умственные, моральные, эстетические — имеют иную природу.

Такая позиция еще до недавнего времени могла кое-как устроить даже закоренелых ученых-материалистов (хотя, конечно, далеко не всех), поскольку о природе человеческого разума, памяти, сознания, эмоций строгими научными методами мало что удавалось выяснить. Но в последние десятилетия ситуация стала радикально меняться.

Конечно, наука и сегодня не может похвастаться полной расшифровкой всех тайн человеческой психики. Нерешенных проблем еще много. Главная из них в том, что нейробиологи не могут пока даже теоретически себе представить, как из нейронов и синапсов (*синапс — зона контакта между двумя нервными клетками (нейронами). Синапсы служат для передачи сигналов от одних нейронов к другим. Мы подробно познакомимся с синапсами в следующей главе*) может быть сделан воспринимающий субъект — "я". Но тенденция налицо: один за другим важнейшие аспекты человеческой личности, до самого последнего времени считавшиеся недостижимыми для естественных наук (например, память, эмоции и даже мораль), уверенно переносятся в сферу материального, раскрывают свою физиологическую, клеточную, биохимическую природу и эволюционные корни.

Одним словом, сегодня наука уже вплотную подобралась к "самому святому" в человеке, и некоторые эксперты опасаются, что это может привести к новому обострению конфликта религии и науки. Этим начинают пользоваться в своих интересах политики, особенно в странах, где развитая демократия сочетается с высоким авторитетом религиозных конфессий, отличающихся непримиримостью по отношению к эволюционной биологии.

Вышеупомянутая редакционная статья в Nature была направлена в первую очередь против антиэволюционных демаршей сенатора Сэма Браунбека. Браунбек заявил в прессе, что человек — не эволюционная случайность, что в нем отражается "образ и подобие" наивысшего существа. "Аспекты эволюционной теории, совместимые с этой истиной, являются полезным дополнением к человеческим знаниям. Те же ее аспекты, которые подрывают эту истину, должны быть

решительно отвергнуты как атеистическая теология, притворяющаяся наукой".

Редакция Nature приняла вызов. "И тело, и разум человека произошли путем эволюции от более ранних приматов, — утверждается в статье. — Способ человеческого мышления свидетельствует о таком происхождении столь же убедительно, как и строение и работа конечностей, иммунной системы или колбочек глаза". Речь идет не только о механизмах работы нейронов, но и о таких "высших" психических проявлениях, как мораль. В том, как эмоции управляют нашей моралью, редакция Nature видит веское доказательство эволюционного происхождения того и другого. "То, что человеческий разум является продуктом эволюции, — не атеистическая теология. Это неоспоримый факт", — утверждается в статье.

Можно ли сегодня всерьез относиться к идее о том, что человеческий разум есть "отражение" разума божественного? По мнению редакции, крайне маловероятно, что существо, способное создать Вселенную, может обладать разумом, хотя бы отдаленно похожим на наш. Ведь наш-то разум устроен в точности так, как и должен быть устроен разум, развившийся эволюционным путем у "прямоходящей обезьяны, приспособившейся к жизни в маленьких, тесно сплоченных коллективах в условиях африканской саванны" (подробнее о несовершенстве нашего разума мы поговорим в главе "Жертвы эволюции").

В статье отмечается, что в современной антропологии, эволюционной биологии и нейропсихологии остается много нерешенных проблем, но это вовсе не означает, что данные этих наук могут быть отвергнуты на основании одних лишь религиозных верований. Современное научное видение природы человека может вызывать чувство дискомфорта и неудовлетворенности (*на самом деле эти чувства возникают только с непривычки. Так всегда бывает при радикальной смене мировоззрения. Осознание того, что Земля не является центром Вселенной, тоже было сопряжено с известными трудностями. Но стоит лишь получить осмыслить складывающуюся на основе научных данных новую картину, и начинаешь понимать, что в ней можно найти ничуть не меньше удовлетворения и комфорта, чем в традиционных идеалистических воззрениях. Мы еще вернемся к этой теме*), но это не делает его менее научным и менее достоверным. По мнению редакции Nature, любые серьезные попытки обобщения и систематизации имеющихся данных сегодня могут быть основаны

только на идее о происхождении человеческого разума в ходе биологической и культурной эволюции, без ссылок на божественное творение.

На чем основана такая уверенность? Она основана на совокупности данных нейробиологии, генетики поведения, этологии, экспериментальной психологии и смежных дисциплин. Можно выделить четыре основных идеи, или вывода, которые по мере развития всех этих наук становятся все более очевидными и бесспорными.

ВО-ПЕРВЫХ, у животных в той или иной форме обнаружены многие — чуть ли не все — аспекты мышления и поведения, которые традиционно считались "чисто человеческими". Непреодолимой пропасти между человеком и другими животными в сфере психологии нет — точно так же, как нет ее в строении скелета, кишечника и прочих органов. Во многом прав был Дарвин, когда в книге "Происхождение человека и половой отбор" прямо написал о том, что различия между мышлением человека и животных имеют не столько качественный, сколько количественный характер (мысль по тем временам совершенно крамольная!).

ВО-ВТОРЫХ, все аспекты нашей психики, включая и самые "высшие", такие как мораль, имеют вполне материальную нейрофизиологическую основу. Подобно тому как мы можем сказать, что глаз — это орган зрения, в нашем мозге есть и специализированные отделы, ответственные за ключевые психические функции (*здесь есть доля преувеличения. Распределение функций по отделам мозга довольно пластично, при необходимости одни отделы могут брать на себя работу, обычно выполняемую другими. Тем не менее эволюция этих отделов — например, увеличение или уменьшение их относительного размера — определялась в первую очередь их основными функциями. Оставшись без рук, человек может научиться рисовать ногами, но все-таки наши ноги с эволюционной точки зрения являются "органами ходьбы", а не рисования*). Если мы согласны с тем, что орган зрения, глаз, мог развиваться эволюционным путем, то с какой стати отрицать такую возможность для отделов мозга, являющихся по сути "органами речи" или "органами совести"?

В-ТРЕТЬИХ, особенности нашей психики зависят от генов (*не определяются генами, а именно зависят. Никакого жесткого генетического детерминизма! Гены вообще влияют на фенотип лишь вероятностным образом. Особи с идентичными геномами, даже выращенные в одинаковых условиях, все равно будут чуть-чуть разные.*

Влияние генов на психические и поведенческие признаки еще менее детерминистично, чем на признаки морфологические и физиологические (см. главу "Генетика души"). Свойства души (я пользуюсь словами "психика" и "душа" как синонимами. Просто не вижу разницы) определяются не только воспитанием, но и врожденными свойствами мозга, генетически обусловленными предрасположенностями к тем или иным чувствам, эмоциям, страстям, идеям (мы поговорим об этом подробно в главе "Генетика души"). А поскольку гены действительно влияют на все это, следовательно, эти признаки вполне могли развиваться эволюционным путем, так же как и любые другие признаки, по которым в популяции есть (или была в прошлом) наследственная изменчивость.

В-ЧЕТВЕРТЫХ, эволюционные модели происхождения разных аспектов нашей психики позволяют делать предсказания, то есть выводить проверяемые следствия, которые затем проверяются в ходе специальных экспериментов. Результаты таких проверок, как правило, оказываются положительными. Это, наверное, самый важный источник уверенности ученых в адекватности эволюционного подхода. С каждым подтвердившимся предсказанием вероятность ошибочности исходной теории снижается, и в настоящее время она уже практически неотличима от нуля.

В этой главе мы поговорим о фактах, относящихся к первому пункту списка. Для этого мы предпримем несколько экскурсий в мир "нечеловеческих животных" и познакомимся с фактами, указывающими на наличие у них многих способностей, традиционно считавшихся "чисто человеческими".

По этой теме существует обширнейшая литература, в том числе на русском языке, в том числе популярная. Заинтересованным читателям я бы посоветовал обратить внимание на книги З. А. Зориной и А. А. Смирновой "О чем рассказали "говорящие" обезьяны: Способны ли высшие животные оперировать символами?" (2006) у Ж. И. Резниковой "Интеллект и язык животных и человека. Основы когнитивной этологии" (2005), З. А. Зориной и И. И. Полетаевой "Элементарное мышление животных" (2002). В списке рекомендуемой литературы в конце книги указан еще ряд изданий, в которых данная тема раскрыта гораздо полнее, чем мы можем себе позволить в рамках одной небольшой главы. Мы не будем даже пытаться объять необъятное и ограничимся подборкой интересных примеров из исследований последних лет.

Логика

Изучая ритуалы у животных и птиц, Конрад Лоренц описал формирование ассоциативных связей, на которых потом животное строит свое поведение. Если два события происходят одновременно, то у животного формируется связь между двумя стимулами, даже если они ничем, кроме хронологического совпадения, не связаны. Так может возникнуть внешне бессмысленный ритуал, оправданный, однако, случившимися когда-то яркими совпадениями.

Считается, что, в отличие от других животных, человек способен строить свое мышление на причинных связях, а не ассоциативных, то есть человек из множества совпадений способен выделить истинную причину события. Философы и психологи указывали на это свойство мышления как на главный барьер между человеческим и животным разумом. Однако этологам удалось экспериментально показать, что этот барьер не так уж непроходим. Выяснилось, что не только обезьяны, но и животные, стоящие на более низких ступенях интеллектуального развития, умеют отличать причинно-следственные связи от случайных ассоциаций.

Одно из таких исследований было проведено на крысах (*Blaisdell et al., 2006*). Сначала крысам включали свет, а вслед за этим раздавался гудок. На следующем этапе обучения включали свет, а вслед за этим в кормушке появлялась награда — сахарный сиропчик. Таким образом, экспериментаторы создали для крыс ситуацию, которую было бы разумно (при умении разбираться в причинно-следственных связях) интерпретировать так: "Свет — причина звука, и он же — причина пищи".

Если крысы не способны различать причины и следствия, у них в голове должны были сформироваться только ассоциации: света со звуком, пищи со светом. Может быть, через посредство ассоциации со светом возникла бы также и третья ассоциация — пищи со звуком. Действительно, после подачи гудка крысы тыкались носом в кормушку в поисках награды. Это еще ни о чем не говорило: такое поведение можно объяснить как пониманием причин, так и формированием опосредованной ассоциации.

Затем задачу усложнили. Крысам предоставили возможность самим заведовать звуком — в клетке появился специальный звуковой рычаг. И

что же? Если крыса нажимала на звуковой рычаг самостоятельно, то после этого она не проверяла, появился ли сироп. Но если сигнал раздавался без вмешательства крысы, она сразу бежала к кормушке.

Вывод напрашивается сам собой: крысы мыслят не по ассоциации. Если бы работала простая ассоциативная связь "звук — свет — пища", то крысе было бы все равно, по какой причине раздался звук. Звук просто наводил бы ее на мысль о свете, а свет связан с пищей, и крыса шла бы к кормушке искать сироп. Но она оказалась в состоянии понять, что звук, который она сама вызвала с помощью рычага, не приведет к появлению сиропа. Потому что причиной награды является свет, а света не было; причина раздавшегося звука была крысе известна, она сама нажала на рычаг. Поэтому нет никаких оснований предполагать, что свет все-таки был, но она его почему-то не заметила. Другое дело, если звук раздавался сам по себе, без помощи крысы. В этом случае крыса не знала, в чем причина звука, и могла предположить, что причиной был незамеченный свет. А свет, как известно, приводит к появлению сиропа. Нужно проверить.

Более полное представление о понимании крысами причинно-следственных связей дал второй эксперимент. На этот раз у крыс изначально тренировали восприятие цепочки из трех событий: сначала давали звук, затем включали свет, затем в кормушке появлялся сахар. То есть была сформирована модель причинной связи "звук — причина света, свет — причина пищи". Эту формулу можно мысленно сократить, выкинув бесполезный для крысы свет, и прийти к выводу, что звук прямо или опосредованно может приводить к появлению пищи. Когда тренировка закончилась, крыс снова поместили в клетку со звуковым рычагом. На этот раз крысы одинаково активно начинали поиски пищи и в ответ на звук, данный экспериментатором, и в ответ на самостоятельно индуцированный звук. По мнению исследователей, это значит, что крысы понимали: раз звук сам является причиной пищи (а не побочным следствием ее истинной причины, как в первом опыте), то неважно, кто вызвал звук — экспериментаторы или сама крыса. Осознав причинно-следственные связи, крысы пытались заставить пищу появиться, нажимая на звуковой рычаг.

Такую модель принятия решений, как считают исследователи, нельзя интерпретировать с позиций ассоциативного мышления. Это не ассоциации, а настоящая логика.

Да что крысы! Зачатки логики удалось обнаружить даже у рыб.

Одним из важных компонентов мышления считается способность

делать транзитивные логические выводы. Так называют умозаключения о связях между объектами, сделанные на основе косвенных данных. Например, транзитивным является следующий вывод: "если $A > B$ и $B > C$, то $A > C$ ". Способность к транзитивной логике вначале была описана как один из рубежей в умственном развитии детей, затем была зарегистрирована у обезьян, крыс и некоторых птиц (голубей, ворон) — то есть у млекопитающих и птиц, в сообразительности которых теперь уже мало кто сомневается.

Недавно этологи из Стэнфордского университета (США) сумели показать, что рыбы тоже владеют транзитивной логикой (*Grosenick et al., 2007*). Ученые ставили опыты на аквариумной рыбке *Astatotilapia burtoni*, самцы которой отличаются ярко выраженным территориальным поведением и агрессивностью. Они отстаивают свое право на владение территорией в непрерывных поединках с другими самцами. Самец, раз за разом терпящий поражение в этих схватках, не имеет шансов обзавестись семьей. Неудачники впадают в глубокую тоску: они теряют характерную яркую окраску, а заодно и интерес к противоположному полу. Впрочем, все еще может измениться: природные местообитания астатотилипии отличаются нестабильностью, и после очередной катастрофы местного масштаба, вызванной колебаниями уровня воды или прогулкой стада гиппопотамов, самцам часто приходится делить участки заново.

Ученые предположили, что рыбки должны уметь определять силу потенциального противника. Наибольшие шансы на успех (и следовательно, на продолжение рода) будет иметь тот самец, который сумеет благоразумно уклониться от схваток с заведомо более сильными соперниками и завоюет себе участок, потеснив слабейших. Предварительные опыты подтвердили это предположение. Оказалось, что самцы астатотилипии действительно предпочитают держаться подальше от сильных соперников, причем о силе конкурента рыбы судят, в частности, по результатам его схваток с другими самцами.

Например, самцу-наблюдателю показывали через стекло бой двух других самцов, в котором, естественно, кто-то побеждал, а кто-то проигрывал. Затем "наблюдателя" сажали в центральный отсек аквариума, разделенного на три части стеклянными перегородками, а в два крайних отсека сажали победителя и побежденного. "Наблюдатель" в такой ситуации больше времени проводил в той половине своего отсека, которая граничила с отсеком проигравшего самца.

Такая особенность поведения делает астатотилипию

замечательным объектом для изучения рыбьего мышления. Ученые поставили простой и красивый эксперимент, чтобы выяснить, способны ли рыбы к транзитивной логике.

Первый этап эксперимента состоял в "обучении" самцов. Самец-наблюдатель последовательно наблюдал схватки, в которых участвовали пять других самцов (**a**, **b**, **c**, **d**, **e**). Все самцы были примерно одинаковыми по размеру и силе. В такой ситуации экспериментаторам было очень легко контролировать исход поединка. Рыбки яростно защищают территорию, которую считают своей. Поэтому при равных силах побеждает всегда "хозяин" данного отсека аквариума, а тот, кого к нему подсадили, обречен на поражение.

Наблюдателю давали посмотреть четыре поединка: в первом из них самец **a** побеждал самца **b**, затем **b** побеждал **c**, **c** — **d** и, наконец, **d** одерживал верх над **e**. Таким образом экспериментаторы пытались внушить наблюдателю, что пять соперников по своей силе располагаются в следующем порядке: $a > b > c > d > e$. Всего таким способом было "обучено" восемь самцов-наблюдателей.

Чтобы проверить, какие выводы сделал наблюдатель из увиденного, ученые воспользовались методикой, описанной выше, то есть предлагали наблюдателю "на выбор" двух самцов и смотрели, к кому он будет держаться ближе.

Сначала наблюдателям предлагали сделать выбор между **a** и **e**, то есть крайними членами ряда. Обученные рыбки безошибочно сочли слабейшим самца **e** и держались ближе к нему, чем к **a**. Однако этот результат еще не доказывал способности рыб к транзитивной логике. Хотя наблюдатели не видели схватки непосредственно между **a** и **e**, первого из этих самцов они видели только победителем, а второго — только побежденным. Это вполне могло стать основой для правильного вывода даже без осмысления всей цепочки побед и поражений.

Критическим моментом исследования был опыт, в котором наблюдателям предложили сделать выбор между самцами **b** и **d**. Каждого из этих самцов наблюдатели видели в двух поединках, и на счету у каждого были одна победа и одно поражение. Тут уж без транзитивной логики никак нельзя вычислить, кто сильнее. Тем не менее рыбы не ошиблись: они держались ближе к **d**, считая его слабейшим.

Общая схема этого эксперимента в точности соответствует классическим тестам на транзитивную логику, применяемым при исследовании умственных способностей детей. Самое удивительное, что рыбы успешно справились с тестом, с которым человеческие дети,

как правило, начинают справляться лишь в возрасте 4–5 лет! Может показаться невероятным, что четырехлетние дети по каким-то аспектам умственного развития уступают рыбам. Однако транзитивная логика действительно относится к числу способностей, развивающихся у людей довольно поздно (*Piaget, 1971*). Это можно понять: для *Homo sapiens* данная способность, по-видимому, не так важна, как для самцов асфальтовых мух. Мы уже упоминали о том, что наше мышление далеко не универсально, что мы уступаем, например, сойкам по способности запоминать точки на местности, а крысам — по умению находить выход из лабиринта (*Резникова, 2009*). В данном случае мы просто столкнулись еще с одним примером несовершенства нашего мышления.

Как и целый ряд других этологических исследований последних лет, эта работа подтвердила две важные идеи. Во-первых, мы по-прежнему сильно недооцениваем умственные способности животных и преувеличиваем собственную уникальность. Во-вторых, для того чтобы понять, как думают животные, самое главное — это удачно подобрать объект и правильно спланировать эксперимент. Многие опыты подобного рода в прошлом давали отрицательные результаты только потому, что подопытное животное не было по-настоящему заинтересовано в успехе либо ожидаемое экспериментаторами "разумное" поведение противоречило каким-то инстинктам, побуждениям или соображениям животного, о которых экспериментаторы не подозревали.

Сопереживание

Способность к сопереживанию (эмпатии) тоже когда-то считалась чисто человеческим свойством. Сегодня существование эмпатии у высших приматов уже признано большинством исследователей, и есть данные, указывающие на зачатки этой способности у других млекопитающих, а также у птиц. Например, было показано, что если крыса, наблюдающая страдания сородича, имеет возможность облегчить его участь, то она это, как правило, делает. Однако ее мотивация при этом неочевидна: может быть, она и не понимает, что товарищу больно, а просто хочет избавиться от раздражающего лично ее фактора в виде визжащего и дергающегося соплеменника.

Зеркальные нейроны

Предполагают, что важную роль в эмпатии могут играть так называемые зеркальные нейроны, открытые у обезьян более 20 лет назад. Так называют клетки мозга, которые возбуждаются в двух ситуациях: когда само животное совершает какое-то действие (или испытывает эмоцию) и когда оно видит, что кто-то другой совершает такое же действие (или переживает такую же эмоцию). Возможно, система зеркальных нейронов вносит вклад в понимание животными мотивов поведения сородичей (то есть в "теорию ума", о которой пойдет речь ниже). Читателям, желающим побольше узнать о зеркальных нейронах, рекомендую недавно переведенную на русский язык книгу И. Бауэра "Почему я чувствую, что чувствуешь ты. Интуитивная коммуникация и секрет зеркальных нейронов" (2009).

Сначала вокруг зеркальных нейронов был поднят большой шум, но потом к ним все как-то привыкли. Возможно, некоторое снижение уровня восторга по поводу зеркальных нейронов, наблюдающееся в последние годы, связано с осознанием одного из базовых принципов работы мозга, который станет нам ясен из следующей главы, где мы обсудим устройство памяти. Но я сейчас немного забегаю вперед и все-таки скажу, что это за принцип. Суть его в том, что мысль о переживании сделана физически "из того же теста", что и само переживание. Когда мы о чем-то думаем, что-то себе представляем или вспоминаем, в мозге возбуждаются многие из тех нейронов, которые участвовали в непосредственном восприятии или переживании этого "чего-то".

Рисунок возбуждения нейронов мозга в ответ на стимул (например, на боль или на замеченный под кустом гриб) – это модель реальности, которую мозг создает на основе сигналов, приходящих от органов чувств. Воспоминание о данном стимуле представляет собой повторную активацию этой же самой модели. Те же нейроны, которые возбудились при виде гриба, будут возбуждаться и при воспоминании о нем. Разумеется, не в полном составе: возбуждение нейронов,

реагирующих на новизну, будет слабее, стимула к действию – нагнуться и срезать – тоже не возникнет. Все-таки мы, как правило, способны отличить воображаемую реальность от непосредственно воспринимаемой. Но "информативная" часть у обоих переживаний одна и та же. На нейробиологическом уровне она представляет собой возбуждение одних и тех же нейронов.

Когда с этой идеей свыкаешься, начинаешь понимать, что мозг вряд ли смог бы работать как-то иначе. Зачем создавать и хранить две одинаковые мысленные модели одного и того же? Это расточительно, неэффективно и чревато путаницей. Конечно, модель должна быть одна. Из этого следует, что зеркальных нейронов просто не может не быть у животных, способных хотя бы приблизительно понять, что чувствует соплеменник.

В 2006 году сотрудники психологического факультета и Центра исследований боли Университета Макгилла (Монреаль, Канада) провели серию экспериментов с целью выявления способности к эмпатии у мышей (*Langford et al., 2006*). Они исходили из предположения, что если такая способность у мышей есть, то вид страдающего сородича должен влиять на волеприятие мышами собственных болевых ощущений.

Мышей мучили тремя разными способами, причем в зависимости от вида истязания различной была и реакция на боль. Во всех опытах страдания животных были умеренными и не представляли угрозы для здоровья. Мышам делали инъекции уксусной кислоты (реакция на боль — подергивания), формалина (реакция — вылизывание больного места) и направляли на лапки обжигающий тепловой луч (сила реакции на боль оценивалась по скорости отдергивания лапок).

В первой серии опытов мышей сажали попарно в контейнеры из оргстекла и делали болезненные инъекции либо одной из них, либо обеим. Оказалось, что мыши сильнее реагируют на собственную боль, если видят, что их сосед по камере тоже страдает. Однако этот эффект наблюдался не всегда, а лишь в том случае, если подопытные мыши были знакомы друг с другом, то есть до начала эксперимента содержались в одной клетке не менее двух недель. Страдания незнакомцев не находили отклика в мышинной душе и никак не влияли на их "болевое поведение".

Было также замечено, что болезненные подергивания, спровоцированные инъекцией уксуса, у подопытных мышей синхронизируются. Одновременные судороги наблюдались чаще, чем диктуется простой вероятностью. Эта синхронизация была сильнее выражена у знакомых мышей по сравнению с незнакомыми.

Ученые попытались выяснить, при помощи каких органов чувств

мыши получают информацию о страданиях соседа. Для этого использовались глухие мыши; мыши, у которых обонятельный эпителий был разрушен при помощи сульфата цинка; применялись также разные прозрачные и непрозрачные перегородки. Оказалось, что мыши, лишенные возможности слышать, обонять или прикасаться к товарищу по несчастью, все равно понимали, что он страдает. Они переставали это понимать, только если их разделяла непрозрачная перегородка, то есть одновременно были отключены тактильный и зрительный каналы, при сохранении возможности обмена информацией посредством звуков и запахов. Из этого исследователи сделали вывод, что мыши судят о страданиях соседа преимущественно на основе зрительной информации.

Было также обнаружено, что реакция на собственную боль значительно уменьшается у самцов, находящихся в одной камере с не испытывающим боли незнакомцем. Вероятно, присутствие потенциального соперника мобилизует силы зверька и отвлекает его от болезненных ощущений.

В другой серии опытов мышам кололи формалин: одним маленькую дозу, другим большую. Оказалось, что мыши, получившие маленькую дозу, облизывались чаще в том случае, если вместе с ними находился знакомый зверек, получивший большую дозу. Напротив, мышь, получившая большую дозу, облизывалась реже, если ее товарищ по камере получил маленькую дозу. Страдания незнакомцев, как и в опытах с укусом, не оказывали влияния на болевое поведение мышей.

В последней серии экспериментов ученые пытались доказать, что наблюдаемые эффекты не связаны с подражанием. Ведь можно было бы предположить, что мыши обливаются или дергаются вовсе не потому, что осознают боль соседа и из-за этого острее воспринимают свою. Может быть, они просто зачем-то подражают его действиям. Мышам кололи укус и проверяли силу реакции на обжигающий луч. Оказалось, что мыши быстрее отдергивают лапки от луча, если их сосед корчится из-за введенного укуса; точно такое же повышение чувствительности к высокой температуре наблюдалось и при введении укуса самой подопытной мыши. Таким образом, ощущение как своей, так и чужой боли обостряет восприятие болевых стимулов совершенно иной природы. Значит, дело тут не в подражании. Опять же, как и в остальных опытах, на поведение мышей влияли только страдания знакомых животных.

Физиологические механизмы эмпатии сейчас активно изучаются в основном на людях. Однако возможности экспериментов на людях

сильно ограничены (к счастью), поэтому открытие хорошей "животной модели", не защищенной международными конвенциями о правах, выводит исследователей на широкий оперативный простор.

Тот факт, что мыши чувствительны только к страданиям знакомых мышей, наводит на мысль, что способность к эмпатии могла развиваться как одна из адаптаций к общественному образу жизни. Она может играть особенно важную роль во взаимоотношениях между родителями и детенышами. Чувствительность к эмоциональному состоянию, понимание желаний и намерений детеныша могли бы помочь матери обеспечить потомству наилучший уход, защиту и воспитание. Хотя в принципе тут можно обойтись и одними врожденными или выученными поведенческими реакциями, без эмоционального отклика — как это, вероятно, происходит у насекомых, заботящихся о своем потомстве.

Эксперименты, проведенные биологами из Бристольского и Лондонского университетов, показали, что ключевые элементы эмпатии есть и у домашних кур (*Edgar et al., 2011*). Давно известно, что курицы матери внимательны к поведению своих цыплят. Например, они целенаправленно учат их клевать "@правильные" (съедобные) объекты и меняют свое поведение, когда видят, что цыплята клюют что-то несъедобное. Это говорит о когнитивной чувствительности курицы к состоянию цыпленка, но не обязательно о ее эмоциональной вовлеченности: курица понимает, что происходит с цыпленком, но переживает ли она за него?

Чтобы хоть немного приблизиться к ответу на этот трудноразрешимый вопрос, авторы изучили не только поведенческие, но и физиологические реакции кур, видящих, как их цыпленок подвергается слабому стрессовому воздействию. В эксперименте приняли участие 14 кур со своими выводками. Каждую мамашу и цыплят сначала долго приучали к экспериментальной обстановке, чтобы она не вызвала у них беспокойства. Опыты проводились в деревянном ящике, разделенном пополам перегородкой из оргстекла. К курице ремешками приматывали прибор для измерения пульса; при помощи тепловизора регистрировалась температура глаз и гребешка. Использовались четыре экспериментальные ситуации:

1. контроль — курица и цыплята в течение 20 минут находились в своих отсеках и не подвергались никаким воздействиям;

2. первые 10 минут ничего не происходило, а затем на цыплят направляли струю воздуха. Это продолжалось одну секунду, затем следовала 30-секундная пауза, после чего на цыплят снова дули одну

секунду, и так далее;

3. все было так же, как во втором случае, только струю воздуха направляли не на цыплят, а на курицу;

4. птицы слышали шипение воздушной струи, вырывающейся из контейнера со сжатым воздухом, но струю ни на кого не направляли.

Каждая курица с выводком в течение двух недель была протестирована по два раза во всех четырех ситуациях. В каждом тесте сравнивались поведенческие и физиологические параметры в течение первого и второго 10-минутных периодов ("до воздействия" и "во время воздействия").

Поведение курицы в контрольных ситуациях 1 и 4 было одинаковым в оба периода. В ситуациях 2 и 3 курица в течение второй десятиминутки ("во время воздействия") достоверно меньше времени тратила на чистку перьев, чаще принимала настороженную позу и в целом издавала больше звуков, однако специфическое материнское квохтанье, которым курица подзывает к себе цыплят, усиливалось только в ситуации 2, когда ветер дул на птенцов. Квохтанье выполняет как минимум две функции: во-первых, оно помогает матери уводить цыплят от опасности, во-вторых, ранее было показано, что эти звуки способствуют обучению: цыплята лучше запоминают те ситуации и события, которые сопровождаются материнским квохтаньем.

Пульс курицы достоверно учащался только в ситуации 2 и оставался ровным во всех остальных случаях. Температура глаз снижалась в ситуациях 2 и 3, гребешка — только в ситуации 3. Как и учащение пульса, охлаждение глаз и гребешка является признаком стресса (периферические сосуды сужаются, что ведет к оттоку крови от периферии к мышцам и внутренним органам).

Таким образом, куры продемонстрировали характерный набор физиологических и поведенческих реакций на стресс и испуг как в ситуации 3, когда ветер дул на них самих, так и в ситуации 2, когда ветер дул на цыплят. Самое интересное, что учащение сердцебиения и материнского квохтанья было отмечено только в ситуации 2, тогда как охлаждение гребешка наблюдалось только в ситуации 3. Авторы отмечают, что эти различия нельзя объяснить реакцией матери на звуки, издаваемые цыплятами, потому что цыплята в ситуации г пищали не больше, чем во всех остальных ситуациях. Кроме того, не было выявлено никаких корреляций между цыплячьим писком и поведением матери.

По-видимому, все это означает, что у кур имеется специфическая

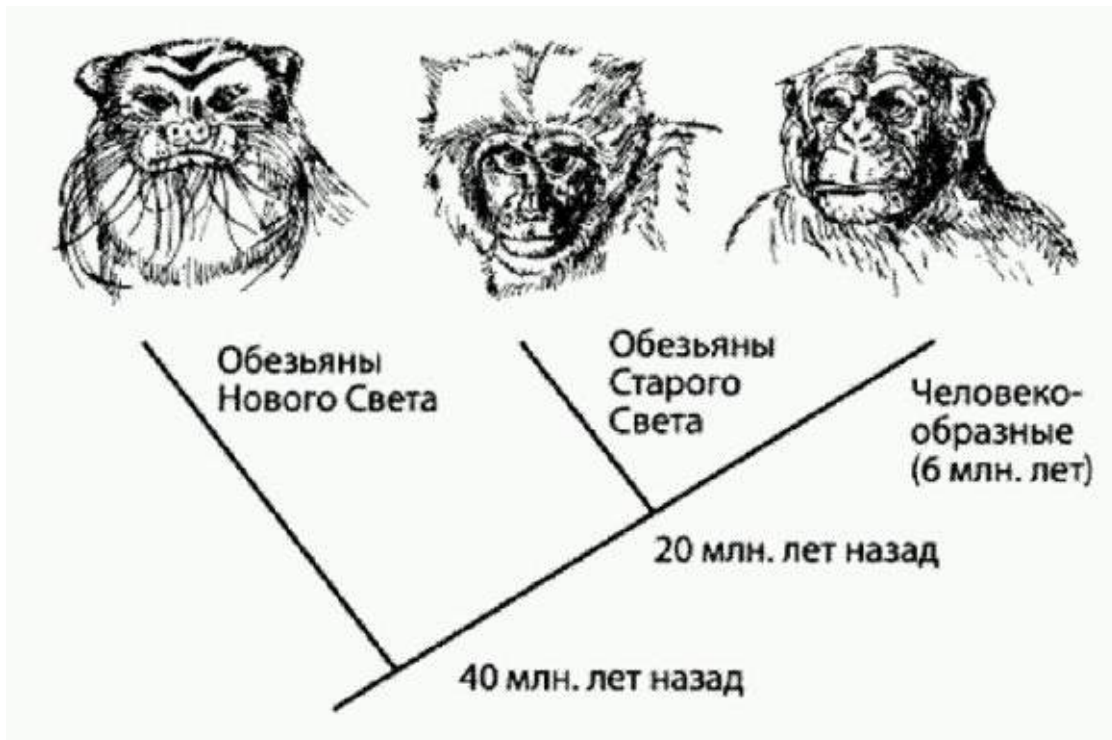
эмоциональная реакция на опасность, угрожающую потомству, причем она отличается от реакции на точно такие же стимулы, направленные на саму птицу. Это можно рассматривать как довод в пользу того, что куры обладают способностью к эмпатии или по крайней мере некоторыми ее ключевыми элементами.

Чтобы окончательно доказать, что неприятная ситуация, в которую попали птенцы, вызывает у курицы-матери отрицательные эмоции (а не нейтральные реакции, такие как "интерес" или "повышенное внимание"), следовало бы проследить за работой ее мозга. Пока же нейробиологи не подключились к этим исследованиям, приходится довольствоваться косвенными аргументами. В частности, авторы отмечают, что куры целенаправленно избегают ситуаций, на которые они реагируют так же, как на струю воздуха в эксперименте. Следовательно, эти реакции скорее всего связаны с отрицательными эмоциями.

Понимание чужих поступков

В 2002 году были опубликованы результаты изящных экспериментов, показавших, что уже в возрасте 14 месяцев дети способны критически анализировать чужое поведение и отличать осмысленные, целенаправленные поступки от случайных или вынужденных (Gergely et al., 2002). Экспериментатор на глазах у детей включал лампочку, нажимая на кнопку головой, хотя мог сделать это руками. Дети копировали это действие: когда им предоставлялась такая возможность, они тоже нажимали на кнопку головой — очевидно, полагая, что у этого способа нажатия на кнопку есть какие-то важные преимущества, раз взрослый человек так поступает. Однако если у экспериментатора, когда он нажимал головой на кнопку, были чем-то заняты руки, то дети не копировали слепо его действия, а нажимали на кнопку рукой. Очевидно, они понимали, что взрослый воспользовался головой лишь потому, что руки у него были заняты. Следовательно, малыши не просто подражают взрослым, а анализируют их поведение, учитывая при этом всю ситуацию.

Для такого анализа нужно обладать тем, что в англоязычной литературе называют theory of mind ("теория ума"), то есть пониманием того, что другое существо тоже что-то соображает, что его поступки преследуют определенную цель и обусловлены некими рациональными мотивами (*иногда это похоже не на "понимание", а скорее на некое предубеждение: если мы не можем предсказать поведение объекта на основе наблюдаемых (или легко вычисляемых) внешних сил, мы считаем, что это субъект, у него есть цель и рациональные мотивы. Те, у кого компьютер часто глючит, склонны с ним разговаривать. Глючит — значит, непредсказуем, непредсказуем — значит, имеет цель и мотивы и в принципе может быть доступен увещаниям. Конечно, подобные "рассуждения" обычно осуществляются на бессознательном уровне (С. Л. Бурлак, личное сообщение)*). Традиционно считалось, что такое понимание присуще только человеку.



Обезьяны, принявшие участие в эксперименте (слева направо): тамалин (*Saguinus*), макака (*Macaca*) и шимпанзе (*Pan*). По рисунку из *Wood et al., 2007*.

Американские этологи провели эксперименты с тремя видами обезьян — тамарином, макакой резусом и шимпанзе, — чтобы проверить, нет ли у этих обезьян такой же способности к неформальному анализу чужих поступков, какая была выявлена у 14-месячных детей (*Wood et al., 2007*). В первой серии экспериментов животных приучали выбирать из двух непрозрачных стаканчиков тот, в котором лежит конфета. Сначала угощение клали в один из стаканчиков на глазах у обезьяны, придвигали к ней оба стаканчика и смотрели, какой она выберет. Если она брала пустой стаканчик, то конфеты не получала. Это был еще не эксперимент, а подготовка к эксперименту.

Когда обезьяны усваивали правила игры (они это понимали очень быстро, практически сразу), ученые приступали к основной части опыта. Обезьяне показывали два стаканчика, потом закрывали их загородкой и делали вид, что кладут в один из стаканчиков конфету, но обезьяна не могла видеть, в какой из двух. Потом загородку убирали, и экспериментатор совершал одно из двух действий: "случайное" либо "целенаправленное". В первом случае он прикасался к одному из стаканчиков тыльной стороной ладони, а потом убирал руку. Во втором

случае он брал один из стаканчиков пальцами, не поднимая его, а потом точно так же убирал руку. После этого оба стаканчика пододвигали к обезьяне и смотрели, какой она выберет.

Выяснилось, что все три вида обезьян четко отличают "случайный" жест экспериментатора от "целенаправленного". В первом случае они с равной вероятностью брали любой из двух стаканчиков. Очевидно, прикосновение тыльной стороной ладони ими интерпретировалось как ничего не значащее. Во втором случае они брали тот стаканчик, который экспериментатор хватал пальцами, в три раза чаще (то есть примерно в 75 % случаев). Авторы предполагают, что этот жест воспринимался обезьянами либо как попытка взять стаканчик, либо как указание, подсказка, адресованная лично им, — но, во всяком случае, как целенаправленный и осмысленный поступок.

Таким образом, обезьяны отличают в чужом поведении случайные действия от целенаправленных. Но оставался открытым вопрос: как они это делают? Может быть, они интерпретируют чужое поведение поверхностно, формально: например, акт хватания считается "важным", а прикосновение тыльной стороной ладони — "неважным". В этом случае результат можно объяснить и без "теории ума". Чтобы это проверить, была поставлена вторая серия экспериментов.

Здесь все было устроено в общем так же, но экспериментатор прикасался к стаканчику не ладонью, а локтем. Ни один из исследованных видов обезьян никогда не пользуется локтями, чтобы на что-то указывать или тем более что-то брать. Поэтому для правильной интерпретации такого жеста одними формальными методами не обойтись — нужно пошевелить мозгами. В этой серии экспериментов тоже применялось два вида действия: "целенаправленное" и "случайное". В первом случае у экспериментатора руки были заняты. Обезьяна должна была сообразить, что человек потому и пользуется локтем, что у него заняты руки, и жест должен что-то значить. Во втором случае руки экспериментатора были свободны. Обезьяне нужно было понять, что если бы человек хотел взять стаканчик или указать на него, то сделал бы это рукой — ведь она свободна, и поэтому весь жест можно интерпретировать как случайное, бессмысленное действие.

Все три вида обезьян правильно разобрались в ситуации: если руки у человека были свободны, они брали любой из стаканчиков наугад, если заняты — выбирали тот, на который человек им указал локтем.

Авторы сделали вывод, что все исследованные обезьяны способны анализировать чужие поступки, в том числе нестандартные, с учетом

конкретной ситуации, и справляются с этим не хуже четырнадцатимесячных детей. Без "теории ума", по мнению исследователей, тут не обойтись.

Поскольку обезьяны Нового Света, к которым относится тамарин, отделились от обезьян Старого Света, по некоторым оценкам, около 40 млн лет назад, авторы заключили, что способность понимать мотивы чужих поступков появилась у приматов уже очень давно. Это умение, скорее всего, развилось в связи с общественным образом жизни: трудно выжить в тесном коллективе таких высокоразвитых существ, как обезьяны, если не понимаешь мотивации поведения соплеменников.

Орудийная деятельность

Давно прошли те времена, когда изготовление и использование орудий считались уникальными свойствами человека. Сегодня известно множество видов животных, использующих орудия в повседневной жизни, причем в ход идут как неизменные природные объекты, так и обработанные (например, палки с удаленными сучками и листьями).

Людам, исследующим поведение животных, избавиться от антропоцентрических оценок трудно. Возможно, этим отчасти объясняется устоявшееся представление о том, что орудийная деятельность является лучшим показателем интеллектуального уровня (когнитивных возможностей) в целом. Еще бы, ведь мы, люди, достигли самых выдающихся успехов именно в этой области. Разные эксперты придерживаются разных точек зрения о том, насколько справедлива такая оценка. Например, один из ведущих российских этологов Ж. И. Резникова полагает, что сложная орудийная деятельность не обязательно говорит о большом уме (Резникова, 2006). Другие ведущие этологи расставляют акценты несколько иначе (Зорина, Полетаева, 2002).

Орудийная деятельность особенно широко распространена у млекопитающих, причем отнюдь не только у обезьян. Слоны отгоняют ветками мух, а если сломанная ветка слишком велика, они кладут ее на землю и, придерживая ногой, отрывают хоботом часть нужного размера. Некоторые грызуны используют камешки для разрыхления и отгребания почвы при рытье нор. Каланы (морские выдры) отдирают прикрепленных к скалам моллюсков при помощи крупных камней — "молотков", а другие, менее крупные камни используют для разбивания раковин: лежа на спине на поверхности воды, зверь кладет камень-наковальню на грудь и колотит по нему раковинной. Медведи способны сбивать плоды с деревьев при помощи палок; зафиксировано использование камней и глыб льда белыми медведями для убийства тюленей.

Много данных накоплено и об орудийном поведении у птиц. Новокаледонские галки достают насекомых из трещин в коре при помощи разнообразных приспособлений, изготавливаемых самими птицами из прочных листьев и хвоинок. Египетские грифы разбивают страусиные яйца, бросая в них камни. Некоторые цапли бросают в воду разные предметы (перья, личинки насекомых), чтобы приманить рыб.

Семейство цапель в морском аквариуме Майами научилось приманивать рыб гранулированным кормом, который птицы воровали у сотрудников. Сычи собирают экскременты млекопитающих и раскладывают их вокруг своих гнезд, чтобы приманить жуков-навозников.

Но все-таки самые талантливые "технари" среди животных — приматы. Многие обезьяны разбивают камнями орехи, раковины и птичьи яйца; вытирают листьями грязные фрукты; используют жеванные листья в качестве губок, чтобы доставать воду из углублений (похожие технические решения наблюдались и у муравьев, столкнувшихся с необходимостью доставки в муравейник жидкой пищи); извлекают насекомых из щелей при помощи острых палочек; бросают камни и другие предметы в недругов.

Эксперименты показали, что высшие обезьяны в неволе быстро осваивают разнообразные, в том числе и весьма сложные, виды орудийной деятельности, которые никогда не наблюдаются у этих видов в природе. Вот тут-то и обнаруживается первая странность: почему при наличии таких способностей обезьяны в природе используют их довольно редко и явно не полностью? Так, из четырех ближайших к человеку видов (шимпанзе, бонобо, горилла, орангутан) систематическое использование орудий в природных условиях характерно лишь для шимпанзе. Остальные делают это очень редко, то есть "могут, но не хотят" (Резникова, 2006).

Вторая странность состоит в чрезвычайно большом размахе индивидуальных различий по "инструментальным способностям" у представителей одного и того же вида. Похоже, в природных популяциях "технические гении" мирно сожительствуют с "непроходимыми техническими тупицами", причем едва ли кто-то из них чувствует разницу. Иной капуцин справляется с задачами на сообразительность лучше многих шимпанзе. В ряде экспериментов и отдельные птицы, такие как новокаледонские галки, показывали лучшие результаты, чем человекообразные приматы. Знаменитые обезьяньи "гении", такие как шимпанзе Уошо, горилла Коко или бонобо Канзи (*эти обезьяны лучше других освоили так называемые языки-посредники и в итоге научились разговаривать примерно на уровне ребенка 2–3 лет. Подробнее см. в книге З. А. Зориной и А. А. Смирновой "О чем рассказали говорящие обезьяны" (2006)*), — это именно гении, а вовсе не типичные представители своих видов. Даже одно и то же животное может то показывать чудеса изобретательности, то проявлять необъяснимую тупость (к примеру, пытаться разбить орех вареной

картофелиной).

Обычно считают, что орудийная деятельность животных — своеобразная вершина айсберга (ей предшествует оценка обстоятельств, поиск подходящих предметов, расчет последствий), и потому дает возможность интегральной оценки интеллекта. Возможно, это действительно так, но только приходится признать, что интеллект (в человеческом понимании), по-видимому, не является критичным для выживания большинства животных, что он — некий эпифеномен, побочный эффект более важных для их жизни характеристик мозговой деятельности. В противном случае в природных популяциях не было бы такого колоссального размаха изменчивости по этому признаку. Хотя, с другой стороны, разве у людей иначе?

Характерная особенность орудийной деятельности животных — быстрая фиксация и ритуализация найденных однажды решений и полнейшее нежелание переучиваться при изменении обстоятельств. По словам Н. Н. Ладыгиной-Котс (одной из первых исследовательниц обезьяньего интеллекта), "шимпанзе — раб прошлых навыков, трудно и медленно перестраиваемых на новые пути решения".

Шимпанзе Рафаэлю исследователи давали дырявую кружку и шарик, которым можно было заткнуть дырку. Рафаэль не догадывался это сделать, пока однажды случайно не плюнул шариком в кружку. Шарик заткнул отверстие, вода перестала вытекать, и шимпанзе это запомнил. С тех пор он постоянно пользовался шариком, чтобы заткнуть дырку в кружке, но всегда делал это тем же способом, что и в первый раз, — брал шарик в рот и плевал им в кружку. Через некоторое время ему дали кружку без дырки, и Рафаэль, совсем уж по-глупому, плевал шариком и в нее тоже. Наконец, когда ему предложили на выбор две кружки — привычную дырявую и целую, бедное животное не колеблясь выбрало дырявую. Впрочем, как знать, может, он просто любил свою дырявую кружку, а шариком плевался, потому что думал, что это нравится экспериментаторам?

Дикие шимпанзе в одном из африканских национальных парков научились сбивать плоды с дерева, на которое не могли забраться, с соседнего дерева при помощи сорванных с него веток. Когда все подходящие ветки были оборваны, животные впали в полную растерянность, и никто из них так и не догадался принести ветку с какого-нибудь другого дерева или куста, хотя для других целей (например, для выковыривания насекомых) шимпанзе часто пользуются палками, принесенными издалека.

Конечно, про людей тоже можно рассказать немало подобных историй. И потом, разве кто-то сомневается, что интеллект у людей в среднем все же мощнее, чем у нечеловеческих обезьян? Даром, что ли, наш мозг втрое больше по объему?

Ж. И. Резникова полагает, что подобное "глупое" поведение может быть обратной стороной способности к быстрому обучению, которое обеспечивается формированием устойчивых ассоциативных связей. Возможно, если бы животные не учились так быстро, выученные стереотипы были бы не столь жесткими. А сумей они и вовсе избавиться от плена стереотипов, их поведение стало бы гораздо интеллектуальнее.

Об этом говорит ряд экспериментов. Многим животным (обезьянам и птицам) предлагалась задача "Трубка с ловушкой": нужно вытолкнуть приманку из трубки палочкой или проволокой, однако в трубке есть дырка, через которую приманка может выпасть в "ловушку", откуда ее невозможно достать. Животное должно сообразить, что надо обойти экспериментальную установку и толкать с другой стороны. Задача оказалась трудной для всех, но некоторые обезьяны и птицы все-таки справились с ней, научились уверенно ее решать.

После этого экспериментаторы переворачивали трубку дыркой вверх. "Ловушка" становилась нефункциональной, и необходимость заходить сзади отпадала. Ни одно из животных не смогло этого понять. Даже "гении", показавшие блестящие результаты в других опытах, продолжали упорно обходить установку и толкать приманку "от ловушки", то есть настаивали на однажды выученном решении, хоть оно и потеряло смысл. В одном из экспериментов, однако, удалось разрушить сложившийся стереотип, заменив стеклянную трубку непрозрачной. Подопытный — дятловый вьюрок, — увидев, что трубка-то теперь другая, снова "включил мозги" и стал действовать адекватно ситуации.

Может быть, в этом и состоит то трудноуловимое, но все-таки реальное различие, грань между человеческим и нечеловеческим мышлением, которое нас делает людьми, а другим животным не позволяет подняться до нашего уровня? Может быть, все дело в том, что мы в меньшей степени рабы стереотипов и догм и чуть чаще "включаем мозги"?

Разница в степени, а не в качестве (факты, изложенные в этом разделе, автор почерпнул из беседы с известным этологом, специалистом по мышлению животных З.А. Зориной (кафедра высшей нервной деятельности биофака МГУ). Многие из них подробно разбираются в книге "Элементарное мышление животных" (Зорина,

Полетаева, 2002))

Впрочем, многие этологи полагают, что выводы о стереотипности мышления животных отчасти могут быть связаны с не совсем корректно поставленными экспериментами. Шимпанзе, живущий в неволе, действительно легко становится "рабом прошлых навыков", точнее – рабом повторяемости эксперимента, особенно если с ним работают специалисты по условным рефлексам. Возможно, животные просто принимают "правила игры", навязанные экспериментаторами.

Вышеупомянутый шимпанзе Рафаэль научился заливать огонь, который мешал ему взять апельсин, наливая воду в кружку из бака. Когда однажды в баке не оказалось воды, он был очень недоволен, но он схватил с окна бутылку для полива цветов и залил огонь из бутылки. В другой раз он помочился в кружку и залил огонь опять же из кружки. Он действительно отчасти стал рабом привычки. Когда опыты перевели на озеро, на причале стоял аппарат с огнем, а бак находился на плоту. Экспериментаторы думали: если шимпанзе понимает, что такое вода, то он наклонится и зачерпнет из озера. Вместо этого Рафаэль нашел доску, перебрался на плот и принес воду в кружке из бака. Очевидно, он не понимал, что такое вода, он просто умел заливать огонь из кружки. Но обезьяны не любят воду, и это может препятствовать изобретательству. При этом Рафаэль все-таки изобрел новое решение задачи: сделал мостик из доски и сходил за водой к баку. Когда этот опыт повторяли для съемок фильма "Думают ли животные", долгой дрессировки с кружкой там не было. Одна из обезьян взяла с пола тряпку и затушила ею огонь без всякой воды. И эта, и другие обезьяны все-таки черпали из озера. Животные могут находить разные способы решений той или иной задачи. Но если уже есть привычный, отработанный способ, зачем лишний раз напрягать мозги?

В решении животными разнообразных сложных задач больше удивляет не легкость формирования стереотипов, а тот факт, что животные все-таки с ними справляются. В основе таких решений лежит весьма сложная мысленная операция – составление плана действий, позволяющего добиться результатов в ситуации, для которой нет готового решения.

Особенно впечатляют достижения обезьян, обученных языкам-посредникам – упрощенным аналогам человеческого языка. Эти обезьяны понимают речь на слух, адекватно на нее реагируют и сами строят из значков осмысленные фразы. В одной серии опытов сравнивали понимание простых фраз у бонобо Канзи, которому тогда было восемь лет, и человеческого ребенка – девочки двух с половиной лет. Девочка выполняла задания в целом хуже, чем Канзи. Ему говорили: "Канзи, залезь ко мне в карман, достань зажигалку, зажги огонь". Он лез в карман, доставал зажигалку и разжигал костер. "Налей молоко в кока-колу" – и он наливал. Потом ему через неделю говорили: "Налей кока-колу в молоко" – и он наливал кока-колу в молоко, а не наоборот. "Возьми ключи, положи в большой холодильник" – и он кладет ключи в большой холодильник. "Отшлепай гориллу открывалкой для банок" – и он берет на кухне консервный нож, находит

игрушечную гориллу и шлепает ее открывалкой для банок. При этом ребенок выполнял параллельно такие же задания. Иногда девочка просто не хотела выполнять просьбы экспериментаторов. Значит ли это, что ребенок глупее? Вряд ли. Девочка в то время уже учила стишки. Потом ребенок начал быстро развиваться, а шимпанзе так и остался на всю жизнь на этом уровне.

Разница между мышлением человека и других животных все-таки в степени, а не в качестве. Но разница в степени может быть очень большой. Даже в самых сложных своих достижениях шимпанзе все-таки не превышает уровня 2–3-летнего ребенка: это их потолок. С другой стороны, этологи в один голос утверждают, что единой шкалы умственных способностей, общей для всех животных, не существует. Невозможно ответить, кто "вообще" умнее: дельфины, обезьяны или попугаи. Разные виды животных справляются с одними типами задач лучше, с другими – хуже. И человек в этом плане не исключение. Выше мы уже упоминали, что в решении некоторых интеллектуальных задач другие животные вполне могут нас "обставить": например, сойки, белки и другие животные, запасаящие пищу в тайниках, лучше нас умеют запоминать точки на местности. А если нам такое умение не кажется хорошим мериллом интеллекта, то следует задуматься: не потому ли мы его недооцениваем, что сами им плохо владеем?

Бескорыстная помощь

Многие животные (например, общественные насекомые) бескорыстно помогают близким родственникам. Иногда заботятся и о неродственных особях, но такая помощь обычно подкрепляется непосредственной выгодой для помогающего. В обоих случаях альтруистическое поведение способствует выживанию и распространению генов самого альтруиста. Поэтому гены, способствующие такому поведению, поддерживаются отбором (подробнее об этом мы поговорим в главе "Эволюция альтруизма").

Бескорыстная помощь неродственным особям встречается крайне редко. Традиционно считалось, что это свойство присуще только человеку, а у животных полностью отсутствует. Однако сотрудники Института эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге экспериментально показали, что не только маленькие дети, еще не умеющие говорить, но и молодые шимпанзе охотно помогают человеку, попавшему в трудную ситуацию, причем делают это совершенно бескорыстно (*Warneken, Tomasello, 2006*).

В опытах участвовали 24 ребенка в возрасте 18 месяцев и три молодых шимпанзе (трех- и четырехлетние). Дети и обезьяны наблюдали, как взрослый человек тщетно пытается справиться с какой-то задачей, и могли ему помочь, если у них возникало такое желание (но специально их к этому никто не подталкивал). Никакой награды за помощь они не получали.

В экспериментах использовались четыре вида задач.

1. НЕ ДОСТАТЬ. Человек случайно что-то роняет (например, карандаш), пытается поднять и не может — не дотягивается (эксперимент), — или нарочно бросает и равнодушно смотрит (контроль).

2. ФИЗИЧЕСКОЕ ПРЕПЯТСТВИЕ. Человек хочет положить в шкаф пачку журналов, но "не догадывается" открыть дверцы и врезается в них (эксперимент) — или пытается положить журналы на верх шкафа, врезаясь при этом в дверцы (контроль).

3. НЕПРАВИЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ. Человек кладет книгу на верх стопки, но она падает (эксперимент) — или кладет рядом со стопкой (контроль).

4. НЕПРАВИЛЬНЫЙ СПОСОБ. Человек роняет ложку в маленькое

отверстие и пытается через него же достать ее, "не замечая" большого отверстия в боковой стенке ящика (эксперимент), — или нарочно бросает ложку в отверстие и не пытается ее достать (контроль).

Полуторагодовалые дети охотно помогали незнакомому человеку справиться с возникшей трудностью во всех четырех экспериментальных ситуациях (и не проявляли активности в контрольных экспериментах, где общая ситуация была похожей, но помощь не требовалась). Шимпанзе вели себя точно так же, но лишь в одной из четырех ситуаций, а именно в первой, где и цель экспериментатора, которой он не мог достичь, и способ ее достижения были наиболее очевидны. По-видимому, в остальных трех ситуациях шимпанзе в отличие от детей просто не могли понять, в чем проблема, — не могли "просчитать" цели экспериментатора, смысл его действий и результат, которого он хочет добиться.

В прежних экспериментах такого рода не удавалось зарегистрировать бескорыстное альтруистическое поведение у шимпанзе, потому что в этих экспериментах, чтобы продемонстрировать альтруизм, обезьяна должна была поделиться с экспериментатором (или другим шимпанзе) пищей. В природе шимпанзе активно конкурируют друг с другом за пищу и делиться не любят. Однако, как выяснилось, они готовы прийти на помощь постороннему, если речь идет об "инструментальных" задачах, не связанных с едой. Кстати, перед тем как отдать экспериментатору оброненный им предмет, шимпанзе значительно дольше, чем дети, исследовали его и отдавали, только убедившись в его полной несъедобности.

Таким образом, бескорыстная взаимопомощь не является чисто человеческим свойством. Зачатки такого поведения, скорее всего, имелись уже у общих предков человека и шимпанзе, живших 6–7 миллионов лет назад.

Шимпанзе не бросают сирот

Группа исследователей из Института эволюционной антропологии Макса Планка (Лейпциг, Германия) под руководством Кристофа Буша в течение почти трех десятилетий наблюдает за несколькими группами лесных шимпанзе в их естественной обстановке в национальном парке Берега Слоновой Кости. За это время ученые обнаружили, что в этих группах практикуются оригинальные технологии добывания орехов и обучение молодежи этим технологиям, а также что шимпанзе умеют планировать свои отношения с членами коллектива. Кроме того, удалось подтвердить наличие у шимпанзе такого чистого проявления альтруизма, как усыновление (*Boesch et al., 2010*).

Взять на воспитание осиротевшего малыша — дорогостоящее

предприятие. Даже в человеческих обществах не так уж много сердобольных граждан, берущих на себя такую ответственность и такие затраты. Родителям-шимпанзе приходится не только кормить приемыша, но и таскать его на себе. Или, рискуя жизнью, ждать уставшего малыша, пока вся группа уже ушла вперед. Нужно защищать его от опасностей, делить с ним свое спальное место и ограждать от нападков сородичей.

Обычно все эти затраты и риски берет на себя мать. Ее родительское участие продолжается три – пять лет, пока детеныш не станет достаточно взрослым. Самцы редко принимают на себя даже малую долю этих трудностей. Поэтому, когда у маленького шимпанзенка умирает мать, он чаще всего тоже не выживает или очень сильно отстает в развитии – слишком трудна и опасна жизнь для неокрепших членов группы, лишившихся защитника. Шимпанзенок-сирота может нормально вырасти только в случае усыновления. В неволе случаи усыновления неизвестны. Но в природе, как показали наблюдения, такое случается.

За 27 лет ученые зарегистрировали 36 малышей-сирот, из которых были усыновлены 18. Примерно половина усыновленных детенышей (10 из 18) выжила. Среди приемышей было примерно одинаковое число девочек и мальчиков. Удивительно, что приемными родителями становились не только самки, но и самцы (тех и других было примерно поровну). Причем, как показали генетические тесты и наблюдения, среди самцов-усыновителей был только один настоящий отец осиротевшего детеныша, остальные были подростками братьями, друзьями погибших матерей или случайными членами группы.

Так, например, пятимесячного Момо взял друг умершей матери, то же произошло и с двумя другими осиротевшими шимпанзятами. Четырех малышей опекали совсем не связанные с матерью взрослые обезьяны. Приемные родители показывали чудеса заботы. Ученые наблюдали, как приемный отец расколол за два часа около 200 орехов, из которых 80 % отдал своему приемному сыну. Другой самец много месяцев таскал на спине приемную дочку, не бросая ее в опасных стычках с соседней враждебной группой. Немало трудностей пришлось пережить и Улиссу, среднеранговому самцу, дважды бравшему себе воспитанников. Самцы-конкуренты постоянно проявляли агрессию к его воспитанникам, чтобы таким образом сводить с ним счеты. Ему приходилось вступать в драки, защищая приемных детенышей. Ему удавалось выдерживать конфликты в первый раз полтора года, во второй раз три месяца; потом он все же бросал сирот. Поистине, за этими обезьяньими историями просматриваются настоящие трагедии с человеческими слезами!

Из-за того что многие приемные родители не были генетически связаны с сиротами, это поведение трудно объяснить действием родственного отбора. Трудно себе представить и какую-то пользу от рискованной и дорогостоящей заботы о брошенных детенышах, поскольку самцы брали себе сирот обоюго пола с равной вероятностью. Вряд ли они целенаправленно растили для себя будущих защитников или покладистых самок для спаривания – усыновление было выгодно лишь

самим детенышам-сиротам и не давало никаких выгод взрослым альтруистам. По-видимому, воспитание сирот, забота о них приносят пользу всей группе, увеличивая ее потенциальную численность.

Проявление столь очевидного альтруизма ученые связывают с условиями жизни конкретной популяции. Все группы шимпанзе, в которых зафиксированы случаи усыновления, обитают в крайне опасном окружении. В отличие от других районов здесь много леопардов – наиболее опасных для шимпанзе хищников. Только кооперативное поведение – слаженные действия во благо группы – позволяет шимпанзе защищаться от этих свирепых врагов. В таких условиях и происходит становление альтруистического поведения. В других популяциях, где пресс хищников невелик, а также в неволе подвиги становятся необязательными.

В человеческих обществах, между прочим, альтруистическое поведение тоже характерно для групп, живущих в окружении врагов и постоянно участвующих во внешних конфликтах. Таким образом, ясно видятся аналогии в становлении альтруистического поведения у шимпанзе и людей (подробнее см. в главе "Эволюция альтруизма").

Планы на будущее

Планирование отдаленного будущего традиционно считалось чисто человеческой чертой. Турист перед походом собирает рюкзак, тщательно продумывая, что ему может пригодиться — топор, веревки, рыболовные крючки, ложка с кружкой и много другого, — хотя в момент сборов нет необходимости рубить ветки или ловить рыбу. Чтобы собрать рюкзак, нужно хорошо представлять себе, как будут разворачиваться дальнейшие события. Точно спланированные действия считаются признаком мудрости, плохо спланированные — легкомыслия (мол, будь что будет). Однако оказалось, что и эта эксклюзивная черта присутствует у других животных, нужно только правильно поставить эксперимент.

Германские этологи из уже неоднократно упоминавшегося Института эволюционной антропологии в Лейпциге поставили четыре серии опытов с орангутанами и бонобо. Предки орангутанов отделились от эволюционной линии наших предков около 15 млн лет назад, бонобо — 6–7 млн лет назад. По результатам экспериментов исследователи надеялись примерно определить, на каком этапе сформировалась способность к планированию.

Обезьянам предлагали решать задачу на выбор правильного орудия. В специальном аппарате крепилась трубка с двумя дырочками в стенках, в эти дырочки поперек трубки вставлялась сухая макаронина, к двум концам которой привязывались виноградные кисти. Обезьяна должна была выбрать тонкую палочку, просунуть ее в трубку и сломать макаронину. Тогда виноград падал из аппарата в руки обезьяне.

Когда обезьяны научились правильно выполнять это задание, начались тесты по планированию. Обезьяне показывали закрытый аппарат, из которого ничего нельзя было достать, и предлагали на выбор восемь инструментов (два подходящих и шесть непригодных). Через пять минут ее выпроваживали из комнаты и приводили назад через час. Теперь уже аппарат был открыт, и если обезьяна приносила с собой правильно выбранный инструмент, то могла достать себе виноград.

Итак, сначала правильно выбрать инструмент, затем взять его с собой, затем принести обратно в комнату — не так уж это просто. Тем не менее в 70 % случаев тест был пройден успешно! В двух случаях обезьяны унесли с собой неправильные орудия. Но, войдя в комнату с

открытым аппаратом, быстренько сообразили, в чем дело, обработали неподходящие орудия, отломав лишние части, и все-таки добрались до винограда.

В другом эксперименте обезьян уводили из комнаты с закрытым аппаратом на целых 14 часов. Действия обезьян оказались успешными даже больше чем в 70 % случаев.

В третьей серии опытов обезьянам предлагали выбрать правильное орудие, когда сотрудники только устанавливали аппарат, то есть самого аппарата с виноградом еще не было. Успешными оказались 40 % попыток.

Если же, как это было сделано в четвертой серии экспериментов, обезьяны не видят, что устанавливают аппарат, то они не справляются с заданием, хотя в случае правильно выбранного и принесенного назад орудия получают награду. Удручающе низкий успех в последнем эксперименте показывает, что планирование нельзя объяснить формированием условного рефлекса, пусть даже и сложного (*Mulcahy, Call, 2006*).

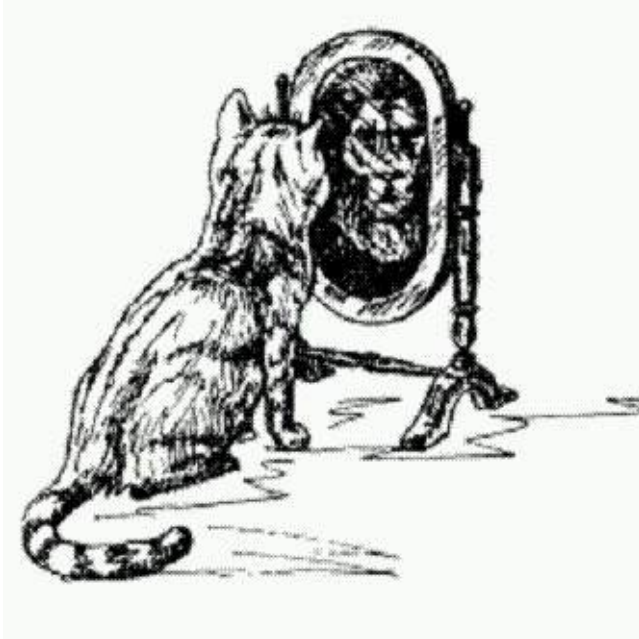
Критическая самооценка и "метапознание"

Всем животным, включая людей, часто приходится принимать решения на основе неполных или неоднозначных исходных данных. Главное при этом — оптимальным образом обработать имеющуюся информацию, чтобы максимизировать шансы на успех. С этой задачей животные во многих ситуациях худо-бедно справляются. Но есть и другая сторона проблемы: часто оказывается полезным умение адекватно оценить вероятность того, что принятое решение было правильным. Особенно это актуально в тех случаях, когда последствия совершенного поступка (например, награда или наказание) реализуются не сразу, а спустя какое-то время. От степени уверенности в собственной правоте зависит, будем ли мы спокойно ждать награды или спешно искать способ избежать наказания.

Многие эксперты полагали, что для подобных оценок необходимо самосознание, которым обладает лишь человек, а в зачаточной форме, возможно, некоторые другие приматы. Действительно, казалось бы, как может существо, не обладающее самосознанием, неспособное анализировать постфактум свои поступки и их мотивы, быть уверенным (или неуверенным) в том, что совершенный ранее поступок был правильным?

К счастью, современных нейробиологов и психологов-экспериментаторов абстрактными рассуждениями не убедишь — им подавай конкретные факты. Чтобы доподлинно узнать, способны ли животные, не относящиеся к приматам, адекватно оценивать правильность собственных решений, команда ученых из США и Португалии поставила серию оригинальных экспериментов на крысах. Результаты этой работы, опубликованные в журнале *Nature*, показали, что крысам в полной мере свойственна упомянутая способность (*Keress et al., 2008*). Крыс научили выбирать одну из двух поилок в зависимости от того, запах какого из двух пахучих веществ — А или Б преобладает в воздухе. В роли вещества А выступала капроновая кислота, в роли вещества Б — 1-гексанол. Если крысе давали понюхать смесь с соотношением А/Б > 50/50, крыса должна была выбрать левую поилку, при А/Б < 50/50 — правую. За правильный выбор крысу награждали (давали каплю воды). Награда, однако, появлялась не сразу — крысу заставляли ждать у выбранной поилки, мучаясь неопределенностью, от

0,3 до 2 секунд.



Умение критически оценивать себя и свои поступки, по-видимому, распространено среди животных намного шире, чем было принято считать.

Меняя соотношение веществ А и В в пахучей смеси, исследователи могли регулировать сложность задачи. Понятно, что чем ближе это соотношение к 50:50, тем труднее крысе сделать правильный выбор. Как и следовало ожидать, крысы ошибались тем чаще, чем сложнее была задача (см. нижний график на рисунке).

Подопытным крысам вживили электроды в орбитофронтальную кору (ОФК) — участок мозга, отвечающий за принятие решений в спорных ситуациях. Регистрировалась активность индивидуальных нейронов в то время, пока крыса находилась у выбранной поилки в ожидании награды и еще не знала наверняка, права она или ошиблась.

Ученые обнаружили, что активность многих нейронов ОФК в этот волнительный для крысы момент зависит от степени сложности только что решенной задачи. Часть нейронов, активность которых удалось записать (120 из 563), генерировали более частые импульсы в том случае, если выбор был сложным. Несколько меньшее число нейронов (66 из 563), наоборот, работало активнее, если решенная задача была легкой.

Еще более интересные результаты были получены, когда ученые

сопоставили активность отдельных нейронов не со сложностью, а с **правильностью** сделанного выбора. Напомним, что активность нейронов регистрировалась в тот период, когда награда еще не могла появиться, то есть крыса еще не знала наверняка, правильно ли она поступила. Как ни странно, оказалось, что многие нейроны "знают" это заранее. Значительная часть нейронов работала активнее в случае ошибочного решения; несколько меньшее их число генерировало более частые импульсы в случае правильного выбора. При помощи математического моделирования и сложных статистических тестов ученым удалось показать, что активность этих нейронов не зависит ни от того, как часто крыса ошибалась в предыдущих тестах, ни от иных "посторонних" факторов. Эта активность в точности отражает ту оценку правильности сделанного выбора, которую крыса в принципе может "вычислить" на основе своих знаний о характере запаха в данном тесте, об условиях задачи и о собственном только что принятом решении.



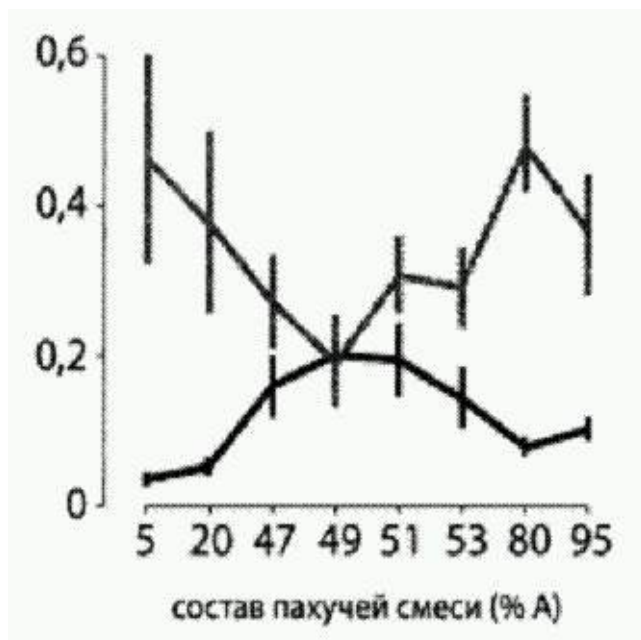
Схема эксперимента. На верхнем графике показано, с какой частотой одна из крыс выбирала левую поилку при шести разных составах пахучей смеси (100:0, 68:32, 56:44, 44:56, 32:68, 0:100). Нижний график показывает, с какой частотой три произвольно выбранные крысы принимали правильные решения. По рисунку из Kerecs et al., 2008.

Таким образом, экспериментатор, наблюдающий за активностью нейронов ОФК в крысином мозгу и ничего не знающий ни о составе пахучей смеси, ни о том, какую поилку крыса выбрала, может довольно точно определить, правильное ли решение было принято крысой. Иными

словами, в мозге крысы в период "ожидания" уже содержится вполне достоверная информация о том, насколько высока вероятность получения награды. Но способна ли крыса использовать эту информацию, извлечь из нее какую-то пользу для себя?

Чтобы ответить на этот вопрос, ученые немного изменили дизайн эксперимента. Во-первых, время ожидания удлиннили: теперь крыса после принятия решения должна была ждать награды от 2 до 8 секунд. В случае правильного решения каждый раз выбирался случайный интервал времени в пределах этого диапазона. В случае неправильного решения ровно через 8 секунд раздавался звуковой сигнал, означающий, что дальнейшее ожидание бессмысленно. Во-вторых, крысе предоставили возможность в любой момент прекратить ожидание и начать тест заново, то есть вернуться к источнику запаха, понюхать, а затем снова выбрать одну из двух поилок.

В этой ситуации умение оценивать вероятность ошибки перестало быть для крысы бесполезным, как в первой серии экспериментов. Если крыса уверена в своей правоте, ей выгодно ждать до упора — награда в конце концов обязательно появится. Если же крыса полагает, что скорее всего ошиблась, ей лучше не тратить зря время и поскорее начать все заново.



Крысы оценивают вероятность того, что сделали правильный выбор и используют результат оценки к собственной выгоде. Показаны данные по одной из крыс. По вертикальной оси — процент случаев, когда

крыса не стала дожидаться награды и начала тест заново. Светлая линия соответствует тем случаям, когда крыса ошиблась (и награду ждать было бесполезно), темная линия отражает случаи правильного выбора. По рисунку из Kerecs et al., 2008.

Результаты этой серии экспериментов (см. рисунок) показали, что крысы отлично умеют извлекать выгоду из результатов проведенной самооценки. Если задача была проста, а выбор был сделан неверно, крыса с большой вероятностью не будет ждать все 8 секунд, а начнет тест заново (крайние левый и правый участки светлой кривой на графике). Крысы, сделавшие неправильный выбор, ждут терпеливее, если задача была сложной ("а вдруг я угадала?"). На рисунке это обстоятельство отражается вогнутой средней частью светлой кривой. Если задача была проста и выбор был сделан правильно, крыса вполне уверена в своей правоте и ждет до конца (крайние участки темной кривой). По мере того как задача усложняется (% А приближается к 50), степень самоуверенности крыс, сделавших правильный выбор, снижается (темная кривая в середине выше, чем по краям). Добавим, что в ОФК изученных крыс было обнаружено большое число нейронов, активность которых подчиняется той же закономерности: если на рисунке по вертикальной оси вместо частоты досрочных уходов от поилки отложить активность этих нейронов, то обе кривые — и светлая, и темная — будут иметь примерно такую же форму.

Таким образом, для того чтобы адекватно оценивать правильность собственных решений, вовсе не обязательно иметь огромный мозг и развитое самосознание, как у человека. С этой задачей неплохо справляются и грызуны. Исследователи предполагают, что алгоритм подобной самооценки, возможно, является неотъемлемой составной частью общего механизма принятия решений, "встроенного" в мозг высших животных.

Аналогичные исследования проводят, конечно, не только на крысах, но и на людях (см. главу "Жертвы эволюции"), и на других приматах. Интересные результаты по четырем видам человекообразных опубликовал недавно Джозеп Колл, руководитель приматологического центра все того же Института эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге (Call, 2010). В начале статьи автор рассказывает о том, как он собирается в заграничные командировки. Упаковав паспорт и билеты с вечера, утром в день отъезда он всегда проверяет, на месте ли документы. В чем смысл этого действия, если он прекрасно помнит,

куда их положил, и ночью к его сумке никто не прикасался? Очевидно, пишет Колл, я понимаю, что людям свойственно ошибаться. Лучшешний раз удостовериться, что память меня не подводит — особенно если цена ошибки высока (авиабилеты Колл перепроверяет чаще, чем железнодорожные, потому что их труднее восстановить в случае потери). Это одно из проявлений способности к метапознанию — обдумыванию и оценке собственных мыслей и знаний. Колл называет этот поведенческий стереотип эффектом паспорта.

Специалисты по когнитивной этологии (**когнитивная этология изучает интеллект и познавательные процессы у животных**) провели много экспериментов для выяснения вопроса о наличии метапознания у разных животных. Для этого были разработаны специальные методики. Например, животному предоставляется возможность отказаться от прохождения теста, причем за отказ животное получает небольшое вознаграждение, за удачное выполнение задания дается более желанная награда, а за неудачное — ничего. Затем задание постепенно усложняют (например, заставляя животное делать выбор между двумя все более похожими друг на друга фигурами, звуками или запахами, как в вышеописанном эксперименте с крысами) и смотрят, будет ли расти частота "отказов".

В ходе этих экспериментов выяснилось, что крысы, дельфины и обезьяны при недостатке информации ведут себя вполне по-человечески: отказываются от прохождения теста или пытаются получить дополнительные сведения. По-видимому, это значит, что животные здраво оценивают собственную информированность и компетентность и понимают, каковы их шансы на успешное выполнение задания.

Однако не все эксперты согласны с тем, что эти результаты доказывают наличие метапознания у нечеловеческих животных. Некоторые критики полагают, что подопытные могли научиться максимизировать свой выигрыш, ориентируясь не на уверенность в собственных знаниях, а на конкретную экспериментальную ситуацию. Имеется в виду, что их поведение может быть основано не на метакогнитивном рассуждении ("я вряд ли справлюсь с этой задачей, поэтому лучше отказаться"), а на более простом механическом навыке ("если показывают два одинаковых круга, жми кнопку "отказ").

Критике подверглись и те эксперименты, в которых было показано, что животные при недостатке информации активно пытаются получить недостающие сведения. Может быть, у животного, не понимающего,

как добыть лакомство, просто включается "генерализованная поисковая программа" — оно ищет не ключ к решению задачи, а само угощение? Когнитивная этология постоянно сталкивается с такими проблемами, связанными с неоднозначностью интерпретаций. Для окончательного решения того или иного вопроса, даже совсем простого на первый взгляд, порой требуются десятки разнообразных экспериментов.

Колл сообщает о результатах трех новых серий опытов с человекообразными обезьянами. Целью работы был поиск дополнительных аргументов за или против наличия у них метапознания. В частности, Колл хотел понять, характерен ли для обезьян эффект паспорта. В экспериментах приняли участие восемь шимпанзе, четыре бонобо, семь горилл и семь орангутанов. Во всех тестах обезьяны должны были определить, в какой из двух непрозрачных трубок находится угощение.

В ПЕРВОЙ СЕРИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ сравнивались три ситуации. В первом случае экспериментатор помещал лакомство (специальное печенье для обезьян) в одну из трубок на глазах у животного. Во втором случае обезьяна видела, что печенье кладут в одну из трубок, но не знала в какую. Третья ситуация отличалась от второй тем, что экспериментатор, "зарядив" одну из трубок, потом брал по очереди обе трубки и тряс их, так что можно было по стуку понять, где печенье. После этого обезьяна должна была сделать выбор, прикоснувшись к одной из трубок. Перед тем как принять ответственное решение, она могла заглянуть в трубку, чтобы убедиться в правильности своего выбора. Трубки располагались двумя разными способами: в одном случае заглянуть в трубку было легко, в другом — трудно.

Как и следовало ожидать, обезьяны реже заглядывали в трубку, если видели своими глазами, куда было положено печенье. Звуковая информация (стук при потряхивании трубки) влияла на их поведение по-разному в зависимости от сообразительности данной обезьяны. Ранее (в 2004 году) все участники эксперимента проходили тест на способность использовать звуковую информацию при поиске пищи. Примерно половина обезьян справилась с заданием, половина — нет. В нынешнем эксперименте те обезьяны, которые успешно прошли тест в 2004 году, реже заглядывали в трубку в ситуации 3 (когда была звуковая информация), чем в ситуации 2 (когда никакой информации не было). Напротив, те обезьяны, которые в 2004 году не сумели найти угощение по звуку, вели себя одинаково в ситуациях 2 и 3 (заглядывали в трубку одинаково часто). Таким образом, вероятность заглядывания связана со

степенью информированности: чем точнее обезьяна знает, где лакомство, тем ниже вероятность того, что она заглянет в трубку перед принятием решения.

Повышенная трудность заглядывания в трубку привела к снижению частоты заглядывания в ситуации 1 у всех обезьян, а в ситуации 3 — только у "умных", способных найти печенье по звуку. В ситуации 2 участники эксперимента почти всегда заглядывали в трубку, независимо от трудности этого действия.

По-видимому, заглядывание в ситуации 1, а для "умных" обезьян также и в ситуации 3 — это типичный эффект паспорта. Обезьяна на всякий случай проверяет то, что ей и так известно. При этом обезьяны хорошо понимают, когда можно пренебречь такой проверкой, а когда нельзя. Гипотеза о наличии у обезьян метапознания лучше объясняет эти результаты, чем альтернативные гипотезы.

ВО ВТОРОЙ СЕРИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ изучалось влияние забывчивости. На этот раз приманку всегда клали в одну из трубок на глазах у обезьяны, но принимать решение нужно было не сразу, а через 5, 20, 60 или 120 секунд. При этом отверстия трубок либо загораживали, так что заглянуть в трубку перед выбором было нельзя (ситуация 1), либо оставляли отверстия открытыми, позволяя обезьяне удостовериться в правильности своего решения (ситуация 2). Первая ситуация использовалась для того, чтобы определить, с какой скоростью обезьяны забывают увиденное. Вторая — для того, чтобы понять, влияет ли забывание на вероятность заглядывания. Оказалось, что обезьяны довольно быстро забывают, куда было положено угощение: частота правильных угадываний в "закрытых" тестах быстро снижалась с увеличением временного интервала. Параллельно росла и частота заглядываний в "открытых" тестах.

Обезьяна, по-видимому, понимает, что она забыла, где приманка, и заглядывает в трубку, чтобы восстановить утраченную информацию. Об этом можно судить еще и по тому, в какую из двух трубок обезьяна заглянет первой — в "правильную" или в пустую. С увеличением отсрочки росла частота заглядываний в пустую трубку, что подтверждает гипотезу о забывании. Однако в большинстве случаев — даже после двухминутной задержки — обезьяны все-таки заглядывали сразу в "правильную" трубку. Следовательно, по крайней мере в некоторых случаях, обезьяна на самом деле не забыла, где угощение, а просто хотела лишний раз удостовериться, что память ее не подводит. С течением времени ее уверенность в точности собственных

воспоминаний снижается. То есть налицо типичный эффект паспорта.

В ТРЕТЬЕЙ СЕРИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ гипотеза об эффекте паспорта подверглась еще одному испытанию. Люди склонны чаще перепроверять и без того известные им вещи, если цена ошибки высока. Если обезьяны мыслят так же, частота заглядывания в трубку должна положительно коррелировать с желанностью награды. В этой серии экспериментов в качестве малоценного угощения использовали кусочки моркови или апельсина, а высшей наградой был виноград. Это соответствует вкусам обезьян (и было дополнительно подтверждено в рамках данного исследования специальными тестами на пищевые предпочтения). Оказалось, что обезьяны достоверно чаще заглядывают в трубку перед принятием решения, если речь идет о винограде. При этом процент правильных угадываний был одинаковым для обоих типов угощений.

Эксперимент также показал, что обезьяны одинаково хорошо помнят, куда было положено угощение, независимо от его ценности. Однако они предпочитают лишний раз удостовериться в том, что не ошиблись, если ставки высоки.

В целом полученные результаты явно свидетельствуют пользу наличия у обезьян метапознания и в частности эффекта паспорта.

Дикие девочки-шимпанзе играют в куклы

Во всех человеческих культурах девочки любят играть в куклы, а мальчики предпочитают машинки (или другие игрушки на колесиках) и сабли с пистолетами. Это, между прочим, не досужие рассуждения, а факт, подтвержденный статистически в ходе специальных исследований. Такие же половые различия в выборе игрушек характерны и для юных нечеловеческих обезьян, воспитывающихся в неволе. Обезьяны-девочки предпочитают кукол и плюшевых зверей, мальчики выбирают "мужские" игрушки. Считается, что эти различия обусловлены отчасти социальным обучением (взрослые и сверстники вольно или невольно "учат" детей, в какие игрушки им положено играть), отчасти – врожденными склонностями. За детенышами диких приматов подобного поведения ранее не замечали. Однако недавно американские антропологи, в течение 14 лет наблюдавшие за группой диких шимпанзе в национальном парке Кибале в Уганде, сообщили, что в природе девочки-шимпанзе тоже играют в куклы-матери (*Kohlenberg, Wrangham, 2010*).

В роли кукол выступают разнообразные деревяшки. Обезьяны носят их повсюду, спят с ними в своих гнездах, играют с ними примерно так же, как матери-шимпанзе со своими младенцами. Девочки занимаются этим намного чаще, но и мальчикам не чуждо такое поведение. Это хорошо согласуется с тем обстоятельством, что у шимпанзе забота о детях возложена в основном на самок, однако самцы при необходимости тоже иногда нянчатся с подрастающим поколением

(см. выше). Однажды исследователи наблюдали даже, как юный самец построил для своей палочки-куклы особое гнездышко. В пользу того, что это именно игра в куклы, свидетельствуют следующие факты.

ВО-ПЕРВЫХ, данное поведение достоверно чаще наблюдается у девочек, чем у мальчиков. Это нельзя объяснить просто тем, что самки вообще чаще возятся с предметами. Другие виды деятельности, связанные с использованием предметов, наоборот, характерны больше для самцов. Например, самцы чаще используют палки в качестве оружия в агрессивных стычках, а листья – для вытирания разных частей тела. У самцов этого шимпанзинового племени, между прочим, существует обычай вытирать листьями свои гениталии после копуляции. Самки не используют листья в гигиенических целях.

ВО-ВТОРЫХ, деревянные "куклы" никогда не используются для иных целей: ни как оружие, ни как палки-ковырялки. Самки чаще самцов используют палочки в качестве зондов или щупов, чтобы проверять дупла, где может быть вода или, скажем, пчелиное гнездо с медом. Однако такие палочки-зонды совсем не похожи на деревяшки, используемые в качестве кукол. Куклы гораздо толще и тяжелее.

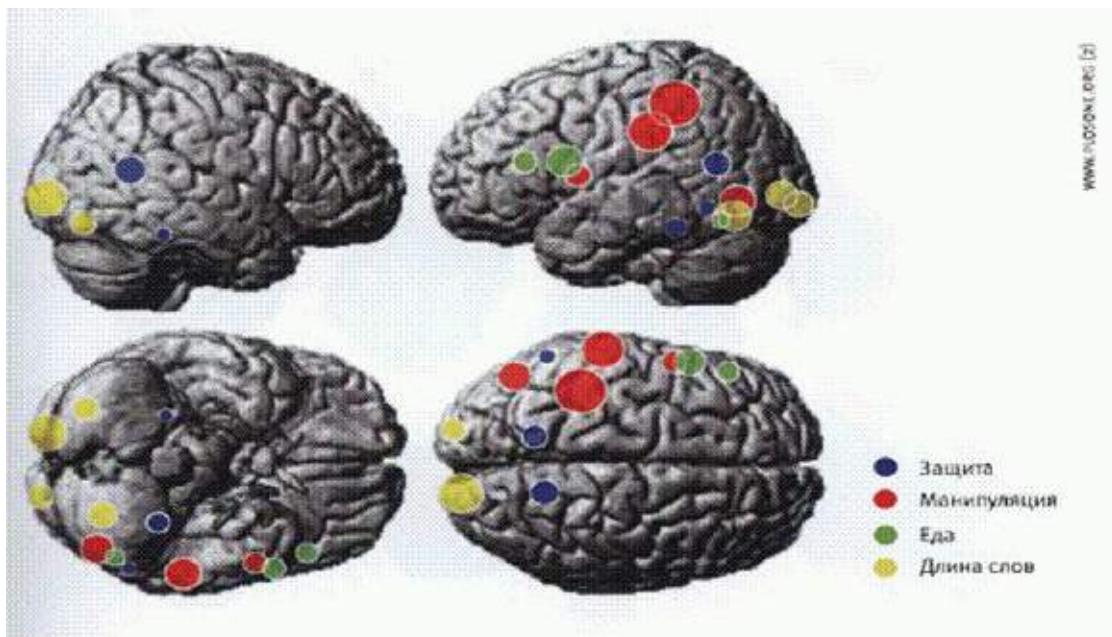
В-ТРЕТЬИХ, в отличие от всех остальных способов использования палок, игры в дочки-матери полностью прекращаются с рождением первого детеныша. Изредка за игрой в куклу удавалось застукать и взрослую самку, но это всегда оказывалась самка, не имеющая пока собственных детей.

Авторы отмечают, что в других группах диких шимпанзе, за которыми ведутся наблюдения, отмечались только отдельные случаи похожего поведения. Например, одна юная самка в Боссу (Гвинея) нянчила деревяшку совсем как ребенка, пока ее мать ухаживала за умирающей младшей сестрой. Но регулярных игр в дочки-матери в других коллективах шимпанзе не замечено. Следовательно, это не чисто инстинктивное поведение, а основанный на врожденных психологических склонностях культурный феномен, местная традиция, передающаяся путем подражания. Дети не могут научиться игре в куклы у своих матерей, потому что матери никогда этим не занимаются. Значит, они учатся друг у друга. До сих пор подобные детские традиции" были известны лишь у людей.

Вот и еще одна "чисто человеческая" черта оказалась общей для людей и шимпанзе. Может быть, в куклы играли и наши общие предки, жившие 6–7 млн лет назад.



Взрослый самец шимпанзе колет орехи для своей маленькой приемной дочери. См. главу "В поисках душевной грани".



Участки коры головного мозга, по степени возбуждения которых можно угадать, какое слово человек задумал (см. главу "Душевная механика"). Синим цветом показаны участки, которые возбуждаются при задумывании слов, связанных с понятием дома или убежища; возбуждение красных участков соответствует словам, обозначающим орудия и манипуляции; зеленые участки "кодируют" слова, связанные с едой. По возбуждению желтых участков можно определить длину

задуманного слова.



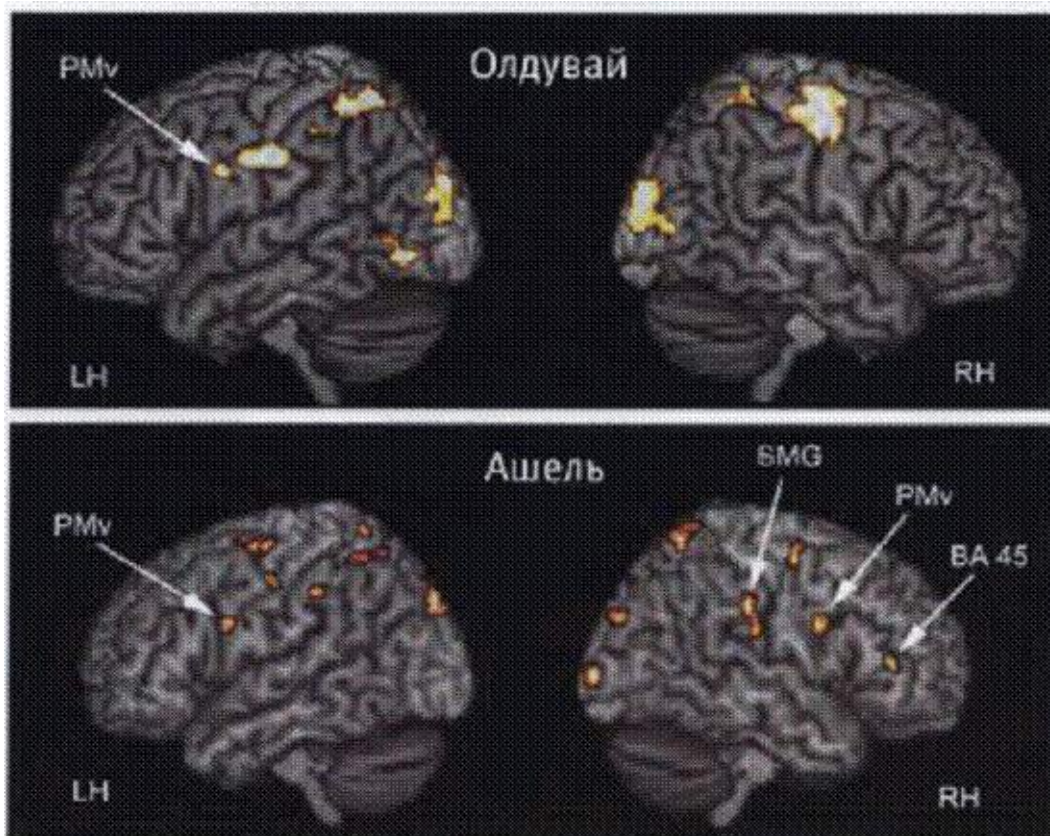
Древнейшие каменные орудия олдувайского типа со стоянки Кооби-Фора (Кения). Около 2,6 млн лет. См. главу "Душевная механика".



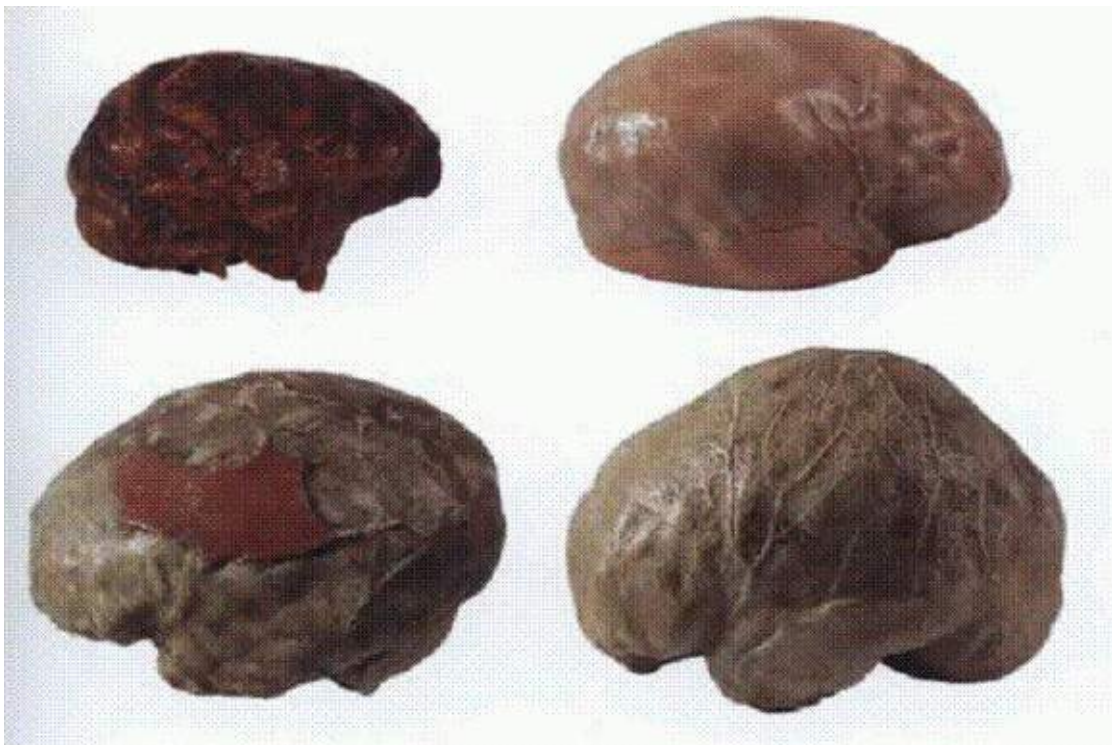
Ашельские орудия Homo erectus: обоюдоострые ручные рубила (бифасы). См. главу "Душевная механика".



Олдувайская технология основана на производстве острых отщепов случайной формы, которые используются в качестве орудий. Остающиеся "ядра" (нуклеусы) как правило, представляют собой производственные отходы. Ашельская технология предполагает придание нуклеусу требуемой формы путем аккуратного и точного откалывания отщепов, причем наиболее ценным орудием становится сам нуклеус. См. главу "Душевная механика".



Участки мозга, в которых при помощи позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) была зарегистрирована повышенная активность в процессе изготовления олдувайских и ашельских орудий (см. главу "Душевная механика"). LH — левое полушарие, RH — правое полушарие, PMv — вентральная премоторная кора, SMG — надкраевая извилина, BA 45 — поле Бродмана 45.



Эндокраны (слепки мозговой полости) австралопитека, эректуса, неандертальца и верхнепалеолитического сапиенса (кроманьонца).



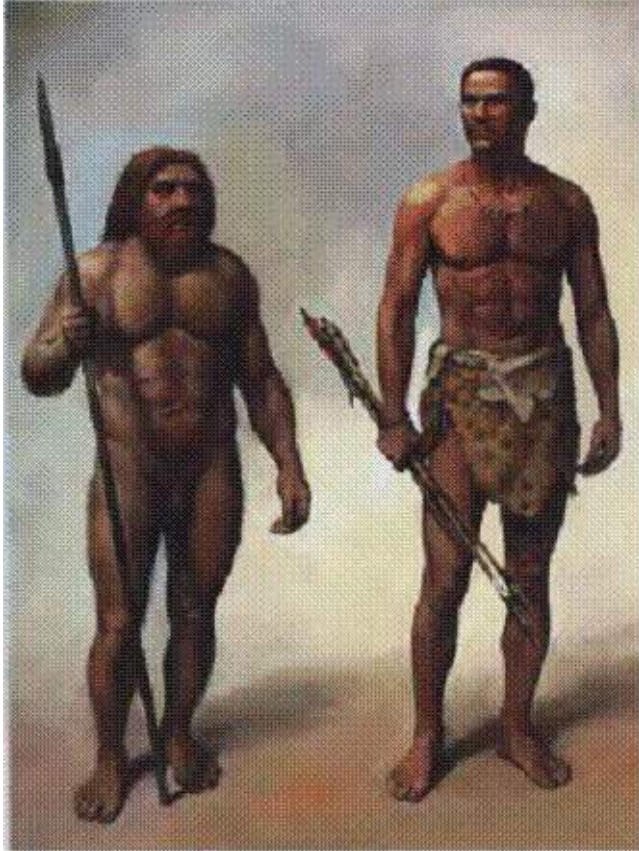
Позднепалеолитические *Homo sapiens*. Слева: мужчина из Костёнок. Справа: мужчина из грота Кро-Маньон (Франция), Реконструкции М. М. Герасимова.



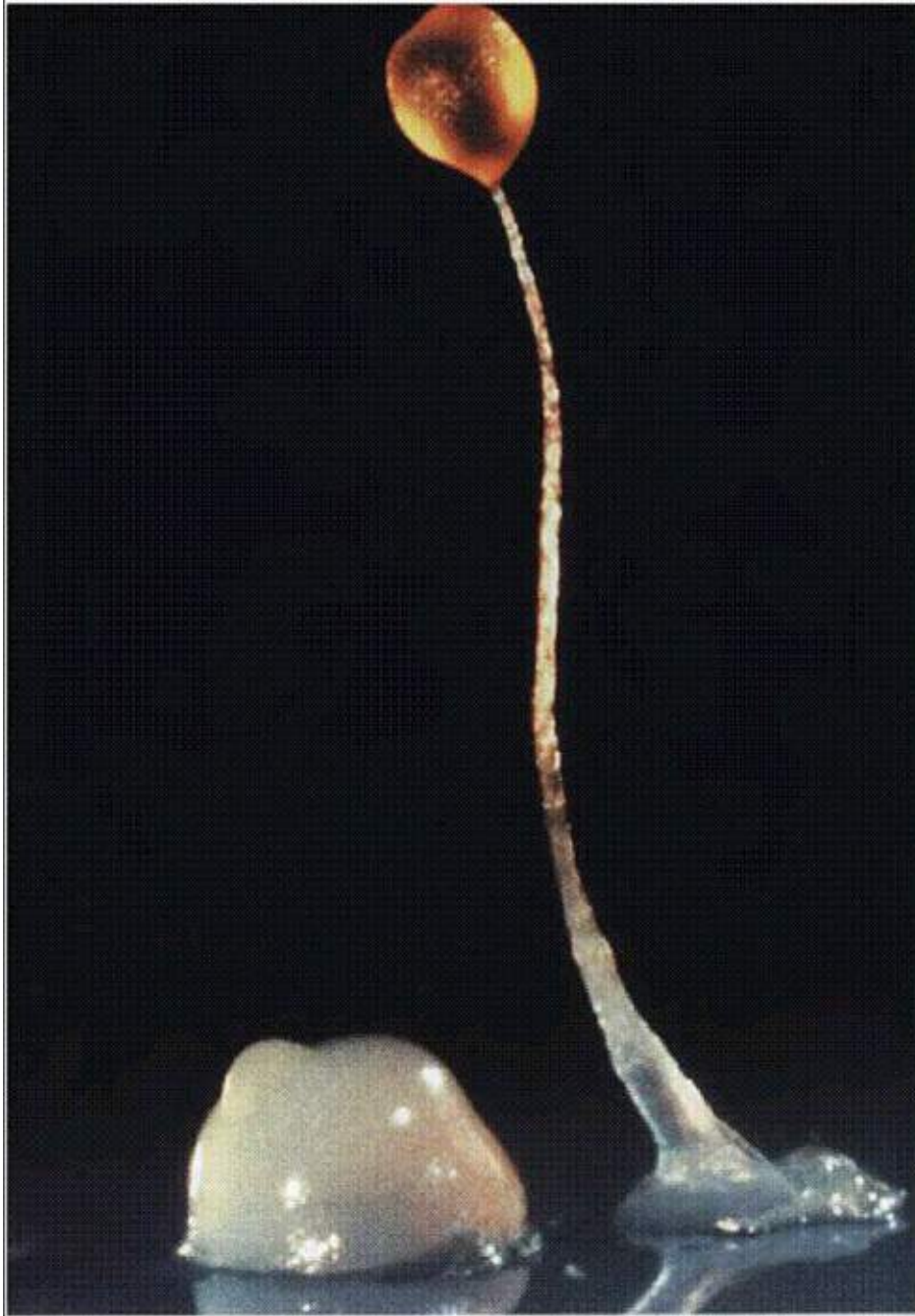
Изделия верхнего палеолита. Вверху: орудия, внизу: "палеолитические вены"



Археологи пока не нашли прямых свидетельств военных столкновений неандертальцев с людьми современного типа (не считая челюсти неандертальского ребенка, по-видимому, съеденного сапиенсами), однако подобные сцены, скорее всего, не были редкостью в Европе 30–40 тыс. лет назад. Наши предки, постоянно воевавшие друг с другом, вряд ли могли мирно ужиться со столь чуждым элементом. См. главу "Эволюция альтруизма".



Неандерталец и сапиенс.



Амебы *Dictyostelium* при недостатке пищи собираются в многоклеточные агрегаты (слева), из которых затем образуются плодовые тела на длинной ножке (справа). См. главу "Эволюция альтруизма".

Все дело в объеме рабочей памяти?

БОЛЬШЕ ПАМЯТИ — БОЛЬШЕ УМА. Мозг человека отличается от мозга наших ближайших невымерших родственников — шимпанзе и бонобо — в основном размером (он втрое массивнее). Структурные различия, конечно, тоже есть, но они сравнительно невелики и приурочены в основном к отделам, связанным с решением социальных задач. Этот факт наряду со многими другими указывает на то, что Дарвин, по-видимому, все-таки был прав, когда говорил, что различия между интеллектом человека и "высших животных" имеют не столько качественный, сколько количественный характер: обезьяны обладают теми же умственными способностями, что и мы, только эти способности у них развиты слабее. С другой стороны, некоторые способности в ходе эволюции человека могли развиваться быстрее других — например, социальный интеллект (см. главу "Общественный мозг"). С этим согласуется и тот факт, что некоторые отделы мозга (например, префронтальная кора) в ходе антропогенеза увеличились значительно сильнее, чем другие.

Увеличение мозга должно было практически неизбежно вести к росту объема памяти. Ведь память, как известно, хранится не в каком-то специально выделенном для этой цели участке мозга, а распределяется по всем отделам, причем для запоминания используются те же нейроны, которые возбуждались при непосредственном переживании события (подробнее об этом мы поговорим в главе "Душевная механика"). Увеличение объема памяти в свою очередь теоретически может оказаться достаточным объяснением всех прочих усовершенствований нашего мыслительного аппарата. В данном случае допустима аналогия с компьютером: известно, что чем больше у компьютера памяти, тем более сложные программы он может выполнять, причем эта зависимость работает в довольно широких пределах даже при одном и том же процессоре.

Антрополог Дуайт Рид из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, как и многие другие специалисты, полагает, что интеллектуальные способности особенно сильно зависят от объема так называемой **кратковременной рабочей памяти** (КРП; мы уже немного говорили о ней в главах "От эректусов к сапиенсам" и "Другое человечество" в кн. 1). Говоря упрощенно, это та часть памяти, в

которой хранится и обрабатывается информация, непосредственно необходимая субъекту в данный момент. Это то, на чем сосредоточено наше внимание. В вашей КРП сейчас, скорее всего, находится несколько последних слов этого текста — примерно столько, сколько вы сможете повторить с закрытыми глазами, не задумываясь и без запинки.

По современным представлениям, рабочая память имеет довольно сложную структуру. Центральное место в ней занимает центральный исполнительный компонент, локализованный в одном из участков префронтальной коры (а именно в полях Бродмана 9 и 46) (*немецкий ученый К. Бродман в 1909 году выделил в коре больших полушарий человеческого мозга участки, различающиеся по своему строению на клеточном уровне. Разделение всей коры на 52 поля Бродмана используется по сей день*). Его главная задача — удерживать внимание на той информации, которая необходима субъекту для решения насущных задач. Сама эта информация может храниться где-то еще — например, в рассеянной по всей коре **долговременной рабочей памяти** (ДРП), о которой говорилось в главе "От эректусов к сапиенсам".

Ключевое значение имеет емкость КРП, измеряемая количеством идей, образов или концепций, с которыми исполнительный компонент рабочей памяти может работать одновременно. Специально для читателей с высоким уровнем компьютерной грамотности поясню, что компьютерным аналогом КРП является не оперативная память (которая больше похожа на ДРП, хотя сходство очень неполное), а регистры процессора.

Эту важнейшую характеристику рабочей памяти называют объемом кратковременной рабочей памяти (ОКРП) (по-английски — short-term working memory capacity, ST-WMC). Многочисленные эксперименты показали, что у человека ОКРП ~ 7 (хотя некоторые исследователи склоняются к более осторожным оценкам и предпочитают говорить о величине 7 ± 2). Большинство других животных не может обдумывать комплексно, как часть единой логической операции, более одной, от силы двух идей (ОКРП $<$ или $= 2$).

Как мы знаем из первой части книги, некоторые психологи и антропологи полагают, что именно объем кратковременной рабочей памяти является ключом к пониманию "человеческой уникальности". Дуайт Рид — автор одной из версий этой вполне правдоподобной теории. Рид отстаивает следующие ТРИ ПОЛОЖЕНИЯ (Read, 2008).

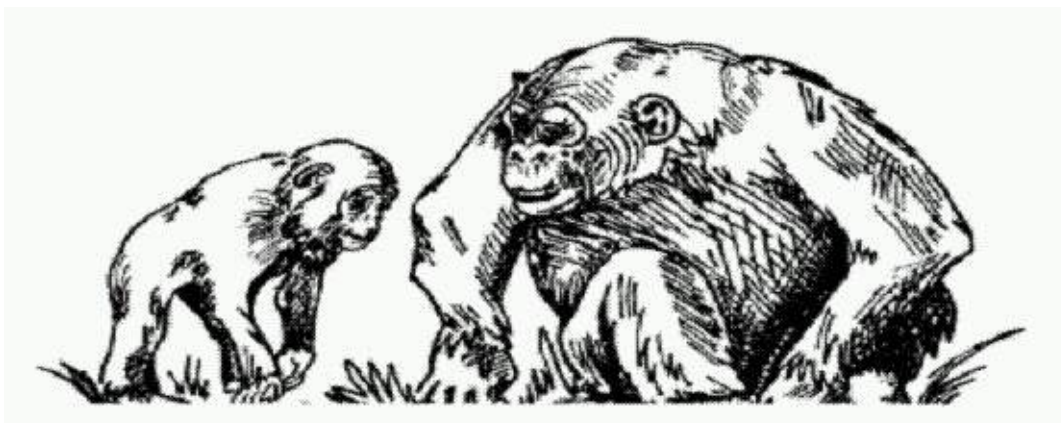
1. У наших ближайших родственников шимпанзе и бонобо ОКРП \leq
3. Одновременное оперирование тремя понятиями — предел

возможностей для современных нечеловеческих обезьян, а также, скорее всего, для последнего общего предка шимпанзе и человека, жившего 6–7 млн лет назад (иначе пришлось бы предполагать умственную деградацию в линии шимпанзе, а для этого нет серьезных оснований).

2. Малый объем кратковременной памяти не позволяет нечеловеческим обезьянам мыслить рекурсивно (**объект (такой как мысленная операция или последовательность действий) называется рекурсивным, если он содержит сам себя или обращается к самому себе. Примером рекурсии является следующий алгоритм вычисления факториала: "Факториал числа N есть число N , умноженное на факториал числа $N - 1$ " (с необходимой оговоркой, что факториал нуля равен единице)**), и в этом состоит важнейшее качественное отличие их интеллекта от нашего. Рекурсивное мышление необходимо для решения самых разнообразных задач — от изготовления каменных орудий, более совершенных, чем ашельское рубило *Homo erectus*, до выяснения родственных отношений и формирования структуры рода ("я — сын такого-то, сына такого-то" — образец рекурсивного рассуждения).

3. В ходе антропогенеза происходил постепенный рост ОКРП от 2–3 (у общего предка человека и шимпанзе) до 7 (у современного человека). Этот рост отражен в увеличении объема мозга (особенно сильно увеличилась префронтальная кора, где находится исполнительный компонент рабочей памяти), а также в усложнении каменных орудий.

КОЛОТЬ ОРЕХИ ДАНО НЕ КАЖДОМУ. Для подтверждения своей гипотезы Рид анализирует традиции колки орехов у шимпанзе. В некоторых популяциях диких шимпанзе из поколения в поколение тысячелетиями передается умение колоть орехи камнями. "Тысячелетиями" — это не фигура речи, а археологически подтвержденный факт. Шимпанзе из года в год колют орехи в одних и тех же местах, что приводит к формированию культурных слоев с ореховой скорлупой и характерными обломками камней. Это обстоятельство привело к появлению удивительной научной дисциплины — археологии шимпанзе. Между прочим, каменные обломки, образующиеся при колке орехов, порой напоминают примитивные олдувайские орудия. На этом основании некоторые археологи предполагают, что гоминиды, возможно, изначально пользовались камнями тоже для раскалывания орехов или, скажем, мозговых костей — ведь это технологически очень схожие задачи (Mercader et al., 2002).



Искусство колки орехов в некоторых популяциях шимпанзе передается из поколения в поколение как культурная традиция — за счет обучения и подражания.

У шимпанзе колка орехов не является врожденным поведением — это настоящая культурная традиция. Молодые обезьяны учатся у матери или старших товарищей. Судя по всему, обезьянам требуется предельное напряжение ума, чтобы овладеть этой наукой. Рид подчеркивает, что далеко не все популяции шимпанзе владеют тайной раскалывания орехов, хотя орехи потенциально являются для них ценным пищевым ресурсом. Шимпанзе, живущие в неволе, обычно не могут сами догадаться, как вскрыть орех, даже если им предоставить в изобилии и орехи, и подходящие камни.

Детальные наблюдения за шимпанзе, умеющими колоть орехи, проводились в национальном парке Таи в Кот-д'Ивуаре и в лесах у деревни Боссу в Гвинее. Шимпанзе из Таи манипулируют двумя объектами: орехом и камнем, который используется в качестве молотка. Наковальной служат элементы рельефа, которыми не нужно манипулировать, — например, плоский выход скальных пород или корень дерева. В Таи все взрослые обезьяны умеют колоть орехи. Очевидно, управляться с двумя объектами может научиться любой шимпанзе.

Шимпанзе из Боссу пытаются совладать сразу с тремя объектами, потому что у них принято использовать в качестве наковальни небольшой камень, который нужно выбрать и правильно установить. Обычно наковальня получается шаткая, и ее нужно придерживать. Иногда используется и четвертый объект — камень-клин, которым шимпанзе подпирают наковальню, чтобы не шаталась. Но в этом случае

сначала обезьяна возится с двумя объектами (наковальней и клином), а потом с тремя (наковальней, которую все равно нужно придерживать, орехом и молотом). С четырьмя предметами одновременно никто работать не пытается (клин не придерживают).

Обучение искусству раскалывания орехов протекает долго и мучительно. В возрасте полутора лет обезьяны начинают имитировать отдельные действия, входящие в комплекс (например, стучат по ореху рукой). Примерно в два с половиной года они уже выполняют последовательности из двух действий (например, кладут орех на камень и стучат рукой). Лишь в возрасте трех с половиной лет они оказываются в состоянии правильно выполнить всю цепочку операций: найти наковальню, положить орех и стукнуть камнем.

Если шимпанзе из Боссу не научился колоть орехи до пяти лет, то не научится уже никогда. Бедная обезьяна будет до конца своих дней с завистью смотреть на соплеменников, ловко колющих орехи, но так и не сообразит, в чем же тут секрет. Таких "двоечников" в популяции Боссу примерно четверть. Они иногда возобновляют попытки, но не могут понять, что нужны три предмета, и пытаются обойтись двумя. Например, одна семилетняя самка, не научившаяся колоть орехи правильно, время от времени пыталась разбить лежащий на камне орех рукой или ногой (как мы помним, так обычно поступают детеныши в возрасте двух с половиной лет).

Подробно проанализировав факты и мнения, высказанные специалистами на сей счет, Рид заключил, что для того, чтобы колоть орехи, как это принято в Таи, достаточно иметь ОКРП = 2. Для более сложной технологии, практикуемой шимпанзе из Боссу, требуется ОКРП = 3, однако не все особи достигают таких интеллектуальных высот. Вероятно, у тех обезьян, которые так и не осваивают это искусство, кратковременная память в состоянии вместить только два объекта (ОКРП = 2). Теоретически можно предложить и другие объяснения наблюдаемым фактам. Может быть, шимпанзе делят между собой обязанности — одни ищут орехи, другие раскалывают, и поэтому сборщикам не нужно учиться колоть орехи? Рид скрупулезно разобрал это и ряд других возможных объяснений и заключил, что они не подтверждаются фактами.

К аналогичным выводам можно прийти и на основе наблюдений за другими видами орудийной деятельности шимпанзе. Одновременное манипулирование двумя объектами встречается сплошь и рядом, тремя — редко, четырьмя — никогда.

КРАСНЫЕ КУБИКИ НАЛЕВО, ЗЕЛЕННЫЕ НАПРАВО. Если дать маленькому ребенку множество различающихся объектов (например, кубиков разного цвета и размера), то иногда ребенок без всяких подсказок начинает раскладывать их на кучки по какому-то принципу. Это дает возможность наблюдать за развитием мышления. Такие эксперименты многократно проводились и с человеческими детьми, и с детенышами других антропоидов.

Дети начинают создавать классификации первого порядка (создание одной группы объектов, объединенных по какому-то признаку, — например, красные кубики) уже в возрасте 12 месяцев. Шимпанзе достигают этой стадии лишь в два года. Создавать одновременно две группы предметов дети начинают в 18 месяцев, шимпанзе — около четырех лет. К трем годам дети уже могут создавать одновременно три группы предметов. Шимпанзе до этой стадии не доходят почти никогда, если не считать нескольких особо одаренных индивидуумов, воспитанных людьми и овладевших речевыми навыками. Для шимпанзе это предел, а дети продолжают развиваться дальше.

Эти результаты, по мнению Рида, опять-таки указывают, что кратковременная рабочая память у шимпанзе вмещает не более 2–3 понятий.

Рид также проанализировал данные по двум знаменитым обезьянам, овладевшим речью (шимпанзе Ним Чимпски и бонобо Канзи). Они научились общаться с людьми при помощи специально разработанной для них системы знаков-слов. Если отбросить высказывания с повторяющимися словами (вроде "дай банан, дай, дай, дай"), то выясняется, что частота употребления фраз у Нима и Канзи убывает экспоненциально по мере роста числа слов в предложении. Обе обезьяны на всю жизнь остались приверженцами односложных высказываний (Ним умер в 2000 году в возрасте 27 лет, Канзи 28 октября 2010 года исполнилось 30). Канзи использует фразы из двух слов примерно в десять раз реже, чем одиночные слова, из трех — в единичных случаях. Более длинные фразы не только крайне редки, но и сомнительны (третье, а тем более четвертое слово-знак обычно не добавляет нового смысла к первым двум знакам). Дети, напротив, уже в возрасте двух лет используют фразы из двух слов чаще, чем односложные высказывания. Ним и Канзи так и не достигли этого уровня.

Точно такое же экспоненциальное убывание частоты событий

наблюдается и для манипуляций с объектами (по мере возрастания числа объектов), и для последовательностей жестов (по мере возрастания числа жестов в последовательности).

Обобщив все доступные данные, на основании которых можно судить о динамике увеличения ОКРП с возрастом у человека и других обезьян, Рид пришел к выводу, что разнообразные когнитивные способности, предположительно отражающие величину ОКРП, раньше всего начинают развиваться у людей, позже всего — у низших (нечеловекообразных) обезьян; человекообразные обезьяны занимают промежуточное положение. Скорость, с которой развиваются эти способности, максимальна у человека, минимальна у низших обезьян. Наконец, завершение развития этих способностей происходит раньше всего у низших обезьян, позже всего — у людей; человекообразные, как всегда, посередине.

Таким образом, у людей умственное развитие начинается раньше, идет быстрее и заканчивается позже, чем у других обезьян. В целом интеллектуальное развитие человека и шимпанзе остается более или менее сравнимым примерно до трехлетнего возраста. После этого развитие шимпанзе резко затормаживается, и люди начинают их стремительно опережать. Для шимпанзе все заканчивается в возрасте около четырех лет при уровне ОКРП = 2 или, самое большее, 3. Люди же продолжают развиваться по прежней "траектории", достигая уровня ОКРП — 7 примерно к 12 годам.

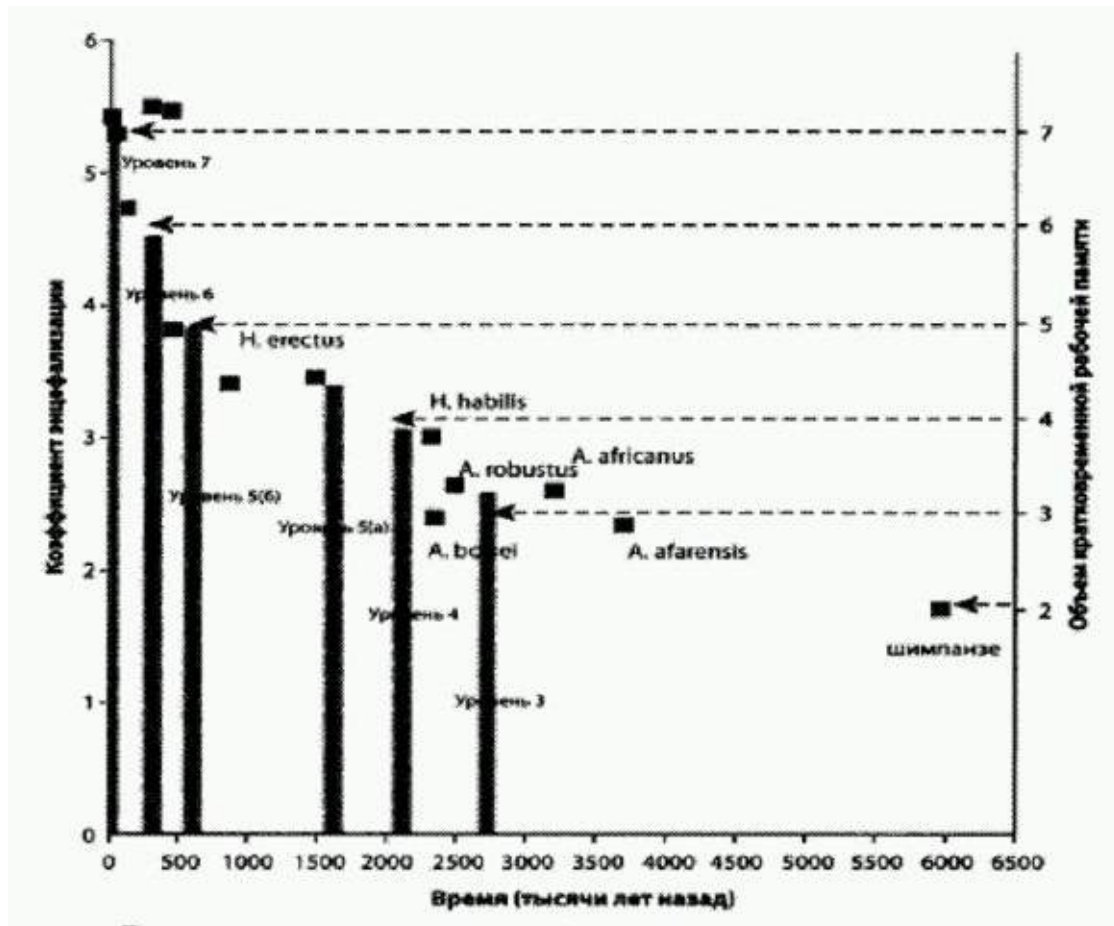
Крайне интересно было бы узнать, хотя и не совсем понятно, какие эксперименты нужно поставить для получения ответа на подобный вопрос, как бы работало человеческое мышление и как была бы устроена наша речь, в особенности ее грамматическая структура (здесь, к слову, стоит упомянуть и о том, что, согласно известной теории Ноама Хомского, в честь которого не без иронии был назван вышеупомянутый шимпанзе Ним Чимпски, у человека имеется "врожденная грамматика" — некое генетически обусловленное представление о грамматической структуре речи, хотя эта теория в настоящее время не разделяется большинством экспертов), и как развивалась бы человеческая культура и наука, если бы наша эволюция не остановилась на достигнутом уровне развития кратковременной рабочей памяти, соответствующем, по мнению большинства психологов, ОКРП ~ 7, хотя некоторые, как отмечалось выше, предпочитают более осторожно говорить о величине 7 ± 2 , о чем можно прочесть в недавно вышедшей книге известного психолога и нейробиолога Криса Фрита "Мозг и душа"

(2010), которую я настоятельно рекомендую всем, кто интересуется современными достижениями науки о мозге, а продвинулась несколько дальше, обеспечив нас по крайней мере такой величиной ОКРП, при котором произнесение и понимание сложных и длинных, но при этом логично структурированных, внутренне непротиворечивых и даже в какой-то мере осмысленных фраз, подобных этой, не говоря уже о кратких конструкциях с повышенной степенью рекурсивности вроде "напуганный преследуемой выгуливаемой погруженным в рекурсивные размышления человеком собакой кошкой воробей улетел" (*это калька с английского примера, обнаруженного автором в книге С. А. Бурлак "Происхождение языка" и ввергнувшего его в глубокую рекурсивную задумчивость: The cats the dog the men walk chases run away. По-английски такие фразы выглядят еще ужаснее, чем по-русски, из-за отсутствия грамматических "подсказок" в окончаниях слов*), не составляло бы труда.

Развивая свои идеи, Рид проанализировал развитие палеолитических технологий, а также увеличение размеров мозга, и попытался по этим косвенным признакам выяснить, как менялся в ходе антропогенеза объем кратковременной памяти. Технологии изготовления орудий Рид делит на семь групп по уровню "концептуальной сложности": от использования готовых палок, от которых нужно только оторвать лишние сучки и листья (уровень 1), до верхнепалеолитической технологии последовательного отщепления множества одинаковых лезвий от одного и того же призматического ядра (уровень 7). По мнению Рида, только технологии уровня 7, появившиеся менее 50 тыс. лет назад, бесспорно являются рекурсивными. Их рекурсивность состоит в том, что лезвия отщепляются не как попало, а с таким расчетом, чтобы одновременно подготовить ядро для отщепления следующего лезвия. При этом нужно одновременно держать в голове трехмерную форму ядра, контролировать его позицию и с большой точностью манипулировать отбойником. Технология шестого уровня — леваллуазское расщепление, появившееся свыше 700 тыс. лет назад, но широко распространившееся много позже, в среднем палеолите, — возможно, тоже требовала рекурсивного мышления, но в этом Рид не совсем уверен. Другие авторы указывают на необходимость высокоразвитой ДРП — но не КРП — для овладения леваллуазским мастерством (см. главу "От эректусов к сапиенсам" в кн. 1).

Рид предполагает, что у *Homo habilis*, овладевшего технологией четвертого уровня (олдувайские галечные орудия с одним режущим

краем), величина ОКРП составляла около 4. У *Homo erectus* с его обоюдоострыми ашельскими рубилами (уровень 5) ОКРП достиг пяти. У неандертальцев и древнейших сапиенсов, овладевших технологиями шестого уровня, ОКРП была примерно равна шести. Наконец, первые признаки "подлинно человеческой" культуры, появившиеся около 70 тыс. лет назад в Африке, а также несколько более позднее появление технологий седьмого уровня, возможно, маркируют распространение в популяциях *Homo sapiens* генетических вариантов (аллелей), увеличивших производительность исполнительного компонента рабочей памяти и поднявших ОКРП до семи, что открыло перед сапиенсами все возможности полноценного рекурсивного мышления.



Динамика развития технологий, роста размера мозга и объема кратковременной памяти в ходе антропогенеза. По горизонтальной оси — время в тыс. лет назад. По левой вертикальной оси — коэффициент энцефализации, отражающий размер мозга с поправкой на размер тела. По правой вертикальной оси — предполагаемая емкость рабочей памяти (ОКРП). Серыми вертикальными столбиками показаны моменты

появления технологий нового уровня (показаны уровни от третьего до седьмого, так как первые два уровня появились еще до разделения человека и шимпанзе). По рисунку из *Read, 2008*.

Гипотеза Рида выглядит довольно правдоподобно, хотя в ней есть ряд слабо проработанных моментов (например, не очень четко аргументирована связь между величиной ОКРП и способностью к рекурсивному мышлению). Однако генеральная идея о том, что уникальность человеческого интеллекта во многом определяется увеличенным объемом памяти, в том числе кратковременной рабочей, скорее всего верна.

Помимо прочего, большой ОКРП должен повышать новаторско-изобретательский потенциал (*Wynn, Coolidge, 2004*). Выполняя сложную последовательность действий, примат с небольшим ОКРП полностью сосредоточен на ней, у него нет лишних интеллектуальных ресурсов, чтобы помечтать, прикинуть, а нельзя ли решить эту проблему по-другому. Ему трудно смоделировать в голове иные пути достижения цели, отличные от привычного, выученного алгоритма, намертво вбитого в ДРП и доведенного до совершенства за годы практики. Таким образом, теория о ключевой роли ОКРП в антропогенезе хорошо согласуется с обсуждавшимися выше идеями о "стереотипности" мышления шимпанзе и других нечеловеческих гоминоидов.

ГЛАВА 2. ДУШЕВНАЯ МЕХАНИКА

Универсальный аппарат для принятия решений

Психика, она же душа, является результатом работы мозга. Мозг сделан из нервных клеток — нейронов. Мы не будем вдаваться в тонкие детали устройства нервных клеток, ведь эта книга не учебник по нейробиологии. Но несколько базовых фактов все-таки придется привести, потому что без них трудно понять нашу душевную механику.

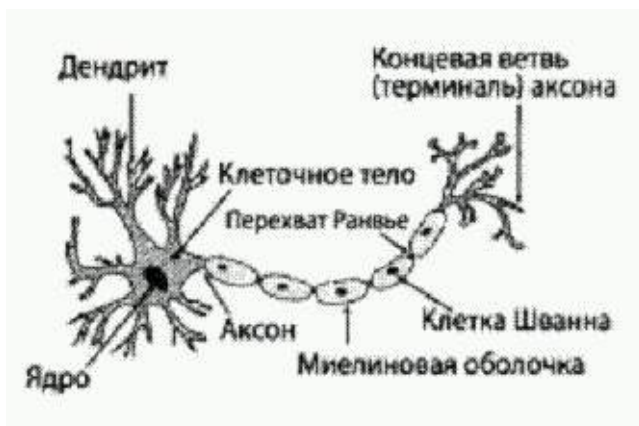
Нейрон — универсальное живое устройство для принятия решений. Это главное, что нам следует о нем знать.

Я чуть было не назвал его простейшим или элементарным устройством, но вовремя вспомнил, что есть и более простые биологические структуры, способные к принятию решений: разнообразные биохимические и генетические "переключатели" (Казанцева, 2011). Однако нейроны действительно являются элементарными устройствами — в том смысле, что из них (в отличие от генетических переключателей) можно собрать вычислительную схему или аппарат для принятия решений практически любой степени сложности и эффективности.

Два слова о строении нейрона. У него есть центральная толстенькая часть — "тело", в котором находится клеточное ядро с генами. От тела отходят два вида отростков: "входные" (дендриты) и "выходные" (аксоны). Дендритов обычно много, а аксон, как правило, один, но на конце он может ветвиться.

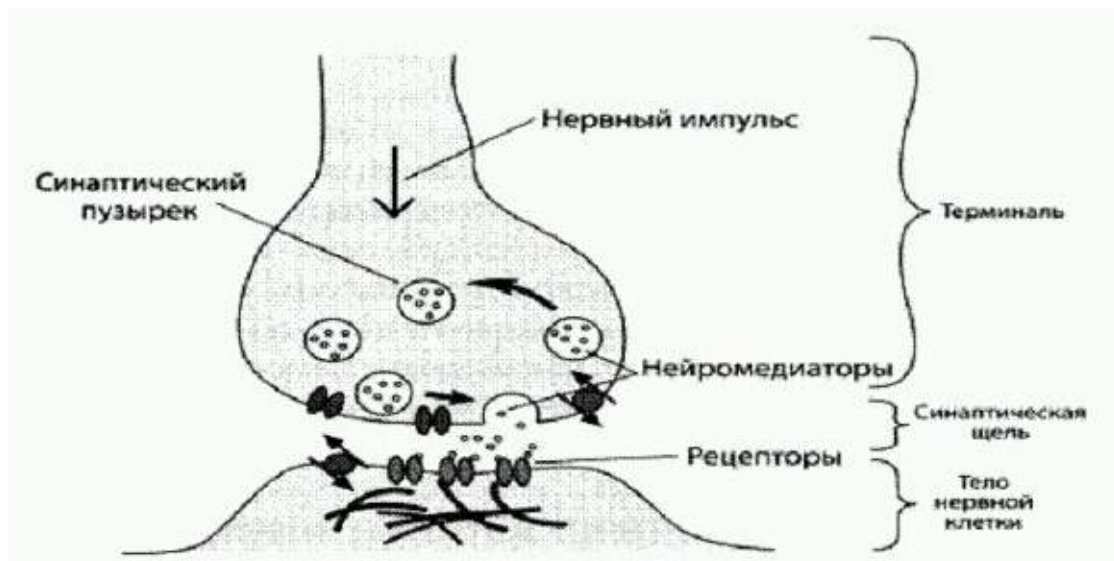
Главная задача дендритов — сбор информации. Они могут получать сигналы от специальных белков-рецепторов (например, обонятельных, вкусовых или светочувствительных), реагирующих на факторы внешней или внутренней среды, и в этом случае нейрон называется сенсорным. Но в большинстве случаев дендриты получают сигналы от других нейронов, чаще всего — от их аксонов. Для того чтобы обмениваться сигналами, нейроны используют специальные вещества — нейромедиаторы. В нервной системе животных используются десятки разных нейромедиаторов, и мы будем с ними знакомиться по мере необходимости. Нейромедиаторы выделяются концевыми веточками аксонов, а воспринимаются специализированными белками-рецепторами, расположенными на поверхности дендрита (впрочем, не только: рецепторы, чувствительные к нейромедиаторам, могут располагаться и на теле клетки, и на аксоне).

Как правило, передача сигнала от аксона одного нейрона к дендриту или иной части другого нейрона осуществляется в специальной контактной зоне, которая называется синапсом. Главные составные части синапса — это пресинаптическая мембрана окончания аксона, через которую выделяется нейромедиатор, синаптическая щель — пространство между мембранами двух нейронов и постсинаптическая мембрана, принадлежащая нейрону, принимающему сигнал. На постсинаптической мембране расположены белки-рецепторы, реагирующие на нейромедиатор. Передача сигнала в синапсе — однонаправленная.



Типичная структура нейрона.

Кроме обычных, химических синапсов, в которых сигнал от нейрона к нейрону передается при помощи нейромедиаторов, бывают еще электрические синапсы, но они играют менее важную роль, и в нашем рассказе мы постараемся без них обойтись.



Типичная структура синапса (межнейронного контакта). В окончании аксона (терминали) производятся нейромедиаторы (особые сигнальные вещества, при помощи которых нейроны общаются друг с другом). Когда по аксону к терминали приходит электрический нервный импульс, нейромедиаторы из синаптических пузырьков выбрасываются в синаптическую щель. Здесь они взаимодействуют с рецепторами, расположенными на мембране "принимающего" нейрона (внизу). Кроме рецепторов, на мембранах нейронов есть белки, осуществляющие откачку нейромедиаторов из синаптической щели. Остальные пояснения см. в тексте.

Синапсы позволяют передавать сигнал от одного нейрона к другому индивидуально, точно и аккуратно. Это все равно что шепнуть кому-то на ухо важное сообщение: до адресата информация дойдет, а остальные ничего не узнают. Но нейроны могут и "разговаривать вслух", так что слышат все, кто находится поблизости и у кого есть подходящие "уши" (рецепторы). Это называется внесинаптической передачей. Бывает внесинаптическое выделение нейромедиаторов, и бывают внесинаптические рецепторы, реагирующие на такие разлитые в межклеточном пространстве нейромедиаторы (которые в этом случае иногда называют нейромодуляторами). Это удобно, если надо донести сигнал сразу до всех нейронов, расположенных в данном участке мозга и имеющих подходящие рецепторы. Как правило, так распространяется информация самого общего характера, которую не надо анализировать в мелких деталях. С информацией, поступающей от глаз, когда мы читаем книгу, так не поработаешь: здесь нужно разбираться в мелочах,

распознавать буквы и слова, здесь нужны синапсы. А вот для того, чтобы сгенерировать чувство удовольствия или другую эмоцию, внесинаптическая передача подходит в самый раз.

Нейромедиаторы и синапсы делятся на возбуждающие и тормозящие (*было бы легче во всем разобраться, если бы каждый синапс работал только на одном нейромедиаторе. В действительности это не всегда так, но все же, как правило, в каждом синапсе есть "основной" нейромедиатор, который является или возбуждающим, или тормозящим*). Когда нейрон получает возбуждающий сигнал, это повышает вероятность того, что нейрон возбудится, то есть сгенерирует электрический нервный импульс, который побежит по аксону до самых его кончиков и вызовет выброс нейромедиатора. Тормозящие сигналы, напротив, снижают вероятность этого события.

У одного нейрона могут быть тысячи "пунктов приема информации" — постсинаптических мембран, не говоря уж о внесинаптических рецепторах. Таким образом, нейрон собирает большое количество данных из окружающего мира. Речь идет, конечно, о мире, окружающем нервную клетку, а не вас. Эти данные имеют вид сложного аккорда из множества возбуждающих и тормозящих сигналов.

На основе собранных данных нейрон делает одно из двух: либо возбуждается, либо нет. Нейрон "рассуждает" строго дискретно, категориально. Он интегрирует обширную информацию и принимает на ее основе одно из двух возможных решений. Все переливы и полутона входящих сигналов превращаются в черное или белое, в "да" или "нет". Если общая сумма возбуждающих сигналов превосходит общую сумму тормозящих сигналов на некую вполне определенную величину, нейрон возбуждается — производит нервный импульс (его еще называют потенциалом действия), который бежит по аксону прочь от тела нейрона, добегают до аксонных окончаний и заставляют их выбросить порцию нейромедиатора. Она в свою очередь будет воспринята каким-то другим нейроном как сигнал — либо тормозящий, либо возбуждающий.

Сила переданного сигнала, то есть размер порции нейромедиатора, выброшенного нервным окончанием, не зависит от силы потенциала действия. Последнюю можно, как в компьютере, считать равной 0 или 1 — все или ничего. Размер выброшенной порции медиатора зависит лишь от состояния нервного окончания в данный момент. Чем определяется это состояние, будет сказано ниже. Пока лишь запомним, что порция

может быть разной, а от потенциала действия зависит лишь, будет она выброшена или нет.

Механизм возбуждения нейрона основан на перекачке заряженных частиц (ионов) из цитоплазмы клетки во внешнюю среду или обратно. В спокойном состоянии мембрана нейрона поляризована: у ее внутренней стороны скапливаются отрицательно заряженные частицы, у наружной преобладают заряженные положительно, в том числе ионы натрия Na^+ . Если нейрон "решает" возбудиться, в его мембране открываются особые ворота — натриевые каналы, по которым ионы натрия устремляются внутрь клетки, притягиваемые скопившимися там отрицательными зарядами. Это приводит к деполяризации — выравниванию электрических потенциалов по обе стороны мембраны.

Деполяризация "заразна": когда один участок мембраны деполяризуется, это стимулирует деполяризацию соседних участков. В результате волна деполяризации быстро бежит по аксону. Это, собственно, и есть потенциал действия, он же нервный импульс.

После каждого импульса нейрону нужно некоторое время, чтобы перекачать ионы натрия из клетки обратно на наружную сторону мембраны и тем самым снова привести мембрану в "рабочее", то есть поляризованное состояние. Пока это не сделано, нейрон не может сгенерировать новый нервный импульс.

На самом деле, конечно, все гораздо сложнее (*это моя "любимая" фраза. Ее можно вставлять после почти каждого высказывания, относящегося к сфере естественных наук, и это будет правдой. Конечно, жизнь — штука очень сложная, поэтому любой биологический вывод, теория или модель всегда упрощает реальность. В устах опытных демагогов фразы типа "вы все упрощаете", "в действительности все сложнее" (вариант — "не занимайтесь редуccionизмом!")*) иногда становятся чем-то вроде универсального оружия против любых научных идей. Защититься от таких умников помогает следующая байка, восходящая к одному из рассказов Борхеса (Фрит, 2010). Говорят, что в некоей стране географы приобрели настолько большое влияние, что им предоставили возможность сделать самую подробную в мире географическую карту. По размеру она была равна всей стране и совпадала с ней во всех деталях. Пользы от этой карты не было никакой). Описанная картина так сильно упрощена, что автор даже опасается, как бы специалисты-нейробиологи не обвинили его в дезинформировании населения. Но это, напомню, не учебник, а для понимания того, о чем пойдет речь в этой и

последующих главах, сказанного достаточно. Более полную и подробную информацию о работе нейронов читатель может без труда найти в соответствующих учебниках, справочниках или в интернете. Достаточно сделать поиск по словам "нейрон", "синапс" и "потенциал действия".

Итак, нейрон собирает большое количество разнородной информации и обобщает (интегрирует) ее, сводя все разнообразие полученных сведений к выбору одного из двух решений: "выстрелить" потенциалом действия, передав тем самым обобщенный итог своих раздумий другим нейронам, или не делать этого. Отсутствие сигнала тоже в некотором смысле является сигналом: оно сигнализирует о том, что данный нейрон, обобщив все доступные ему данные, принял решение пока не возбуждаться.

Свойственный нейронам максимализм (принцип "все или ничего") не абсолютен. Это справедливо только для отдельного потенциала действия. Но нейроны работают в реальном времени, и когда они получают очень много возбуждающих сигналов, они раздражаются быстрой серией потенциалов действия, следующих один за другим, — строчат как пулемет (едва успевая перед каждым новым "выстрелом" перекачать ионы натрия из клетки наружу). Если возбуждающих сигналов становится меньше, частота импульсов соответственно снижается. Таким образом, нейрон может передавать и количественную информацию, которая кодируется частотой импульсов.

Сегодня, когда каждый человек хоть немного, но знаком с принципами работы компьютеров, никому из прочитавших это описание, наверное, не нужно долго объяснять, что нейрон — превосходный элементарный блок для сборки вычислительных устройств любой степени сложности. Даже таких сложных, как человеческий разум.

В мозге человека, по современным оценкам, примерно 100 млрд (10^{11}) нейронов (в мозге мыши — около 10^7 , в мозге мушки дрозофилы — примерно 10^5). Типичный нейрон имеет от 10^3 до 10^4 синапсов. Итого получаем 10^{14} — 10^{15} синапсов на душу населения. Даже самое примитивное, свехупрощенное и свехсжатое описание структуры синаптических связей мозга, отражающее только то, какие два нейрона контактируют при помощи данного синапса (указываем для каждого синапса два числа — порядковые номера нейронов, по 4 байта на номер), едва поместится на жесткий диск емкостью в 1000 терабайт.

Это называется петабайт, и таких дисков, насколько мне известно, еще не делают. Мозг — серьезное устройство, современным компьютерам до него очень далеко.

Чем мозг отличается от компьютера

Некоторые отличия мы уже знаем. В компьютере все сигналы, которыми обмениваются элементы логических схем, имеют одну и ту же природу — электрическую, и сигналы эти могут принимать только одно из двух значений — 0 или 1. Передача информации в мозге основана не на двоичном коде, а скорее на троичном. Если возбуждающий сигнал соотносить с единицей, а его отсутствие — с нулем, то тормозящий сигнал, пожалуй, можно уподобить минус единице. Но это все-таки чрезмерное упрощение. На самом деле в мозге используются химические сигналы нескольких десятков типов — все равно как если бы в компьютере использовались десятки разных электрических токов (или наряду с электричеством использовались световые лучи, струйки воды, зубчатые передачи, потоки воздуха и много всего другого), а нули и единицы могли бы иметь десятки разных... ну, скажем, цветов или каких-то иных качеств.

В принципе можно представить себе мозг, работающий только на одном нейромедиаторе. Или на двух — одном возбуждающем и одном тормозящем. Но тогда пришлось бы обходиться без нейромодуляторов и без внесинаптической передачи. Выброс универсального нейромедиатора во внесинаптическое пространство и его восприятие внесинаптическими рецепторами в таком мозге были бы похожи на короткое замыкание. Без возможности выбрасывать разные медиаторы по выбору внесинаптическая передача потеряла бы смысл. Значит, все логические схемы пришлось бы четко и однозначно "прошивать" в железе, то есть фиксировать в системе синаптических связей. Это создало бы технические трудности при кодировании таких "общесистемных" сигналов (или настроек), как эмоции. Это создало бы еще более серьезные проблемы с гормональной регуляцией жизнедеятельности, поскольку гормональная регуляция — естественное продолжение нервной. Многие нейромедиаторы по совместительству являются и важнейшими гормонами (Жуков, 2007). Ко всем органам, работа которых управляется гормонами, пришлось бы "тянуть" дополнительные нервы — и это только одна из проблем.

Я готов допустить, что эти трудности преодолимы. Не исключено, что где-то на других планетах живут существа с мозгом, работающим на двух медиаторах. Но на нашей планете множественность

нейромедиаторов является для нас, животных, очень древним эволюционным наследием, которое тянется за нами с тех незапамятных времен (более 700 млн лет назад), когда у примитивных многоклеточных еще не было нормальной нервной системы с синапсами, а клетки общались между собой при помощи разнообразных химических сигналов. Химическая регуляция взаимоотношений между клетками эволюционно гораздо древнее, чем нервная система. Многие нейромедиаторы и нейрогормоны пришли к нам напрямую из эпохи первых многоклеточных или даже из еще более ранней эпохи социальных одноклеточных — предков животных. Задолго до того, как некоторые из клеток стали нейронами, клетки уже общались между собой при помощи тех же самых нейромедиаторов и гормонов, которые и поныне используются в нервно-гормональной системе высших животных.

Еще одно ключевое отличие мозга от компьютера связано с тем, что сила сигнала, передаваемого от одного нейрона к другому (количество выделенного нейромедиатора), может меняться не дискретно (0 или 1), а плавно. Дискретность распространяется только на факт наличия или отсутствия сигнала — выброшенной нервным окончанием порции нейромедиатора, но не на размер этой порции. Плавно может меняться и чувствительность принимающего нейрона к сигналам, поступающим через данный синапс. Эта чувствительность зависит от количества и качества рецепторов, сидящих на постсинаптической мембране принимающего нейрона.

Самое же главное отличие состоит в том, что проводимость каждого конкретного синапса (определяемая количеством нейромедиатора, поступающего через пресинаптическую мембрану, и чувствительностью постсинаптической мембраны к этому нейромедиатору) может меняться в зависимости от обстоятельств. Это свойство называют синаптической пластичностью. Именно синаптическая пластичность лежит в основе способности комплексов взаимосвязанных нейронов (нейронных контуров или сетей) к запоминанию и обучению.

Есть и еще одно радикальное отличие мозга от электронно-вычислительной машины. В компьютере основной объем памяти хранится не в логических электронных схемах процессора, а отдельно, в специальных запоминающих устройствах. В мозге вся память записана в той же самой структуре межнейронных синаптических связей, которая одновременно является и грандиозным вычислительным устройством —

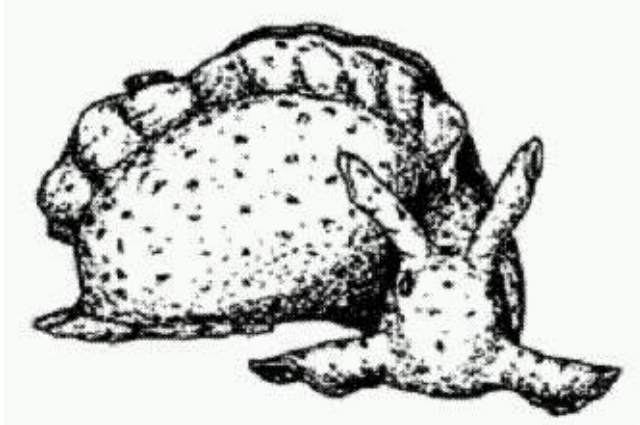
аналогом процессора. Участков мозга, специально выделенных для длительного хранения воспоминаний, не существует. Мы помним лицо знакомого человека теми же самыми нервными клетками, которые это лицо воспринимают и распознают.

Запоминающее устройство можно собрать из трех нейронов

Нам пора поближе познакомиться с устройством памяти. Расшифровка ее клеточно-молекулярной природы — одно из самых блестящих достижений нейробиологии XX века. Нобелевский лауреат Эрик Кандель и его коллеги сумели показать, что для формирования самой настоящей памяти — как кратковременной, так и долговременной — достаточно всего трех нейронов, определенным образом соединенных между собой.

Память изучалась на примере формирования условного рефлекса у гигантского моллюска — морского зайца *Aplysia*. У этого моллюска нервная система очень проста и удобна для изучения — нейронов в ней мало, и они очень крупные. Моллюску осторожно трогали сифон и тотчас вслед за этим сильно били по хвосту. После такого однократного "обучения" моллюск некоторое время реагирует на легкое прикосновение к сифону бурной защитной реакцией, но вскоре все забывает (кратковременная память). Если "обучение" повторить несколько раз, формируется стойкий условный рефлекс (долговременная память).

Оказалось, что процесс запоминания организован довольно просто и сводится к ряду автоматических реакций на уровне отдельных нейронов. Весь процесс можно полностью воспроизвести на простейшей системе из трех изолированных нервных клеток. Один нейрон (*сенсорный*) получает сигнал от сифона (в данном случае — чувствует легкое прикосновение). Сенсорный нейрон передает импульс *моторному* нейрону, который в свою очередь заставляет сокращаться мышцы, участвующие в защитной реакции (*Aplysia* втягивает жабру и выбрасывает в воду порцию красных чернил). Информация об ударе по хвосту поступает от третьего нейрона, который в данном случае играет роль *модулирующего*.



Гигантский морской моллюск аплизия.

На рисунке показаны два синапса. Первый служит для передачи импульса от сенсорного нейрона к моторному. Второй синапс передает импульс от модулирующего нейрона к окончанию сенсорного.

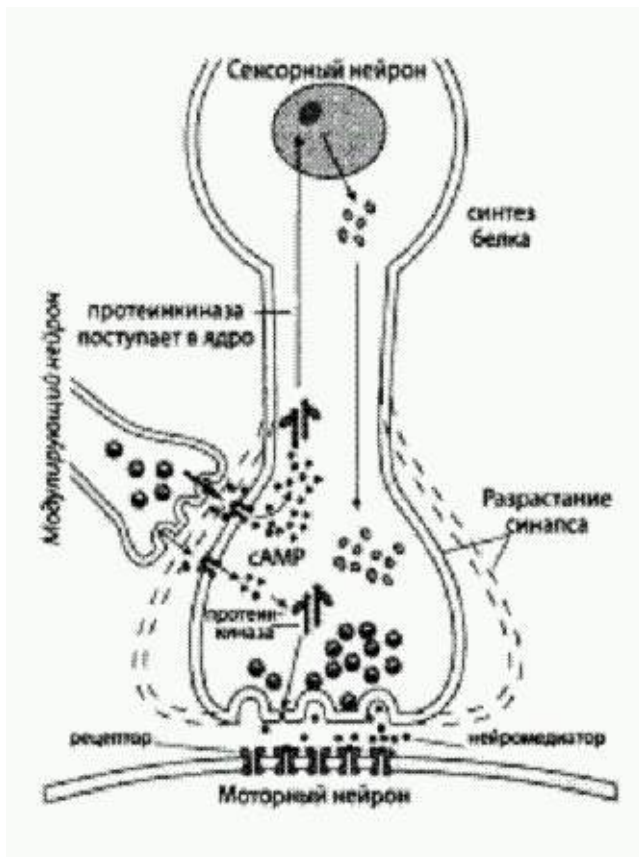
Возьмем необученного, "наивного" моллюска. Если в момент прикосновения к сифону модулирующий нейрон "молчит" (по хвосту не бьют), в синапсе 1 выбрасывается мало нейромедиатора, и моторный нейрон не возбуждается.

Однако удар по хвосту приводит к выбросу нейромедиатора в синапсе 2, что вызывает важные изменения в поведении синапса 1. В окончании сенсорного нейрона вырабатывается сигнальное вещество цАМФ (циклический аденозинмонофосфат). Это вещество активирует регуляторный белок — протеинкиназу А. Протеинкиназа А в свою очередь активирует другие белки, что в конечном счете приводит к тому, что синапс 1 при возбуждении сенсорного нейрона (то есть в ответ на прикосновение к сифону) начинает выбрасывать больше нейромедиатора, и моторный нейрон возбуждается. Это и есть кратковременная память: пока в окончании сенсорного нейрона много активной протеинкиназы А, передача сигнала от сифона к мышцам жабры и чернильного мешка осуществляется более эффективно.

Если прикосновение к сифону сопровождалось ударом по хвосту много раз подряд, протеинкиназы А становится так много, что она проникает в ядро сенсорного нейрона. Это приводит к активизации другого регуляторного белка — транскрипционного фактора CREB. Белок CREB "включает" целый ряд генов, работа которых в конечном счете приводит к разрастанию синапса 1 (как показано на рисунке) или к тому, что у окончания сенсорного нейрона вырастают дополнительные отростки, которые образуют новые синаптические контакты с

моторным нейроном. В обоих случаях эффект один: теперь даже слабого возбуждения сенсорного нейрона оказывается достаточно, чтобы возбудить моторный нейрон. Это и есть долговременная память.

Остается добавить, что, как показали дальнейшие исследования, у других животных, включая нас с вами, память основана на тех же принципах, что и у аплизии. Память — это проторенные дороги в нейронных сетях. Это пути, по которым нервные импульсы проходят легче благодаря повышенной синаптической проводимости.



За эту картинку Эрику Канделю дали Нобелевскую премию. Здесь показано, как в простейшей системе из трех нейронов формируется кратковременная и долговременная память.

Когда мы воспринимаем что-нибудь — любую информацию из внешней или внутренней среды, — нервные импульсы пробегают по каким-то определенным путям в гигантской нейронной сети, которой является наш мозг. Логические схемы, составленные из множества нейронов, обрабатывают поступающие сигналы, обобщают их, раскладывают по полочкам. Например, зрительная информация —

нервные импульсы, приходящие от фоторецепторов сетчатки глаза, — сначала сортируется по простым категориям: вертикальные линии, горизонтальные линии, данные о движении и т. д. Затем постепенно, в несколько этапов, передаваясь от одних групп нейронов другим, из этих элементов складывается целостный образ увиденного, "картинка", удобная модель реальности, с которой можно работать дальше. На основе хорошей, качественной картинка-модели (*животные, чей мозг делает некачественные, лживые модели реальности, отсеиваются отбором. Это позволяет нам надеяться, что большинство наших представлений об окружающем мире более-менее правдивы (см. главу "Происхождение человека и половой отбор", кн. 1). Впрочем, для отбора важна не истинность модели, а лишь ее практичность. Если способность в каких-то ситуациях обманываться (не случайным, конечно, а неким вполне определенным образом) повышает репродуктивный успех, такая способность будет поддержана отбором, и мы будем систематически обманываться. Например, для выживания палеолитическому человеку незачем было понимать, что скалы в основном состоят из пустоты. С такой "чрезмерно правдивой" моделью реальности недолго и голову расшибить. Поэтому мы воспринимаем камни как непроницаемые, сплошные, плотные объекты. Что не совсем правдиво с точки зрения физики, зато очень практично*) можно просчитать оптимальную тактику своего поведения, то есть последовательность нервных импульсов, которые нужно послать мышцам, чтобы совершить нужные телодвижения. Например, убежать как можно быстрее и дальше, если распознанная "картинка" идентифицирована как нечто опасное — скажем, крупный хищник. Физическая природа "картинки", как и всего остального, что происходит в нашей душе, — это определенный рисунок (паттерн) возбуждения нейронов, все те же нервные импульсы, пробегающие по определенным путям в сплетениях аксонов и дендритов. Чтобы надолго запомнить данную картинку — скажем, тигриную морду, выглянувшую из-за пальмы, — нужно просто усилить синаптическую проводимость вдоль всего пути следования импульсов, формирующих именно эту картинку. И тогда достаточно будет легкого напоминания — запах, шорох, пара полосок, желтый глаз, — и по проторенному пути сразу пробегут такие же нервные импульсы, как при первой встрече. Возникнет мысленный образ тигра.

Мы рождаемся не с кашей в голове. Мы рождаемся с нейронами мозга, уже каким-то образом соединенными между собой в громадную,

сложнейшую сеть. Каким именно образом они соединятся в процессе эмбрионального развития, зависит от генов. Какие из бесчисленного множества возможных путей для прохождения нервных импульсов будут от рождения более проторенными, чем другие, тоже зависит от генов. Из этого неизбежно следует, что по крайней мере некоторые наши знания вполне могут быть врожденными. Для того чтобы от рождения иметь в голове образ тигра — обладать врожденным знанием о том, как выглядит тигр, — нужно лишь одно. Нужно, чтобы отбор закрепил в нашем геноме такие мутации генов — регуляторов развития мозга, которые от рождения обеспечивали бы повышенную синаптическую проводимость вдоль того пути следования нервных импульсов, по которому они пробежали при встрече с тигром у наших предков, еще не имевших этого врожденного знания.

Разумеется, знания могут быть не полностью, а лишь отчасти врожденными. Это значит, что соответствующий нейронный маршрут будет от рождения проторен лишь отчасти, недостаточно сильно или не на всем протяжении. Тогда нужно будет немного "довести" врожденное полужнание при помощи обучения. Частичная врожденность, конечно, делает обучение гораздо более легким и быстрым.

По всей видимости, у людей действительно есть кое-какие врожденные "заготовки" зрительных образов: например, новорожденные дети иначе реагируют на вертикальный овал с большой буквой Т посередине (похоже на лицо), чем на другие геометрические фигуры. Удивительная легкость, с которой маленькие дети овладевают речью, тоже объясняется наличием некоего врожденного "полужнания", то есть предрасположенности к легкому усвоению знаний определенного рода.

Могут существовать и такие знания, которым очень трудно или даже вовсе невозможно научиться, потому что врожденная структура межнейронных связей не предусматривает такой возможности. Скажем, в вышеприведенном примере с аплизией мы приняли как данность, что модулирующий нейрон, возбуждающийся при ударе по хвосту, имеет аксонный отросток, контактирующий с окончанием сенсорного нейрона, реагирующего на прикосновение к сифону. А если бы такого отростка не было, если бы модулирующий нейрон не имел синаптических контактов с окончанием сенсорного нейрона? Или, иными словами, если бы врожденная структура нейронной сети аплизии не предусматривала возможности передачи сигнала от хвоста к окончанию сенсорного нейрона сифона? В таком случае аплизия оказалась бы не способной к данному виду обучения. Мы просто не

смогли бы посредством ударов по хвосту научить ее выбрасывать чернила в ответ на прикосновение к сифону. Скорее всего, в этом случае мы сумели бы найти ударам по хвосту какую-то замену. Мы подобрали бы такое "обучающее воздействие", которое возбуждало бы нейроны, имеющие (в отличие от нейронов хвоста) синаптические контакты с окончаниями сенсорных нейронов сифона.

Нейроны мозга от рождения соединены между собой лишь каким-то одним способом из бесконечного числа возможных. Из этого следует, что любое животное, включая человека, чему-то научиться может, а чему-то нет. Одни науки даются нам легко, другие трудно. Абсолютно универсальных мозгов не бывает. Любой мозг специализирован, "заточен" под решение определенного — пусть и очень широкого — круга задач. Он принципиально не способен решать задачи, лежащие за пределами этого круга. Возможно, человеческий мозг более универсален, чем мозги других животных, но абсолютная универсальность — не более чем несбыточная мечта.

Нейроны соревнуются за право запоминать

Часто бывает так, что одни и те же важные сигналы, подлежащие запоминанию, принимаются одновременно очень многими нейронами. Нужно ли им всем участвовать в запоминании? На первый взгляд кажется, что это не слишком рационально. Ведь количество проторенных путей, которые может пропустить через себя один и тот же нейрон, ограничено — объем памяти не бесконечен. Сэкономить и записать важную информацию только в части задействованных нейронов — вроде бы неплохая идея. Как недавно выяснилось, именно это и происходит в мозге млекопитающих. Нейронам, воспринимающим одну и ту же достойную запоминания информацию, как-то удается договориться между собой, кто из них будет, а кто не будет отращивать себе новые отростки и синапсы.

Это явление описали канадские и американские нейробиологи, изучавшие формирование у лабораторных мышей условных рефлексов, связанных со страхом (*Han et al., 2007*). Простейшие рефлексы такого рода и у мышей, и у людей, и у всех прочих млекопитающих формируются в латеральной миндалине (ЛМ) — маленьком отделе мозга, отвечающем за реакции организма на всякие пугающие стимулы. Мышей приучали, что после того, как раздастся определенный звук, их бьет током. В ответ на удар током мышь замирает: это стандартная реакция на испуг. Мыши — умные зверьки, их можно научить многому, и условные рефлекс у них формируются быстро. Обученные мыши замирают, едва заслышав звук, предвещающий опасность.

Ученые обнаружили, что сигнал от нейронов, воспринимающих звук, поступает примерно в 70 % нейронов латеральной миндалины. Однако изменения, связанные с формированием долговременной памяти (разрастание синапсов и рост новых нервных окончаний), у обученных мышей происходят лишь в четвертой части этих нейронов (примерно у 18 % нейронов ЛМ).

Ученые предположили, что между нейронами ЛМ, потенциально способными принять участие в формировании долговременной памяти, происходит своеобразное соревнование за право отрастить новые синапсы, причем вероятность "успеха" того или иного нейрона зависит от концентрации белка CREB в его ядре. Чтобы проверить это предположение, мышам делались микроинъекции искусственных

вирусов, не способных к размножению, но способных производить полноценный белок CREB либо его нефункциональный аналог CREBS133A. Гены обоих этих белков, вставленные в геном вируса, были "пришиты" к гену зеленого флуоресцирующего белка медузы. В итоге ядра тех нейронов ЛМ, в которые попал вирус, начинали светиться зеленым.

Выяснилось, что в результате микроинъекции вирус проникает примерно в такое же количество нейронов ЛМ, какое участвует в формировании условного рефлекса. Это случайное совпадение оказалось весьма удобным.

Помимо нормальных мышей в опытах использовались мышью-мутанты, у которых не работает ген CREB. Такие мыши напрочь лишены способности к обучению, они ничего не могут запомнить. Оказалось, что введение вируса, производящего CREB, в ЛМ таких мышей полностью восстанавливает способность к формированию условного рефлекса. Но, может быть, увеличение концентрации CREB в некоторых нейронах ЛМ просто усиливает реакцию замирания?

Чтобы проверить это, были поставлены опыты с более сложным обучением, в которых мышью должна была "осознать" связь между звуком и ударом тока не напрямую, а опосредованно, причем для этого требовалось запомнить определенный контекст, в котором происходило обучение. Для этого недостаточно работы одной лишь ЛМ, а требуется еще и участие гиппокампа. В такой ситуации мышью-мутанты не смогли ничему научиться, ведь в гиппокамп (*гиппокамп — часть так называемой лимбической системы мозга. Выполняет несколько важных функций, включая управление запоминанием пережитых событий. В том числе — путем многократного "прокручивания" дневных воспоминаний во время сна. Люди с удаленным гиппокампом помнят все, что было с ними до операции, но не могут запомнить ничего нового (см. ниже)*) им вирусов не вводили. Следовательно, концентрация CREB влияет именно на запоминание, а не на склонность к замиранию.

При помощи дополнительных экспериментов удалось доказать, что в запоминании у мышью-мутантов участвуют именно те нейроны ЛМ, которые заразились вирусом. Введение вируса в ЛМ здоровых мышью не повлияло на их обучаемость. Однако, как и в случае с мышью-мутантами, в запоминании участвовали именно те нейроны ЛМ, в которые попал вирус.

Другой вирус, производящий CREBS133A, лишает зараженные нейроны способности запоминать, то есть отращать новые

окончания. Ученые предположили, что введение этого вируса в ЛМ здоровых мышей не должно тем не менее снижать их обучаемость, поскольку вирус заражает лишь около 20 % нейронов ЛМ и роль "запоминающих" возьмут на себя другие, не заразившиеся нейроны. Так и оказалось. Мыши обучались нормально, но среди нейронов, принявших участие в запоминании, практически не оказалось зараженных (то есть светящихся зеленым светом). Ученые провели еще целый ряд сложных экспериментов, что позволило исключить все иные варианты объяснений, кроме одного — того самого, которое соответствовало их начальному предположению.

Таким образом, в запоминании участвуют не все нейроны, получающие необходимую для этого информацию (в данном случае — "сенсорную" информацию о звуке и "модулирующую" — об ударе током). Почетную роль запоминающих берет на себя лишь некоторая часть этих нейронов, а именно те, в ядрах которых оказалось больше белка CREB. Это, в общем, логично, поскольку высокая концентрация CREB в ядре как раз и делает такие нейроны наиболее "предрасположенными" к быстрому отращиванию новых окончаний.

Неясным остается механизм, посредством которого другие нейроны узнают, что дело уже сделано, победители названы и им самим уже не нужно ничего себе отращивать.

Этот механизм может быть довольно простым. Аналогичные системы регуляции, основанные на отрицательных обратных связях, часто встречаются в живой природе. Например, у нитчатых цианобактерий, нити которых состоят из двух типов клеток: обычных, занимающихся фотосинтезом, и специализированных гетероцист, занимающихся фиксацией атмосферного азота. Система работает очень просто: когда сообществу недостает азота, фотосинтезирующие клетки начинают превращаться в гетероцисты. Процесс до определенного момента является обратимым. Клетки, зашедшие по этому пути достаточно далеко, начинают выделять сигнальное вещество, которое не дает превратиться в гетероцисты соседним клеткам. В результате получается нить с неким вполне определенным соотношением обычных клеток и гетероцист (например, 1:20), причем гетероцисты располагаются примерно на равном расстоянии друг от друга.

На мой взгляд, называть подобные регуляторные механизмы конкуренцией, как это делают авторы статьи, не совсем правильно, акцент тут должен быть иной. Нейрон не получает никакой личной выгоды от того, что именно он примет участие в запоминании. По-

моему, здесь уместнее говорить не о конкуренции, а о кооперации.

Томография мозга

Для изучения работы мозга используется множество методов, каждый из которых, как водится, имеет свои плюсы и минусы и свою область применения. Если вы работаете с аплизиями, мышами или мухами, можно использовать любые методы. Хотите – создавайте генно-модифицированных животных со светящимися нейронами, которые можно разглядывать сквозь череп при помощи специального микроскопа, хотите – втыкайте микроэлектроды в интересующие вас нейроны и регистрируйте нервные импульсы, хотите – нарежьте мозг тонкими ломтиками и изучайте работу нейронов и проводимость синапсов, пока клетки еще живые (делают и так). Мышей, правда, жалко.

С обезьянами, включая человека, так поступать нельзя. Здесь генно-инженерные методы запрещены, равно как и сверление отверстий в черепе в научных целях. И тут на помощь приходят неинвазивные (то есть не требующие непосредственного вмешательства в мозг) методы. Они, как правило, совершенно (или почти) безвредны, а некоторые из них позволяют наблюдать за работой мозга в реальном времени. Наиболее интересные результаты дают различные виды компьютерной томографии, позволяющие получать объемные изображения мозга (или других органов) путем компьютерной обработки множества послойных снимков. Рентгеновская томография применяется для изучения анатомии мозга. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), часто применяемая совместно с рентгеновской, позволяет отслеживать участки мозга, наиболее активные в данный момент. Для этого человеку или другому животному вводят в кровь небольшое количество радиоактивного элемента (такого как фтор-18), который при распаде излучает позитроны. Позитроны сталкиваются с электронами и аннигилируют, испуская два гамма-кванта. Их-то и регистрирует прибор. Когда какой-то участок мозга начинает активно работать, к нему приливает больше крови. Соответственно, там становится больше радионуклидов и оттуда вылетает больше гамма-квантов. Звучит все это довольно устрашающе, но на самом деле процедура вполне безвредна, поскольку используемые количества радионуклидов ничтожны. Функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ) позволяет обойтись и без рентгеновского излучения, и без введения радионуклидов: дело ограничивается тем, что голову помещают в мощное магнитное поле и пропускают сквозь нее радиоволны. Как и ПЭТ, данный метод регистрирует приток крови к активно работающим участкам мозга. Только этот приток определяется не по радионуклидам, а по оксигемоглобину (гемоглобину, соединенному с кислородом): чем больше в данном участке мозга оксигемоглобина, тем сильнее магнитно-резонансный сигнал.

Разрешение у всех этих методов, конечно, меньше, чем у воткнутых прямо в мозг электродов. Работу отдельных нейронов по томограммам проследить нельзя, да и приток крови к активным участкам мозга происходит не мгновенно. Тем не менее компьютерная томография – превосходный инструмент для выяснения вопроса о том, какие участки мозга задействованы в тех или иных видах психической

активности.

Воспоминания можно увидеть под микроскопом...

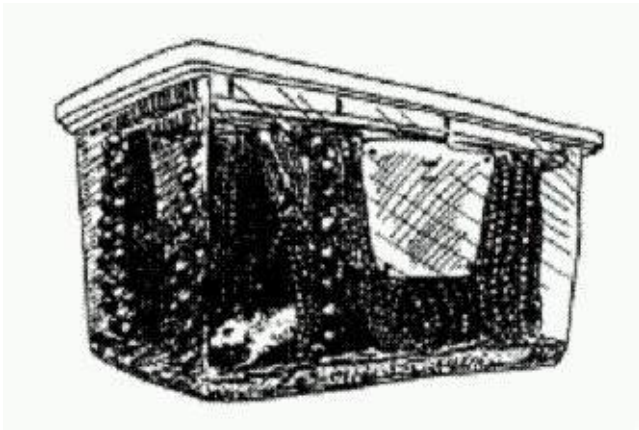
При формировании памяти новые отростки и синапсы отращаются не только аксонами, но и дендритами. Именно непрерывное отращивание дендритами новых маленьких отросточков — дендритных шипиков — играет ключевую роль в обучении у млекопитающих. Шипики образуют синаптические контакты с другими нейронами и служат для приема сигналов. Наряду с отращиванием новых шипиков постоянно происходит исчезновение старых. Это, очевидно, приводит к полному или частичному забыванию результатов прежнего обучения. Таким образом, нейрон может "подключаться" к тем или иным своим соседям и отсоединяться от них, усиливать и ослаблять силу контакта с ними (то есть придавать больший или меньший "вес" получаемым от них сигналам).

Мозг млекопитающих сочетает в себе две способности, которые, казалось бы, противоречат друг другу: постоянно усваивать новые знания (например, в виде приобретаемых условных рефлексов) и одновременно сохранять часть приобретенных знаний до самой смерти. Как удастся мозгу совмещать высокую пластичность межнейронных связей со стабильным хранением воспоминаний?

Разобраться в этом помогли, как обычно, новые приборы и методики. Нейробиологи из медицинского центра Нью-Йоркского университета использовали в своих опытах генно-модифицированных мышей, у которых некоторые нейроны коры головного мозга (а именно пирамидальные нейроны (*пирамидальные нейроны — особый тип нейронов, которых очень много в коре головного мозга млекопитающих. Отличаются пирамидальной формой "тела" и наличием двух групп дендритов — базальной и апикальной. По-видимому, именно пирамидальные нейроны отвечают за самые сложные мыслительные процессы и высшие когнитивные функции*) слоя V коры больших полушарий) производят желтый флуоресцирующий белок (Yang et al., 2009). Это позволяет наблюдать за ростом и отмиранием дендритных шипиков прямо у живых мышей сквозь череп при помощи двухфотонного лазерного микроскопа. В первом эксперименте мышей в течение двух дней обучали бегать по быстро вращающемуся цилиндру — трюк, требующий определенного навыка. За эти два дня у мышей в

нейронах участка моторной коры, отвечающего за движение передних лап, образовалось на 5–7 % больше новых шипиков, чем у контрольных мышей, которые ничему не обучались. Кроме того, оказалось, что при продолжении однообразных тренировок образование новых шипиков замедляется (поскольку зверек уже научился этому трюку), но снова активизируется, если начать учить мышью чему-то другому (например, бежать по тому же цилиндру задом наперед). Это означает, что образование шипиков связано именно с обучением, а не просто с физическими упражнениями.

Во втором эксперименте вместо бега по крутящемуся цилиндру мышам нужно было научиться жить (и находить пищу и воду) в помещении, заполненном свисающими с потолка гирляндами из шариков. На этот раз новые шипики образовывались в основном в том отделе коры, который получает информацию от вибрисс (чувствительных усиков). У мышей с обстриженными усами дендриты этого отдела мозга не отращивали новых шипиков. Рост дендритных шипиков замедлялся после двух дней жизни в необычной обстановке, но снова активизировался при пересадке мыши в помещение с другими гирляндами.



В такой обстановке у мышей новые впечатления активнее всего записываются в тех отделах коры, которые обрабатывают тактильную информацию, приходящую от усиков (вибрисс).

После этого ученые проследили, как происходит утрата новоприобретенных шипиков после прекращения тренировок (что соответствует постепенному забыванию полученных «уроков»). Оказалось, что более 75 % новых шипиков, отросших в ходе двухдневного обучения, утрачиваются в течение следующих двух

недель. Гораздо медленнее происходит утрата шипиков, приобретенных в ходе более длительного (4—14-дневного) обучения.

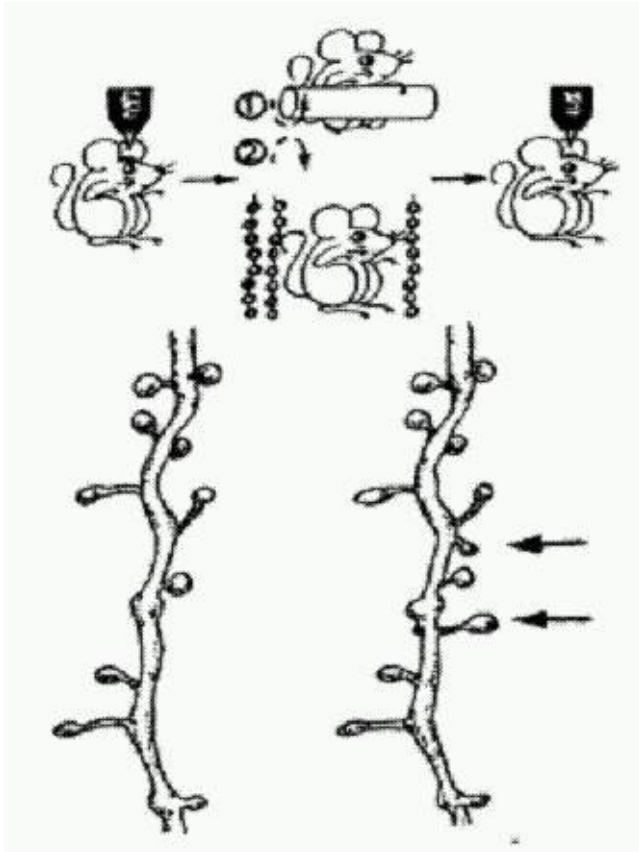


Схема эксперимента (вверху), формирование новых шипиков на отдельном участке одного из дендритов в результате обучения (внизу). Стрелками показаны два дендритных шипика, выросшие за два дня обучения в ходе двухдневного обучения бегу на крутящемся цилиндре. По рисунку из Yang et al., 2009.

Естественно предположить, что те шипики, которые сохраняются надолго, отвечают за долговременное сохранение приобретенных навыков. Экспериментаторы проверили это, сопоставив число сохранившихся шипиков со степенью сохранности двигательных навыков через 1–2 недели после окончания тренировок. Результаты полностью подтвердили теоретические ожидания: те мыши, у которых сохранилось больше новоприобретенных шипиков, лучше сохранили и свои двигательные навыки (сохранность двигательных навыков оценивали по скорости, с которой мышь может бежать по крутящемуся барабану, не падая с него).

Авторы также обнаружили, что различные виды длительного (7—14-дневного) обучения приводят к ускоренной утрате дендритных шипиков, приобретенных ранее в течение жизни, в том числе во время предыдущего обучения чему-то другому. Новые навыки и воспоминания постепенно "затирают" старые — но, по-видимому, не до конца. Эффективность усвоения новых навыков положительно коррелирует с числом утраченных старых шипиков.

Новоприобретенные шипики делятся на три группы: первая, самая многочисленная, исчезает в первые дни после окончания тренировок; вторая, меньшая, сохраняется в среднем 1–2 месяца. Но есть и третья группа шипиков (около 0,8 % от общего числа), которая сохраняется на всю жизнь. Авторы рассчитали, что двухдневное обучение бегу на вращающемся цилиндре приводит к формированию около двух миллионов межнейронных контактов, сохраняющихся до самой смерти животного. Очевидно, этого вполне достаточно для сохранения двигательного навыка. До сих пор никто не знал, каким образом осуществляется пожизненное хранение воспоминаний: то ли они "записаны" раз и навсегда в одних и тех же межнейронных контактах, то ли сохраняются динамическим образом, постепенно "переписываясь" из одних синапсов в другие. Полученные результаты — аргумент в пользу первого из двух вариантов.

То, что авторам удалось показать пожизненное сохранение части дендритных шипиков, приобретенных в ходе обучения, является самым важным результатом их работы. Ранее уже было известно, что система межнейронных связей чрезвычайно пластична и постоянно перестраивается. При этом оставалось неясным, какова материальная природа пожизненного сохранения воспоминаний.

Авторы также рассчитали, что из всех дендритных шипиков, имеющихся у мыши на 30-й день после рождения, до конца жизни сохраняется примерно 30–40 %. Есть основания полагать, что закономерности, обнаруженные у пирамидальных нейронов слоя V, являются общими для большинства нейронов коры.

Это исследование заставляет задуматься о многом. Позволит ли дальнейшее развитие подобных технологий когда-нибудь разработать устройство для считывания знаний из мозга — например, умершего человека? Похоже на то, что ничего принципиально невозможного в этом нет. Конечно, необходимо учитывать, что информация в мозге закодирована не только в количестве синапсов, связывающих одни нейроны с другими, но и в их качестве, поскольку проводимость у

разных синапсов разная и тоже может меняться в процессе обучения.

...и считать с томограммы

Чтение мыслей всегда считалось чудом, и кто из нас не мечтал об этой способности, обещающей сверхмогущество! Нейробиологи в очередной раз доказали способность науки творить чудеса, наглядно продемонстрировав принципиальную возможность чтения мыслей. Эта возможность уже показана несколькими научными коллективами в разных экспериментах.

Команда английских ученых под руководством Элеонор Магьюр из Института неврологии Университетского колледжа в Лондоне готовила свой эксперимент по чтению мыслей долго и поэтапно. Эксперимент осуществлялся по следующей схеме. Десяти испытуемым показывали три коротких видеосюжета по семь секунд. В видеосюжетах актриса выполняла некие простые действия — опускала письмо в почтовый ящик, выбрасывала в урну жестянку из-под кока-колы и т. д. Участники смотрели клипы по десять раз, затем вспоминали один из сюжетов — либо по своему выбору, либо по указанию экспериментаторов. Во всех случаях снимались показания томографа, сканирующего область гиппокампа и прилегающих структур. После этого оставалось обобщить данные сканирования мозга при воспоминаниях каждого из трех клипов и понять, можно ли по этим результатам определить, какой из трех клипов выбирал испытуемый. Поскольку результат эксперимента статистический, каждый участник должен был вспоминать каждый из клипов семь раз по требованию и десять раз в свободном режиме (*Chadwick et al., 2010*).

Выполнение этого эксперимента помимо аккуратного подбора участников и психологически продуманного дизайна (сколько секунд длится представление задания, в какой момент испытуемый закрывает и открывает глаза и т. д.) требовало решения более сложных технических задач. Во-первых, какую часть мозга сканировать? Во-вторых, как осуществлять обсчет полученных объемных изображений? Современная аппаратура не достигает той разрешающей способности, которая позволила бы отследить работу каждого отдельного нейрона даже в ограниченной области мозга (этого можно добиться, только вставляя в нейроны электроды, но такие опыты на людях не проводят). Какой масштаб осреднения допустим для цифровой обработки томограмм?

Все эти задачи группа Элеонор Магьюр решала, судя по

публикациям, не меньше четырех-пяти лет. За это время ученым удалось доказать локализацию пространственной памяти в области гиппокампа. В частности, они провели замечательное исследование с участием настоящих экспертов в области пространственного ориентирования — лицензированных лондонских таксистов (*Woollett et al., 2009*). Эта профессия требует запоминания взаиморасположения не менее 20 000 улиц Лондона. Выяснилось, что у лондонских таксистов увеличен объем и масса серого вещества в задней части гиппокампа.

Множество подобных "наработок", а на самом деле — замечательных самоценных исследований вошли составными частями в эксперимент по угадыванию мыслей. Усредненные томограммы для каждого из трех видеоклипов позволили авторам научиться определять, какое из воспоминаний выбрал тот или иной участник. Точность определения составила 45 %, а это существенно выше, чем 33 %, которые бы получились при случайном попадании.

Аналогичным образом другие исследователи недавно научились определять по томограмме, какое существительное (из 60 возможных) задумал испытуемый. Десяти участникам эксперимента читали вслух 60 существительных, снимая синхронные томограммы. Из индивидуальных томограмм удалось выделить общие компоненты, которые соответствовали каждому из слов. Когда картотека была составлена, участники эксперимента загадывали слово из списка, а ученые, как и в других подобных исследованиях, пытались его определить. Ученым удалось правильно определить задуманные слова в 72 % случаев.

Столь высокая точность была достигнута не за счет большего разрешения томограмм, как можно было бы предположить. По ходу экспериментов ученые разгадали принцип "записи" слов в мозге. Оказалось, что в коре имеются участки, в которых представляются глобальные смысловые ассоциации. Таких ассоциативных групп было найдено три. Первая группа отражает связь с домом или укрытием: крыша, тепло, строение и так далее. Вторая группа связана с едой: яблоко, зуб, ложка. Третья — это предметы, которыми можно манипулировать, совершать какие-то действия: молоток, отвертка, автомобиль. Каждая из трех смысловых групп представлена в мозге набором из нескольких участков, которые возбуждаются, когда человек думает о данном круге понятий. Эти наборы участков — своего рода камеры хранения смыслового багажа, который несет каждое слово, и таких камер хранения три. Мысль об "укрытии" соответствует возбуждению нескольких участков теменных и височных долей, за "еду"

отвечают лобные доли, за "манипуляции" — в основном теменные (включая, что любопытно, и те участки надкраевой извилины, которые контролируют реальные манипуляции с объектами, такие как изготовление каменных орудий; см. ниже в этой главе). Кроме того, по реакции некоторых участков затылочных долей можно определить длину слова.

Возбуждение нейронов в центрах только одного представительства указывает, что слово относится только к одной смысловой группе, то есть весь смысловой багаж размещен в одной камере хранения. Например, "дом" — это укрытие, но не еда и не орудие. Если слово ассоциируется сразу с двумя смысловыми группами (как, например, ложка — орудие, связанное с едой, или автомобиль — отчасти орудие, но при этом и укрытие), то возбуждаются нейроны сразу в двух представительствах, смысловая нагрузка расположена в двух камерах хранения. Таким образом, соотношение возбуждений в каждом из трех представительств — количество багажа в каждой из трех камер хранения — формирует конкретное понятие. Остается для каждого слова определить количество багажа в трех камерах хранения, и смысл слова становится ясен. Разгадав этот принцип, экспериментаторы научились не только определять, какое слово задумал человек, но и предсказывать, какие участки коры возбуждятся при мысли о новом, еще не испытанном слове (*Just et al., 2009*).

Еще легче, чем слова, "считываются" с томограммы мозга зрительные образы, например, геометрические фигуры. Не исключено, что в совсем уже недалеком будущем можно будет просматривать сны на экране компьютера. Ложитесь спать в шлеме, а утром достаёте из дисковода DVD-диск со всеми увиденными за ночь сновидениями. Представляете, как удобно: вместо того чтобы пересказывать сон своими словами (согласитесь, многие сны в пересказе как-то блекнут), можно будет просто выложить его в YouTube (*подробнее об исследованиях, связанных с чтением мыслей, рассказано в статье Елены Наймарк "Увидеть мысль", http://www.nm1925.ru/Archive/Journal6_2010_11/Content/Publication6_205/*

Память закрепляется во сне

Аплизия, как и многие другие беспозвоночные животные с небольшим числом нейронов, примитивными органами чувств и ограниченными способностями к обучению, получает из внешнего мира сравнительно мало информации. Логические схемы, образуемые сетью межнейронных связей и служащие для анализа этой информации, у нее тоже сравнительно просты. Просты и модели реальности, производимые нервной системой аплизии, — паттерны возбуждения нейронов, возникающие в ответ на те или иные стимулы. В такой ситуации процесс запоминания можно, по-видимому, пустить на самотек, то есть обойтись без специализированных нейронных контуров, руководящих этим процессом. У животных с большим мозгом, таких как млекопитающие, дело обстоит иначе. Поступающей информации слишком много, модели реальности слишком сложны, динамичны, разнообразны и многочисленны. Чтобы запомнить абсолютно все, что видел, слышал, почувствовал, пережил, не хватит никаких мозгов. Нужно выбирать. Нужно отправлять на постоянное хранение только самую важную информацию. Поэтому у высших животных в процессе эволюции развиваются специализированные отделы мозга, берущие на себя функцию сортировки полученной информации, отделения зерен от плевел и записывания отобранных, разложенных по полочкам сведений в долговременную память.

Долговременная память у высших животных делится на сознательную (эксплицитную, или декларативную) память о событиях, фактах, ощущениях и бессознательную, имплицитную, или процедурную, память (например, о двигательных навыках). Процедурная память хранится в моторной коре (**моторная кора — часть коры головного мозга, отвечающая за планирование и осуществление произвольных движений. Моторная кора тянется полосой вдоль заднего края лобных долей, там, где они граничат с теменными долями**) и мозжечке. В ее формировании участвуют такие отделы мозга, как стриатум, или полосатое тело, и миндалина (миндалевидное тело). Декларативная память локализуется в тех отделах коры, которые отвечают за восприятие соответствующих сигналов, — например, память об увиденном хранится в зрительной коре. Ключевым отделом мозга, необходимым для запечатления приобретенного опыта в виде

долговременной декларативной памяти, является гиппокамп.

Роль гиппокампа в формировании декларативной памяти была открыта Брендой Милнер и ее коллегами в 1950—1960-х годах в ходе исследования пациента, которому удалили гиппокамп, чтобы вылечить от тяжелой эпилепсии. Ожидаемый терапевтический эффект был достигнут, однако несчастный пациент полностью утратил способность что-либо запоминать. Он прекрасно помнил всю свою жизнь до операции, сохранил здравый рассудок и способность поддерживать разумную беседу (только без перескакивания с одной темы на другую), однако все события, происходившие с ним после операции, задерживались в его памяти лишь на несколько минут, а потом безвозвратно забывались. При этом способность к формированию долговременной бессознательной (процедурной) памяти у него сохранилась. Например, он мог вырабатывать новые двигательные навыки в результате тренировки, хотя самих тренировок не помнил.

В последнее время внимание ученых все более привлекает связь памяти и сна. Установлено, что во сне происходит закрепление обоих типов долговременной памяти, причем декларативная память закрепляется в фазе медленного сна, а процедурная — в фазе быстрого сна (так называемого REM-сна, от слов rapid eye movement — "быстрое движение глаз").

В опытах на крысах было показано, что во время медленного сна в гиппокампе возбуждаются те же группы нейронов и в той же последовательности, что и в процессе обучения, проводившегося накануне. Это навело ученых на мысль, что гиппокамп во сне многократно "прокручивает" полученную днем информацию, что, вероятно, способствует ее лучшему запоминанию — "протаптыванию дорожек" в нейронных сетях.

Однако активная роль гиппокампа в процессе закрепления памяти во сне не является окончательно доказанной. Существует альтернативная гипотеза, согласно которой медленный сон способствует закреплению декларативной памяти просто потому, что это самая глубокая фаза сна, во время которой мозговая активность снижается до минимума, причем отношение "осмысленных" (важных, сильных) сигналов к различным "шумам" становится максимальным.

Чтобы получить некоторое представление о том, какими методами нейробиологи решают подобные вопросы, рассмотрим один остроумный эксперимент, при помощи которого германским ученым недавно удалось получить новые свидетельства в пользу того, что

запоминание во время медленного сна — процесс активный, требующий работы гиппокампа (*Rasch et al., 2007*).

Эксперимент проводился на добровольцах, которых усаживали за компьютер и предлагали поиграть в игру на запоминание. Игра состоит в следующем. На экране компьютера изображены 30 карточек рубашкой кверху (карточки расположены пятью рядами по шесть штук в каждом). Электронная колода состоит из 15 пар карточек, различающихся рисунком на лицевой стороне. Одна из карт переворачивается, так что испытуемый может видеть рисунок. Через секунду переворачивается вторая карта с тем же рисунком. Испытуемый должен запомнить их расположение. Через три секунды обе карты снова переворачиваются рисунком вниз, а еще через три секунды производится точно такая же демонстрация следующей пары карточек. После того как все 15 пар карточек показаны по два раза, начинается проверка памяти. Открывается одна из карт, а испытуемый должен при помощи мыши указать, где находится парная. Вне зависимости от правильности ответа парная карта открывается на три секунды, так что обучение продолжается и во время тестирования. Все это длится до тех пор, пока испытуемый не выучит расположение десяти пар из 15.

В процессе обучения испытуемые обоняли аромат розы, который подавался им через специальную носовую маску. После этого добровольцы отправлялись спать как были, в масках, да еще и с электродами на голове для снятия электроэнцефалограммы. Неудивительно, что для эксперимента отбирались здоровые молодые люди, некурящие, непьющие и не имеющие проблем со сном.

Как только энцефалограмма показывала, что началась фаза медленного сна, половине испытуемых подавали через маску аромат розы, а другой половине — нет. Утром проверяли, кто лучше запомнил расположение карточек. Оказалось, что первая группа испытуемых усваивала материал гораздо лучше. Кроме того, при помощи магнитно-резонансной томографии удалось показать, что обонятельный стимул, поступающий во время медленного сна, активизирует нейроны гиппокампа.

Исследователи поставили также три контрольных эксперимента. В первом из них во время обучения запах не подавался, а во сне подавался так же, как и в основном опыте. Никакого улучшения запоминания зарегистрировано не было. Это означает, что запах розы способствует закреплению навыков не сам по себе, а только как стимул, ассоциативно связанный с процессом обучения. Во втором контрольном эксперименте

запах подавали во время обучения и во время фазы быстрого сна. В этом случае обонятельный стимул тоже никак не повлиял на запоминание. Это подтверждает прежние результаты, согласно которым именно фаза медленного сна является ключевой для закрепления осознанных "декларативных" воспоминаний. Наконец, в третьем контрольном эксперименте запах подавали во время обучения, а затем еще раз во время бодрствования (перед сном). Это тоже не повлияло на результаты утренней проверки.

Полученные результаты подтверждают гипотезу, согласно которой закрепление осознаваемых воспоминаний (декларативной памяти) во время медленного сна — это активный процесс, идущий при участии гиппокампа. Обонятельные стимулы, ассоциирующиеся с усвоенными накануне знаниями, дополнительно стимулируют гиппокамп, который от этого, вероятно, начинает активнее "прокручивать" те последовательности нервных импульсов, которые возникали в нем накануне в процессе обучения (как было показано ранее на крысах).

А что же имплицитная, или процедурная, память? Ученые провели точно такую же серию экспериментов с применением другого вида обучения, ориентированного именно на этот вид памяти — на формирование моторных навыков. Вместо игры с карточками испытуемых просили как можно более быстро и точно раз за разом набирать на клавиатуре определенную последовательность из пяти символов. Наутро все испытуемые показывали в этом тесте результаты лучшие, чем накануне вечером, то есть приобретенные моторные навыки за ночь каким-то образом закреплялись. Однако никакие игры с запахами не влияли на это закрепление, в том числе и тогда, когда запах подавался во время фазы быстрого сна.

Этот результат может показаться странным, поскольку известно, что моторные навыки закрепляются как раз во время этой фазы. По мнению авторов, дело тут в том, что обонятельные стимулы не могут так же легко вступать в ассоциативную связь с "моторными" (процедурными) воспоминаниями, как с декларативными. Действительно, те отделы мозга, где обрабатывается обонятельная информация, весьма тесно связаны с гиппокампом. Это известно из анатомии мозга и подтверждается тем, что запахи, ассоциативно связанные с важными событиями в жизни человека, являются мощным средством для пробуждения осознанных воспоминаний. Что же касается связи обонятельных отделов мозга со стриатумом, моторной корой и мозжечком (отделами, ответственными за процедурную память), то она,

по всей видимости, является значительно более опосредованной.

В данном исследовании использовались обонятельные стимулы (а не зрительные, слуховые или тактильные) просто потому, что от них человек не просыпается. Но полученные результаты заставляют задуматься, почему обоняние — казалось бы, наименее важное из наших пяти чувств — оказалось так тесно связано с самыми глубинными и сложными процессами, происходящими в нашем мозге. Очевидно, это наследие тех времен, когда у далеких предков человека обоняние играло гораздо более важную роль, чем сегодня.

Потеря памяти не ведет к утрате "теории ума"

"Теория ума" считается одной из основных отличительных черт человеческого мышления. В какой-то степени этой способностью обладают и другие животные — обезьяны, слоны, дельфины, врановые птицы (см. главу "В поисках душевной грани"), — но люди, по всей видимости, превосходят их по точности и глубине понимания чужих мыслей, чувств, целей и намерений.

"Теория ума" тесно связана с самосознанием, в ее основе лежит умение судить о других "по себе". Поэтому психологи считали само собой разумеющимся, что для понимания чужих мыслей абсолютно необходима так называемая эпизодическая память, то есть память о собственных мыслях, переживаниях и событиях личной жизни.

Мы уже знаем, что долговременная память делится на декларативную (сознательную, эксплицитную — память о фактах и событиях) и процедурную (бессознательную, имплицитную — например, память о двигательных навыках). Декларативная память в свою очередь делится на семантическую и эпизодическую. Семантическая память — это абстрактные, безличные знания об объектах, событиях, фактах и связях между ними, никак не связанные с личным опытом. Эпизодическая память, напротив, хранит информацию о событиях личной жизни, о собственных переживаниях и мыслях.

Так вот, считалось, что именно эпизодическая память теснее всего связана с "теорией ума", что без личных воспоминаний невозможно понять мысли и мотивацию поступков других людей.

Для проверки подобных идей огромную ценность представляют люди, которые в результате травмы или болезни утратили выборочно те или иные психические функции. Мы уже упоминали о пациенте, который вместе с гиппокампом утратил способность к формированию декларативных (но не процедурных) воспоминаний. Изучение этого пациента обеспечило прорыв в понимании механизмов памяти.

Недавно в руки канадских психологов попали сразу два уникальных пациента, у которых в результате черепно-мозговой травмы произошли психические изменения еще более редкого и избирательного свойства {*Rosenbaum et al., 2007*). Оба мужчины (К. С. и М. Л.) стали объектами пристального внимания ученых из-за дорожной аварии (один был мотоциклистом, другой велосипедистом). У обоих от сильного удара головой полностью отшибло эпизодическую память. При этом большинство других психических функций осталось в

пределах нормы. Пациенты сохранили нормальный уровень интеллекта (IQ = 102 и 108). При них остались все те знания, которые они успели получить до травмы (то есть семантическая память не пострадала). Правда, способность приобретать новые знания они в значительной степени утратили из-за повреждений гиппокампа и других отделов мозга. Но все личные воспоминания стерлись напрочь. Пациенты не могут вспомнить ни одного эпизода из своей жизни – ни до травмы, ни после.

Исследователи, наблюдавшие пациентов, были удивлены тем обстоятельством, что в общении эти люди казались совершенно нормальными, вплоть до того, что у К. С. даже сохранилось тонкое чувство юмора. А ведь без теории ума, то есть без понимания мыслей и чувств других людей, нормальное общение и юмор едва ли возможны. Это и навело ученых на мысль, что у них есть уникальный шанс опровергнуть гипотезу о неразрывной связи теории ума с эпизодической памятью.

Пациентам предложили пройти серию стандартных тестов, специально разработанных для выявления дефектов "теории ума". Те же задания были предложены контрольной группе из 14 здоровых людей, близких по уровню образования и социальному статусу к двум исследуемым мужчинам. В частности, там были тесты, в которых испытуемый должен был понять, что другой человек не знает чего-то, что самому испытуемому известно, или разобраться в поведении двух людей, один из которых имеет ошибочное представление о том, что думает или знает другой. В других тестах нужно было понять, нанес ли один человек другому непреднамеренную обиду в той или иной ситуации, и объяснить, почему не следовало так поступать и что именно чувствовал обиженный. Были также тесты на способность понимать чужие эмоции по выражению лица. Подобные тесты применяют при диагностике различных форм аутизма (люди, страдающие аутизмом, имеют ослабленную "теорию ума" и обычно не справляются с такими заданиями).

Оба пациента справились со всеми тестами ничуть не хуже здоровых людей. Авторы сделали из этого справедливый вывод, что эпизодическая память не является обязательным условием наличия у человека нормальной "теории ума". По-видимому, для этого вполне достаточно одной лишь абстрактной семантической памяти. Впрочем, полученный результат не доказывает, что эпизодическая память не нужна для формирования теории ума. Очевидно, что умение понимать чужие мысли и поступки сформировалось у пациентов еще до травмы, когда с эпизодической памятью у них все было в порядке. И все же это исследование заставляет задуматься о том, насколько глубоко "вмонтированы" в структуру человеческого мозга такие высшие социально ориентированные способности, как "теория ума".

Речной рак принимает решение

В нейробиологии успех исследований самым радикальным образом зависит от удачного выбора объекта. Эрик Кандель, получивший в 2000 году Нобелевскую премию за исследования памяти, рассказывает в своих мемуарах (*в январе 2011 года, когда я пишу эти строки, великолепная книга Канделя "В поисках памяти" уже переведена на русский язык и готовится к печати*), что поворотным пунктом в его карьере стало решение сменить объект. Тайны памяти, ускользавшие от исследователей, пока они работали на кошках, удалось раскрыть в ходе изучения морского моллюска аплизии. Не в последнюю очередь этому способствовало то обстоятельство, что нейроны аплизии гораздо крупнее кошачьих. Это позволяет следить за работой индивидуальных нервных клеток — например, втыкая в них электроды и регистрируя электрическую активность. Результаты, полученные на аплизии, впоследствии оказались вполне приложимыми и к кошкам, и к людям.

Механизмы принятия решений изучают обычно на млекопитающих — животных с чрезвычайно сложной нервной системой и мозгом, состоящим из сотен миллионов очень мелких нейронов. Даже самые мощные современные методы, такие как магнитно-резонансная томография, позволяют в лучшем случае найти участки мозга или большие группы нейронов, участвующие в тех или иных этапах принятия решения в неоднозначной ситуации (*Gold, Shadlen, 2007*). Чтобы добраться до более тонких деталей, нужен объект попроще, и желательно с крупными нейронами. Впрочем, сначала нужно убедиться, что такие животные действительно способны принимать "осмысленные" (то есть целесообразные, адаптивные) решения на основе комплексного анализа разнородной информации, подобно тому как это делают умные млекопитающие.

Мы уже знаем, что даже отдельно взятый нейрон — базовый элементарный блок нервной системы — по сути дела является маленькой биологической машинкой для принятия одного из двух альтернативных решений (возбудиться или нет) на основе анализа разнородных входящих сигналов. Понятно, что из нескольких таких блоков в принципе нетрудно сконструировать более сложный контур, обеспечивающий осмысленное поведение организма. Но это теория, а как обстоит дело на практике?

Результаты экспериментов на раках, проведенных недавно психологами и нейробиологами из Мэрилендского университета (США), показали, что сравнительно простая нервная система рака эффективно справляется с задачами, требующими принятия решений (то есть осмысленного, целесообразного выбора одного из нескольких альтернативных вариантов поведения в зависимости от ситуации) (*Liden et al., 2010*).

В ряде работ, выполненных в последние годы, было показано, что раки могут стать перспективным объектом для нейробиологических исследований. Поэтому интерес ученых к этим животным вполне понятен. Одно из самых удобных свойств раков заключается в том, что в осуществлении некоторых важных поведенческих реакций у них участвуют немногочисленные очень крупные нейроны, электрическую активность которых можно регистрировать неинвазивными методами — помещая электроды просто в воду рядом с раком и ничего не втыкая в само животное.

Авторы исследовали реакцию молодых раков *Procambarus clarkii* на движущиеся тени (см. рисунок). В опытах приняли участие 259 раков. Чтобы исключить эффекты обучения и привыкания, каждого рака использовали только в одном опыте.

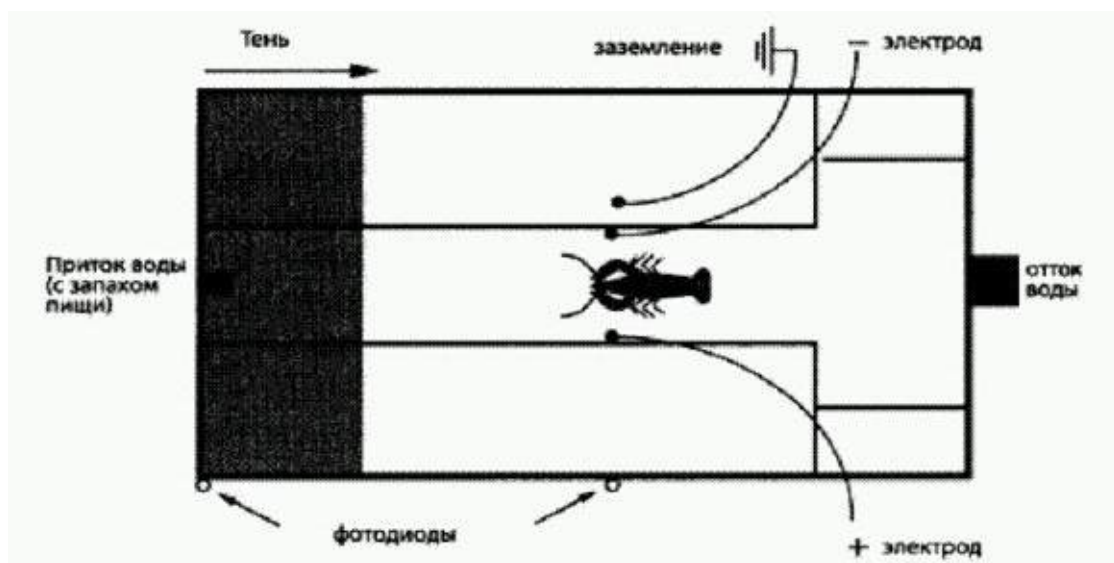


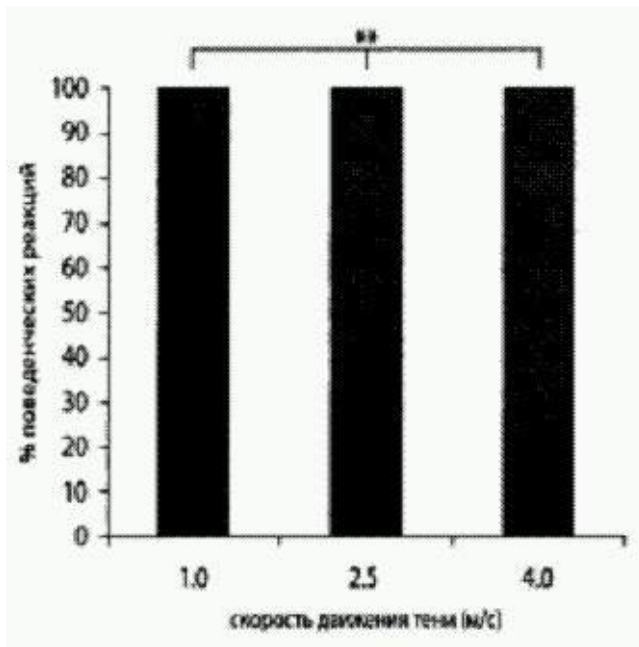
Схема экспериментальной установки. Проголодавшегося рака выпускали в правую часть аквариума, после чего он шел влево, на запах пищи. Когда рак достигал первого фотодиода, на него начинала надвигаться тень. При помощи электродов регистрировали активность медиальных гигантских нейронов. По рисунку из *Liden et al., 2010*.

Заметив приближающуюся тень, рак либо замирает, либо резко бьет хвостом и отпрыгивает далеко назад. Обе реакции — защитные. В природе движущаяся тень с большой вероятностью означает приближение хищника — например, крупной рыбы или птицы. В эксперименте использовали тень от пластиковой непрозрачной пластины, и раки никогда не игнорировали ее. В каждом опыте непременно наблюдалась одна из двух реакций — либо замирание, либо удар хвостом.

Ранее было установлено, что удар хвостом происходит в результате возбуждения двух гигантских нейронов, расположенных в брюшной нервной цепочке и проходящих вдоль всего тела рака (medial giant interneurons, MG). Возбуждение этих нейронов регистрировалось при помощи двух электродов. Электрический импульс пробегает по гигантским нейронам примерно за одну миллисекунду до того, как начнут сокращаться мышцы брюшка. То есть фактически приборы регистрируют принятое раком решение ударить хвостом еще до самого удара. Что касается реакции замирания, то она провоцируется возбуждением одного-единственного нейрона; этот нейрон известен, но в данном эксперименте его активность не регистрировалась.

Оказалось, что рак решает, как ему поступить — замереть или ударить хвостом, — в зависимости от скорости движения тени. Если тень надвигается медленно (1 м/с), то рак, скорее всего, прыгнет. При виде быстрой тени (4 м/с) — замрет. Эти скорости примерно соответствуют реальным скоростям движения хищных рыб.

Смысл такого поведения довольно очевиден. Если хищник движется не очень быстро, есть шанс спастись от него бегством. Это надежнее, чем замирать и надеяться, что тебя не заметят. Но если враг мчится со скоростью 4 м/с, прыгать от него бесполезно — догонит. Остается замереть и положиться на удачу. Похожее поведение характерно для грызунов: они тоже чаще реагируют замиранием, а не бегством, на угрозу, от которой трудно или невозможно убежать.



Решение рака зависит от скорости движения тени. По горизонтальной оси — скорость тени (м/с), по вертикальной — процент принятых решений; серым цветом показаны замирания, черным — удары хвостом. По рисунку из Liden et al., 2010.

От скорости тени зависело не только само решение, но и время, затраченное раком на его принятие. Те раки, которые в итоге выбрали прыжок, раздумывали дольше, если тень надвигалась не очень быстро. Между началом движения тени и возбуждением MG проходило около 80 мс при скорости тени 1 м/с и лишь около 65 мс при скорости 4 м/с. Впрочем, раки все равно не успевали отпрыгнуть до того, как тень их накроет: при максимальной скорости движения тени она настигала их за 44 мс.

Могут ли раки, принимая решение, учитывать еще какие-то факторы, кроме скорости движения тени? Прыжок обходится раку довольно дорого: помимо того что на столь резкое движение тратится много сил, рак после прыжка оказывается дальше от своей цели — в данном случае от источника вкусного запаха, к которому он полз. Кроме того, после прыжка ему приходится дольше приходить в себя, прежде чем он сможет продолжить путь. Раки начинали снова ползти на запах в среднем через 11 с после реакции замирания и через 29 с после удара хвостом. На то, чтобы добраться до цели, в первом случае уходило в среднем 47 с (от начала эксперимента), а во втором — целых 140 с. В природе раки часто сталкиваются с дефицитом пищи и дерутся за нее

друг с другом. Поэтому раку невыгодно шарахаться от каждой тени. Принимают ли раки в расчет это обстоятельство?

Авторы провели еще одну серию экспериментов с переменной концентрацией пищевого запаха и со скоростью движения тени 1 и 2 м/с. Ученые предположили, что более сильный — а значит, более привлекательный — запах пищи, возможно, будет склонять раков к тому, чтобы реже прыгать и чаще замирать. Это предположение подтвердилось: концентрированный запах пищи достоверно снизил частоту прыжков, соответственно повысив частоту замираний. Особенно четко эта закономерность проявилась при скорости тени 2 м/с. При низкой скорости (1 м/с) эффект был сходный, но более слабый.

Исследование показало, что процесс принятия решений у раков в общих чертах похож на таковой у млекопитающих. Раки интегрируют информацию, поступающую от разных органов чувств (в данном случае — от глаз и обонятельных рецепторов), "взвешивают" значимость этих сигналов и принимают решение на основе результатов взвешивания. Сам акт принятия решения состоит в том, что несколько ключевых нейронов, на которых сходятся окончания других нервных клеток, либо возбуждаются, либо нет.

Разумеется, для того чтобы осуществлять подобные аналитические процедуры — и в результате совершать вполне осмысленные, адаптивные поступки, — вовсе не нужно обладать сознанием (*в одной англоязычной научно-популярной книге — к сожалению, не могу вспомнить, в какой именно, — мне попала очаровательная (и при этом абсолютно верная) фраза: "Чтобы учиться, не нужно обладать ни разумом, ни сознанием". По-моему, она подошла бы в качестве девиза многим образовательным учреждениям*). Даже очень простые нейронные контуры могут справляться с такой работой, совершая ее автоматически, без всякого осознания или рефлексии, подобно интерактивной компьютерной программе. Эта простая мысль до сих пор кажется чуждой многим людям, что вообще-то немного странно в наш компьютерный век. Изученное в обсуждаемой работе поведение раков нетрудно запрограммировать. Наверняка можно сделать искусственного автоматического рака, который будет реагировать на тени и запахи совсем как живой. Подобные роботы уже существуют: например, удалось сделать механических тараканов, которых живые тараканы принимают за "своих" и даже считаются с их "мнением", когда нужно решить, в каком из нескольких укрытий лучше всем вместе спрятаться (тараканы — большие коллективисты) (Halloy et al., 2007).

Вряд ли на раках можно изучать сложные мыслительные процессы, характерные для человека и других млекопитающих, но базовые нейробиологические механизмы принятия решений, по-видимому, сходны у нас и у раков. Изучать их на раках гораздо проще, чем на обезьянах и крысах, что делает раков перспективными объектами нейробиологических исследований.

Рассмотренный пример также помогает понять, почему результаты мыслительных процедур у людей и других животных часто бывают предельно дискретными (контрастными, категориальными) *(соображения, изложенные в этом абзаце, автор позаимствовал у лингвиста С. А. Бурлак, которая высказала их на антропологическом семинаре в Московском Государственном Дарвиновском музее в конце 2010 года)*. Рак не может наполовину замереть, наполовину прыгнуть. Нужно выбрать одно из двух и затем уже действовать решительно, не оглядываясь на упущенные альтернативные возможности. Кроме того, как мы уже говорили, категоричность изначально заложена в саму структуру нейрона. Нейрон не может послать по аксону половину или семь восьмых потенциала действия. Все или ничего, ноль или единица, белое или черное. Надо ли удивляться, что люди так любят преувеличивать контрастность наблюдаемых различий между похожими объектами, что мы склонны искать (и, черт побери, находить!) четкие границы даже там, где их со всей очевидностью нет. Как, например, в эволюционном ряду, соединяющем нечеловеческих обезьян с человеком.

"Нет, вы все-таки скажите нам точно, в какой момент обезьяна стала человеком!" — вот типичное требование, предъявляемое публикой ученым, когда речь заходит об антропогенезе. Не скажу. Зато вы можете спросить у речного рака, на какие категории делятся хищники. Он вам объяснит, что хищники делятся на две категории, которые невозможно спутать и между которыми вообще нет ничего общего. Есть медленные хищники — от них нужно прыгать. Есть быстрые хищники — от них не убежишь, нужно замирать. Вот и все. Переходных форм не существует. Для такой логики достаточно пары нейронов. Для иной — часто не хватает и ста миллиардов.

Электромеханические устройства на мысленном управлении

Поскольку мысли материальны и складываются из комбинаций нервных импульсов, то нет никаких физических запретов на создание разнообразных инженерно-технических "приложений" к мозгу — устройств на мысленном управлении. Собственно, все тело животного представляет собой именно такое устройство. Но нам, конечно, хотелось бы получить более наглядную демонстрацию. Что-нибудь из металла и пластика, пожалуйста. С электромоторчиками и шестеренками — и чтобы мозг всем этим мог напрямую управлять.

Если бы подобные проекты нужны были только для убеждения упертых идеалистов, игра не стоила бы свеч. Но они нужны не только для этого. Разработка протезов, которыми человек мог бы управлять точно так же, как настоящими конечностями, при помощи мозговых импульсов, является одной из актуальных задач медицины. В последнее время в этой области наблюдается значительный прогресс. И люди, и другие обезьяны уже могут — при посредстве несложных электронных устройств — мысленно управлять движением курсора на экране компьютера. Но управлять курсором куда проще, чем пользоваться таким сложным прибором, как рука, в настоящем трехмерном пространстве.

В 2008 году группа американских нейробиологов, медиков и робототехников сообщила о сенсационном результате: им удалось научить двух макаков резусов брать пищу и отправлять ее в рот при помощи механической руки с мысленным управлением (*Velliste et al., 2008*).

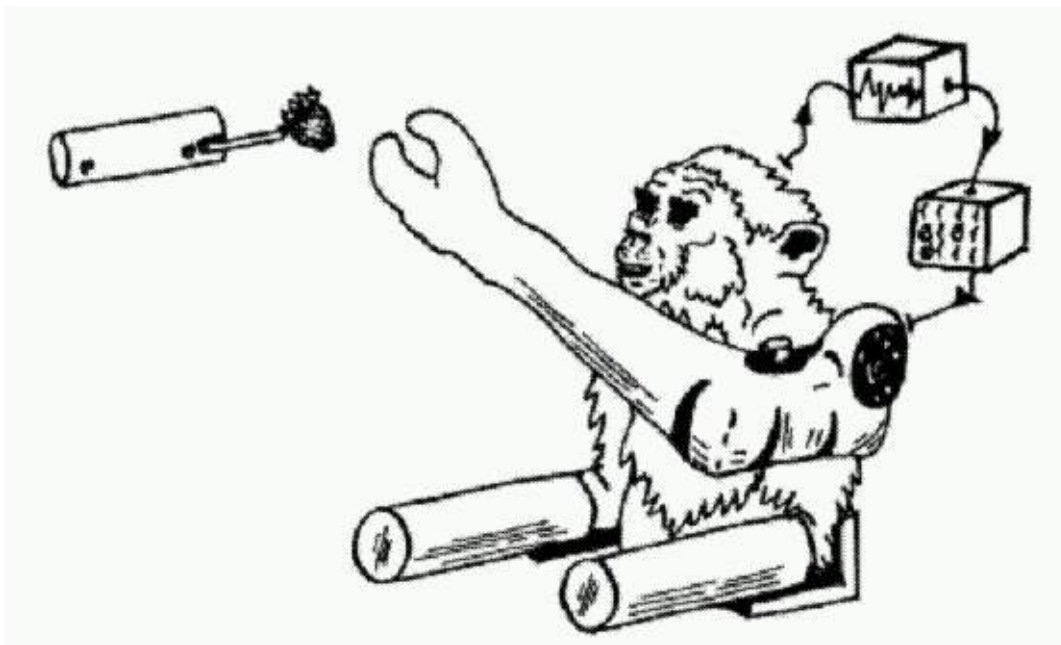


Схема эксперимента. Мозговые импульсы подвергаются компьютерной обработке, и на их основе генерируются сигналы, управляющие движением механической руки. Собственные руки обезьяны зафиксированы в горизонтальных трубках. По рисунку из Velliste et al., 2008.

В экспериментах использовалась искусственная рука, по своим механическим характеристикам близкая к настоящей. У нее пять степеней свободы: она может двигаться в плечевом суставе вверх-вниз, вправо-влево и вращаться вокруг своей оси (три степени свободы), в локтевом суставе она может только сгибаться-разгибаться (четвертая степень свободы); кроме того, она снабжена хватающей "кистью" в виде клешни, которая может сжиматься и разжиматься (пятая степень свободы). Все движения осуществляются при помощи моторчиков с компьютерным управлением.

Ученые вживили двум макакам по 96 электродов в участок моторной коры, управляющий движениями плеча и предплечья. Эти электроды у двух обезьян были немного по-разному распределены. Попадание электродов в те или иные конкретные точки коры было отчасти случайным, и уж во всяком случае никто не мог знать заранее, какие из электродов будут воспринимать мозговые команды, скажем, о подъеме руки, а какие — о сгибании локтя. Это предстояло выяснить в ходе дальнейших экспериментов. Долгий курс обучения должны были пройти не только обезьяны, но и компьютерная программа,

интерпретирующая мозговые сигналы и преобразующая их в команды для управления механической рукой.

На начальном этапе обезьян учили управлять рукой при помощи джойстика с кнопкой (кнопка предназначалась для открывания и закрывания клешни). Кроме того, обезьяна просто смотрела на автоматические движения руки, которая брала пищу из разных мест и подносила ее ко рту подопытной (известно, что вкусная пища — чуть ли не единственный стимул, побуждающий обезьяну в лабораторных условиях быть внимательной и чему-то учиться). Пока механическая рука двигалась, а обезьяна на нее смотрела, компьютер регистрировал сигналы, поступающие от 96 электродов, и подвергал их статистической обработке. Сигналы от некоторых датчиков не коррелировали с движениями руки, и эти датчики впоследствии не учитывались. Для остальных электродов компьютер определял, какие движения искусственной руки сопровождаются наиболее интенсивными (частыми) нервными импульсами. Так были выявлены электроды (и соответствующие точки мозга), которые избирательно реагируют на те или иные движения (вверх-вниз, вперед-назад и вправо-влево), а также на сжатие и разжатие пальцев. Соответствующий "рисунок" возбуждения нейронов интерпретировался как команда, посылаемая мозгом. Например, если данные десяти датчиков регистрировали наиболее сильные сигналы при подъеме руки, то в дальнейшем, когда управление рукой передавали обезьяне, сигналы от этих десяти датчиков компьютер преобразовывал в команду "поднять руку".

После этого этапа предварительного обучения исследователи попытались сразу передать обезьянам всю власть над механической рукой, но ничего не вышло: обезьяны не справились с управлением. Тогда пришлось пойти более долгим путем постепенной передачи контроля от "автопилота" обезьяне. При этом училась не только обезьяна, но и компьютер: интерпретация нервных импульсов постоянно уточнялась и подстраивалась к текущему состоянию обезьяньего мозга. Как выяснилось, такая подстройка должна осуществляться ежедневно, потому что компьютерная интерпретация мозговых сигналов, основанная на вчерашних экспериментах, сегодня может для той же самой обезьяны оказаться недостаточно точной. Кроме того, импульсы, генерируемые мозгом во время пассивного наблюдения за автоматически движущейся рукой, оказались не совсем идентичными тем, что генерируются при непосредственном мысленном управлении искусственной конечностью.

Задача, которую обезьяна должна была выполнить при помощи искусственной руки, изо дня в день была одна и та же: нужно было взять пищу (пастилу или ягоду), которая появлялась в разных местах в пределах досягаемости, и поднести ее ко рту (а потом, разумеется, съесть, но это уже делалось без помощи технических средств). Самая трудная часть задания состояла в том, чтобы поднести раскрытую клешню точно к пище. Для этого нужно управлять рукой с точностью до нескольких миллиметров, иначе еду не удастся схватить. Подносить пищу ко рту можно с меньшей точностью, поскольку обезьяна могла шевелить головой (ее руки — настоящие, а не искусственные — были закреплены в специальных трубках).

В течение нескольких недель контроль над искусственной рукой постепенно передавался от автопилота обезьяне. Помощь автопилота, упрощенно говоря, состояла в том, что обезьяне было легче совершать "правильные" движения, чем "неправильные", — искусственная рука охотнее двигалась в нужном направлении, чем в любом другом. Постепенно эта помощь слабела. С точки зрения обезьяны это означало, что задача становилась все более трудной, так что ей приходилось каждый день продолжать учиться, постепенно совершенствуя мастерство владения искусственной рукой.

Наконец автопилот был полностью отключен, и обезьяны стали совершенно самостоятельно кормить себя при помощи механической руки, управляемой мозгом. Нельзя сказать, что это получалось у них так же ловко, как настоящими руками, но все же в большинстве случаев им удавалось взять пищу и отправить в рот.

Авторы отмечают, что обезьяны не просто выучили серию механически повторяющихся "ментальных" действий, а освоили настоящее сознательное управление искусственной конечностью. Это подтверждается несколькими фактами. Во-первых, положение пищи все время менялось, так что тянуть искусственную руку нужно было в разные стороны.

Во-вторых, ученые провели дополнительный опыт, в котором пища была внезапно передвинута в тот момент, когда обезьяна уже поднесла к ней свою клешню. Если бы обезьяна теперь направила клешню к лакомству по прямой линии, угощение было бы сбито с подставки. Нужно было переместить конечность по дуговой траектории, и обезьяна отлично с этим справилась.

В-третьих, в ходе экспериментов обезьяны освоили ряд новых движений, которым их никто не учил. Например, если во время

поднесения пищи ко рту лакомство падало, обезьяны не продолжали двигать ко рту пустую клешню, а останавливали ее в ожидании следующей порции. Они также научились совершать клешней небольшие движения около рта, чтобы удобнее было ее облизывать, и не тянули руку к новой порции пищи до тех пор, пока не оближут хорошенько. Сначала они держали клешню закрытой в течение всего времени переноса пищи ко рту, но потом заметили, что пастила прилипает к клешне и обычно не падает, даже если клешню разжать. Тогда они стали разжимать клешню не у самого рта, а еще в пути.

Идеи и методы, придуманные авторами, должны помочь медикам и инженерам в разработке протезов с мысленным управлением. О дальнейших перспективах читатели могут помечтать самостоятельно. А для темы этой главы важно, что подобные эксперименты наглядно демонстрируют правильность идей, высказанных еще И. М. Сеченовым в 1863 году в статье "Рефлексы головного мозга". Мысли материальны, а мозг — орган души — представляет собой устройство не менее вещественное, чем бетономешалка (хотя и гораздо более сложное). К нему вполне можно прикрутить пару-тройку дополнительных электромеханических "аксессуаров". Когда-нибудь — возможно, довольно скоро — они будут продаваться в магазинах.

Редукционизм

К сожалению, выводы науки о материальности мыслей и о том, что душа является продуктом работы мозга, очевидные для многих специалистов уже во времена Сеченова, большинству людей до сих пор не кажутся ни очевидными, ни бесспорными. Человек субъективно воспринимает себя как идеальную сущность, не связанную неразрывно с "бренным телом". Нам очень легко поверить в возможность существования души отдельно от тела и крайне трудно свыкнуться с тем банальным фактом, что никакой души без работающего мозга быть не может. По-видимому, это такой же адаптивный, то есть полезный для выживания, самообман, как и упомянутое выше восприятие камней как сплошных, непроницаемых объектов. Пещерному человеку для выживания не нужно было знать, что нейтринно легко пролетит сквозь камень, не задев ни одного атомного ядра. Ему гораздо важнее было понимать, что сам он сквозь камень не пройдет. Так же и о материальной природе собственной психики незачем знать млекопитающему с зачаточными способностями к рефлексии, едва начавшему осознавать свое существование. Ему полезнее думать о себе и сородичах как о личностях, обладающих свободой выбора (о ней мы поговорим чуть позже). Отсюда — неприятие выводов нейробиологии широкими кругами общественности и даже отдельными учеными.

Когда дело доходит до научных диспутов, интуитивное неприятие рационализируется, облакаясь в наукоподобные аргументы. Самый типичный из них — обвинение всех "последователей Сеченова" в так

называемом редукционизме. Звучит грозно, но, если разобраться, никакого смысла в этом нет. В данном контексте слово "редукционизм" – не более чем наукообразное ругательство.

Редукционизм – это "методологический принцип, согласно которому сложные явления могут быть полностью объяснены с помощью законов, свойственных явлениям более простым (например, социологические явления объясняются биологическими или экономическими законами). Редукционизм абсолютизирует принцип редукции (сведения сложного к простому и высшего к низшему), игнорируя специфику более высоких уровней организации" (**это определение взято из "Википедии", которую я ценю и уважаю как один из перспективных сегментов быстро развивающегося "мирового разума" – интернета. Другие определения могут отличаться в деталях, но суть понятия "редукционизм" здесь передана верно**).

В утверждении о материальности души редукционизма не больше, чем в любом естественнонаучном объяснении того или иного явления природы. Никто и не думает сводить психику к простой сумме свойств нейронов и синапсов мозга. Разумеется, на каждом "уровне организации" работают свои специфические закономерности. Их нельзя игнорировать, но этого никто и не предлагает. Мы действительно никогда не сможем "полностью объяснить" человеческую психику только с помощью законов, действующих на более низком уровне – например, на уровне отдельных нейронов. Свойства мозга не сводятся к сумме свойств нервных клеток. Нужно еще знать, как эти клетки между собой связаны, как они взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой. Если мы будем это знать в точности и во всех деталях, то действительно сможем объяснить психику и даже смоделировать ее на компьютере, создав искусственный интеллект (правда, компьютер для этого понадобится, похоже, на много порядков более мощный, чем нынешние). Но учет всех связей и взаимодействий – это как раз и есть переход к рассмотрению явления на более высоком "уровне организации". Никакого редукционизма здесь нет, а есть лишь обычный, классический естественнонаучный подход.

Точно так же не является редукционизмом утверждение, что живая клетка состоит из молекул, а молекулы – из атомов. Разумеется, если мы просто выпишем в столбик все вещества (типы молекул), имеющиеся в клетке, и для каждого укажем его количество, мы не поймем работу клетки. Свойства клетки не сводятся к сумме свойств ее молекул. Но если мы учтем еще и пространственное распределение этих молекул и все их взаимодействия друг с другом и с внешней средой, все их взаимные влияния и превращения, то тем самым мы перейдем на более высокий уровень и получим адекватную модель клетки как целостной живой системы. Только таким путем, сочетая анализ и синтез, мы можем разобраться в природе вещей. Холистические заклинания – абстрактные призывы рассматривать вещи только в их целостности – и обвинения в "редукционизме" нам в этом не помогут. По-моему, такие обвинения на самом деле говорят лишь о неприятии обвинителем принципа причинности, материализма и научного метода как такового.

Томография любви

В мозге млекопитающих существуют отделы, специализирующиеся на выполнении разных психических функций. При помощи современных методов, таких как ФМРТ, можно выявить отделы, задействованные в тех или иных психических процессах. В каких именно? Да в любых. Даже в самых замысловатых и возвышенных. Например, в любви.

Американские и швейцарские нейробиологи под руководством Стефани Ортиг из Сиракузского университета (США) недавно опубликовали обзор результатов всех проведенных на сегодняшний день исследований феномена любви, выполненных при помощи ФМРТ (*Ortigue et al., 2010*). Тщательный поиск в нескольких крупнейших электронных библиотеках показал, что таких исследований, где речь шла именно о любви, а не о каких-то смежных психических явлениях и эмоциях, где использовали ФМРТ и где были соблюдены все принятые методологические и этические нормы, выполнено пока только шесть (самое первое — в 2000 году). Одна из этих шести работ была проведена под руководством самой С. Ортиг (*Ortigue et al., 2007*). В трех работах приняли участие добровольцы, находящиеся (по их словам) в состоянии страстной романтической влюбленности. В двух работах изучалась материнская любовь, в одной — абстрактная беззаветная любовь к незнакомым несчастным людям. В общей сложности в шести исследованиях приняли участие 120 человек (99 женщин и 21 мужчина). В выборку не попали публикации, не имеющие английского резюме и не обнаруживаемые поисковиками по слову love.



Темными пятнами обозначены участки мозга, возбуждающиеся у любящих людей в ответ на стимулы, связанные с объектом любви (комбинированная схема, составленная по результатам шести исследований). Чем светлее оттенок в пределах пятна, тем в большем числе разных опытов, ориентированных на разные аспекты и разновидности любви, отмечалось повышенное возбуждение данного участка мозга. Верхние изображения — наружная поверхность полушарий, нижние — медиальная поверхность ("продольный срез" мозга). Слева — левое полушарие, справа — правое.

Метод ФМРТ позволяет выявить участки мозга, активно работающие в данный момент. К таким участкам приливает артериальная кровь, поэтому уже через 1–5 секунд после возбуждения там становится больше оксигемоглобина, что, собственно, и регистрируется на томограммах.

Чтобы понять, какие участки мозга связаны именно с любовью (или с чем угодно еще), всегда необходим контроль. Например, при изучении страстной любви сравнивали реакцию мозга на стимулы (фотографию или имя), относящиеся к объекту страсти, с реакцией мозга на такие же стимулы, относящиеся к друзьям (в том числе друзьям того же пола, что и объект страсти) и к незнакомым людям. Сравнение полученных томограмм позволяет идентифицировать участки, которые возбуждаются достоверно сильнее при мысли о любимом, чем о друге или незнакомце. При изучении материнской любви возбуждение мозга

при взгляде на фотографию собственного ребенка сравнивалось с реакцией на фотографии других детей того же возраста, лучших друзей и просто знакомых.

По мнению авторов, имеющиеся на сегодняшний день данные следует считать предварительными (исследованные выборки пока еще очень малы, да и самих исследований проведено мало), но кое-какие закономерности можно отметить уже сейчас.

Романтическая (страстная) любовь, или влюбленность, связана с комплексным возбуждением нескольких отделов мозга.

ВО-ПЕРВЫХ, это дофаминэргические (то есть использующие нейромедиатор дофамин) подкорковые области, отвечающие за положительное подкрепление (так называемая система награды). Возбуждение нейронов в этих областях порождает чувство удовольствия, эйфорию. Сюда относятся такие отделы мозга, как хвостатое ядро и скорлупа. Это те области, которые возбуждаются под действием кокаина. Кокаин подавляет обратное всасывание дофамина (его еще называют веществом удовольствия) нервными окончаниями, которые выделяют дофамин.

ВО-ВТОРЫХ, при страстной любви возбуждаются отделы, имеющие отношение к сексуальному возбуждению: островок и передняя поясная кора.

В-ТРЕТЬИХ, снижается возбуждение уже знакомой нам миндалины (отвечает за страх, тревожность, беспокойство) и задней поясной коры. Похоже на то, что передняя поясная кора отвечает за переживание счастливой любви и сексуального возбуждения, тогда как задняя поясная кора активизируется при переживании несчастной любви или горя от утраты любимого — например, у вдов, которым показывают фотографию недавно умершего мужа. Любопытно, что в передней поясной коре находятся также центры, отвечающие за переживание (на сознательном уровне) чувства боли — как своей собственной, так и чужой.

В целом характер возбуждения подкорковых областей в ответ на стимулы, связанные с объектом страсти, указывает на то, что речь тут идет не только об эмоциях, но и о мотивации целенаправленного поведения (установка на сближение, соединение с любимым). Об этом говорит, в частности, возбуждение хвостатого ядра, работа которого связана с целеполаганием, ожиданием награды и подготовкой к активным действиям.

В-ЧЕТВЕРТЫХ, когда влюбленным показывают на долю секунды

имя любимого человека (так, чтобы они не успели даже осознать, что прочли его), регистрируется возбуждение нескольких "высших" (корковых) участков мозга, отвечающих за социальное познание (мыслительные процессы, отвечающие за взаимодействия с другими людьми, с обществом), концентрацию внимания и мысленную репрезентацию (образ) самого себя. Обнаружить связь этих "высших", когнитивных отделов со страстной любовью методологически труднее, чем "эмоциональных" областей, потому что сканирование обычно проводят в течение довольно длительного времени (17–30 секунд), за которое испытуемый успеваает подумать о многом. Эмоции сменяют друг друга не так быстро, как мысли. Но эта связь четко выявляется, если стимул, относящийся к объекту страсти (например, имя), не достигает сознания испытуемого.

Материнская любовь связана со специфическим возбуждением дофаминэргических подкорковых структур, в том числе хвостатого ядра, скорлупы, черного вещества и таламуса. Все это, очевидно, имеет отношение к чувству удовольствия и системе награды, и здесь много пересечений с теми областями, которые возбуждаются при страстной любви. Кроме того, материнская любовь связана с активностью тех же "эмоциональных" участков коры, что и страстная любовь (островок и передняя поясная кора). Однако у материнской любви есть и свой специфический подкорковый участок, который не имеет отношения к страстной любви, — центральное серое вещество. Этот участок тесно связан с эмоциональными центрами лимбической системы (*лимбическая система — совокупность эволюционно древних подкорковых структур мозга, отвечающих в основном за эмоциональную регуляцию и мотивацию поведения*) и содержит много вазопрессиновых рецепторов, которые очень важны для формирования материнской привязанности. Прослеживается и еще одна связь между центральным серым веществом и материнской любовью: этот участок мозга имеет отношение к подавлению чувства боли при сильных эмоциональных переживаниях, в том числе во время родов.

В одном исследовании испытуемым показывали фотографии незнакомых умственно неполноценных людей и просили либо просто расслабиться (контроль), либо расслабиться и попытаться почувствовать (внушить себе) любовь к этому человеку. Выяснилось, что подобные попытки приводят к возбуждению примерно тех же участков мозга, что и материнская любовь. В том числе возбуждалось и центральное серое вещество. Активизировались также и эмоциональные центры, в том

числе островок, хвостатое ядро и передняя поясная кора.

По мнению авторов, полученные результаты позволяют рассматривать любовь как "дофаминэргическую целеполагающую мотивацию к формированию парных связей" (dopaminergic goal-directed motivation for pair-bonding). Такое определение любви выглядит слегка необычно, зато оно подкреплено нейробиологическими данными. Не вызывает сомнений активное участие дофаминэргической системы награды, дофаминовых и окситоциновых рецепторов в формировании того психического состояния, которое мы называем любовью. Ясно также, что любовь — это не только чувство, переживание. Это еще и мотивация к активным действиям, направленным на формирование связи (эмоциональной или сексуальной) с объектом любви.

Авторы подчеркивают, что любовь — нечто большее, чем базовая эмоция. Она неразрывно связана с определенными высшими когнитивными функциями. В частности, романтическая любовь включает в себя активность отделов коры, отвечающих за социальное познание (работу с информацией о других людях) и восприятие (образ) самого себя. Активизация этих отделов становится особенно заметна, когда стимулы, связанные с объектом страсти, не доходят до сознания. Авторы усматривают в этом косвенное подтверждение теории, согласно которой любовь основана на желании расширить внутренний образ себя путем включения другого человека в этот образ (Axon, Aron, 1996).

Подобные исследования представляют не только академический интерес. Авторы убеждены, что данные о связи любви с работой определенных участков мозга помогут медикам и психологам лучше диагностировать и корректировать всевозможные семейные проблемы.

Предлагаю начинающим предпринимателям отличную идею. Покупается томограф для ФМРТ и открывается бизнес: "Мы поможем вам понять, кого вы на самом деле любите". Только подумайте, сколько юных сомневающихся душ обретут уверенность в себе и своих чувствах, когда узнают, при чьем имени у них на самом деле возбуждаются и островок, и скорлупа, и передняя поясная кора, и даже хвостатое ядро.

Материнство способствует росту мозга

Опыты на животных показали, что изменения в системе эмоциональной мотивации поведения (например, формирование привязанности к брачному партнеру или детенышу) могут сопровождаться серьезными структурными перестройками мозга. При этом дело может не ограничиться изменением количества определенных рецепторов на мембране нейронов или появлением новых дендритных шипиков. Изменения могут быть и вполне макроскопическими: например, в определенных отделах мозга, связанных с эмоциональной регуляцией поведения, тела нейронов могут разрастаться, что приводит к росту объема серого вещества.

В ходе эволюции гоминид голова детенышей увеличивалась, рожать их становилось все труднее, и смертность при родах росла. В качестве "компенсирующей меры" отбор поддерживал рождение все более недоразвитых, маленьких и беззащитных младенцев. В результате период детства становился длиннее, а от матери требовалось все больше любви, беззаветной преданности и самоотверженности, чтобы вытерпеть многолетнее "паразитирование" беспомощного отпрыска. Проверяемое следствие из этих теоретических рассуждений состоит в том, что у *Homo sapiens* материнство может приводить к хорошо заметным изменениям в мозге.

Недавно было показано при помощи ФМРТ, что области мозга, которые у крыс отвечают за материнское поведение, у женщин, недавно ставших матерями, тоже активируются в ответ на стимулы, связанные с "малышовой" тематикой. У крысиных матерей общение с детенышами вскоре после родов приводит к структурным изменениям в некоторых из этих областей, а именно в медиальных преоптических областях ростральной части гипоталамуса (МПО), базолатеральной части миндалина, теменной и префронтальной коре. Естественно было предположить, что и у женщин происходят изменения в этих отделах мозга. Так ли это на самом деле, решили выяснить ученые из нескольких американских университетов (*Kim et al., 2010*).

Изучались структурные изменения в мозге матерей в период от 2–4 недель до 3–4 месяцев после родов. В исследовании приняли участие 19 матерей (средний возраст — 33,3 года), недавно родивших здоровых доношенных младенцев. Все участницы были белые, праворукие,

замужние или имеющие постоянного сожителя, и все кормили своих детей грудью. Всех матерей протестировали на эмоциональное отношение к своему ребенку: нужно было выбрать любое количество из 12 положительных слов, относящихся к ребенку ("прекрасный", "идеальный", "необыкновенный"...), и 32 аналогичных слова, относящихся к материнству ("довольна", "счастлива", "горда" и т. п.).

Каждой участнице просканировали мозг при помощи ФМРТ дважды: первый раз спустя 2–4 недели после родов, второй — через 3–4 месяца. Полученные трехмерные изображения затем обрабатывались специальными программами, позволяющими измерить объем серого вещества в тех или иных отделах мозга.

В промежутке между первым и вторым сканированием у женщин достоверно увеличился объем серого вещества во многих областях префронтальной и теменной коры, в таламусе, гипоталамусе, миндалине, черном веществе и других отделах, связанных с эмоциональной регуляцией поведения. Уменьшение объема серого вещества ни в одном из отделов мозга не было замечено.

Оказалось, что количество восторженных эпитетов, которыми мать наградила своего малыша во время тестирования через 2–4 недели после родов, является хорошим предиктором (***предиктор — величина, по которой можно что-то предсказать. "Хороший" предиктор позволяет делать более точные предсказания, чем "плохой"***) роста гипоталамуса, миндалины и черного вещества в последующие 2–3 месяца: кто выбрал больше эпитетов, у того и прибавилось больше серого вещества в этих отделах ("прибавилось серого вещества в черном веществе" — звучит отвратительно, но что поделаешь: "черное вещество" — официальное название одного из отделов мозга, являющегося важнейшей составной частью дофаминэргической системы награды). Степень восторженности по отношению к материнству, однако, не коррелирует с ростом серого вещества.

Из опытов на животных известно, что те отделы, которые выросли у исследованных женщин, играют ключевую роль в эмоциональной регуляции и мотивации материнского поведения. Например, повреждение МПО отрицательно сказывается на заботливости крыс-матерей и повышает вероятность детоубийства; у крыс имеется положительная корреляция между плотностью МПО и продолжительностью контактов с детенышами. Материнство также вызывает у крыс рост черного вещества. По-видимому, именно от этого отдела зависит количество удовольствия, получаемого матерью от

контакта с малышом.

Кроме того, ранее было показано, что те участки среднего и промежуточного мозга, которые выросли у исследованных женщин, сильнее возбуждаются в ответ на "малышовые" стимулы у тех матерей, которые выражают больше восторга по поводу своих детей в психологических тестах. Не исключено, что эти восторги способствуют разрастанию серого вещества в соответствующих участках.

Некоторые эксперименты, проведенные на животных, показывают, что структурные изменения, происходящие в мозге матерей, не только стимулируют материнское поведение, но и повышают общую сообразительность. Например, бездетные самки грызунов в среднем хуже справляются с некоторыми задачами, такими как прохождение лабиринтов, по сравнению с самками того же возраста, имеющими детенышей. Справедливо ли это также и для женщин, покажут будущие исследования (конечно, если подобные тесты не будут сочтены неэтичными).

"Твоя победа – моя беда, твоя беда – моя победа"

Этот заголовок – почти дословный перевод названия статьи в журнале Science ("When Your Gain Is My Pain and Your Pain Is My Gain"), где группа японских ученых опубликовала исследование нейрофизиологической базы зависти и злорадства (*Takahashi et al., 2009*). Не секрет, что эти эмоции столь же свойственны человеческой природе, сколь и осуждаются обществом. Недаром зависть числится среди семи смертных грехов. Но, видно, даже таким сильным и настойчивым общественным порицанием эти чувства не уничтожить. Никто, положа руку на сердце, не может утверждать, что никогда не завидовал и не испытывал радости – хотя бы мгновенной – при провале соперника.

Возникновение зависти или злорадства зависит от сравнительной оценки индивидом собственного положения в обществе. Если сравнение показывает, что индивид проигрывает по тем или иным критериям объекту внимания, то рождается зависть. Если же объект вдруг оказывается так или иначе несостоятелен, то индивид испытывает радость. То есть эти чувства отражают социальную самооценку индивида и являются социально значимыми.

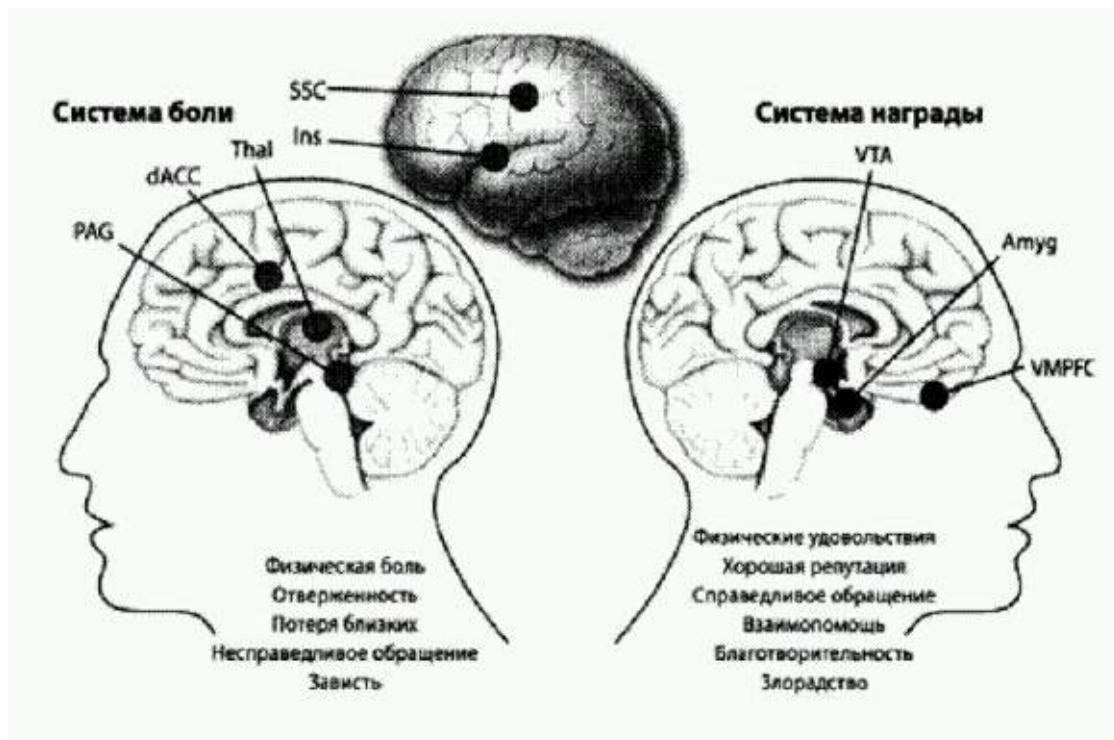
С помощью фМРТ ученые изучили работу мозга при переживании этих социально значимых эмоций. В эксперименте участвовало 19 студентов – десять юношей и девять девушек. Каждому из участников предлагалось ознакомиться с коротким сюжетом и представить себя на месте главного героя. В части сюжетов описывалась университетская жизнь, в других – жизнь после окончания университета. Во всех сюжетах, кроме главного героя, участвовали еще три персонажа: первый – способный и успешный в социально значимых областях, второй – способный, но успешный в незначимых областях, третий – скромных способностей и успешный в незначимых областях. Сюжеты предполагали

переживание главного героя по поводу удач и неудач всех трех персонажей. Иными словами, оценивалась степень зависти и злорадства участников в зависимости от разных параметров социального соперничества, а также фиксировались области мозга, задействованные в формировании этих эмоций.

Результат оказался замечательным: зависть и злорадство – "социальные" эмоции – генерируются теми же областями мозга, что и импульсы соматосенсорного порядка – боль, голод, сексуальное влечение. Так же как и боль, зависть, а вместе с ней и другие социальные неудачи (общественное порицание, несправедливое обращение), оформляется в дорсальной части передней поясной коры. В формировании реакции на болезненные стимулы также участвуют клетки островка, соматосенсорной коры, таламуса и центрального серого вещества.

Злорадство вместе с ощущениями физического удовольствия и социальных успехов контролируется системой награды. Здесь задействованы дофаминэргические области мозга – вентральная область покрышки среднего мозга, миндалина, вентромедиальная часть префронтальной коры.

Помимо прорисовки мозгового "ландшафта" этих эмоций ученые показали, что зависть и злорадство не возникают или оказываются существенно слабее, если сравнение идет в социально не значимых для индивида областях. Выяснилось также, что чем сильнее зависть главного героя к тому или иному персонажу, тем интенсивнее регистрируемая радость при неудачах соперника. Тут уместно вспомнить аналогию: чем сильнее голод, тем вкуснее кажется долгожданная еда. Зависть и злорадство кажутся такими же антагонистами, как голод и насыщение, жажда и утоление жажды. По-видимому, аналогия не такая уж и поверхностная, как может показаться. Особенно если иметь в виду сходство в топографии обработки этих физиологических и социальных сигналов.



Системы мозга, связанные с обработкой болевых сигналов (система боли), включая и социальную боль, и с получением положительного подкрепления (система награды). В обработке болевых сигналов участвуют дорсальная зона передней поясной коры (dACC – dorsal anterior cingulate cortex), островок (Ins – insula), соматосенсорная кора (SSC – somatosensory cortex), таламус (Thal – thalamus), центральное серое вещество (PAG – periaqueductal gray). Система положительного подкрепления, или получения награды, включает вентральную область покрышки среднего мозга (VTA – ventral tegmental area), вентромедиальную префронтальную кору (VMPFC – ventromedial prefrontal cortex) и миндалину (Amyg – amygdala). По рисунку из Takahashi et al., 2009.

Человеку свойственно оценивать себя положительно, и все, что принижает эту оценку, вызывает у него психологический дискомфорт. Зависть – результат именно такого дискомфорта: на фоне чужих успехов свой собственный социальный статус может показаться приниженным. Такой же дискомфорт вызывают голод, жажда или нехватка других жизненно необходимых вещей. Лимбическая система реагирует на все это производством отрицательных эмоций. Они побуждают (мотивируют) человека к поиску способа избавиться от дискомфорта. При восполнении нехватки появляется чувство удовольствия, которое организуется дофаминэргической системой награды. Это второй аспект эмоциональной мотивации поведения. Лимбическая система манипулирует нами методом кнута и пряника. Удовольствия могут быть разного толка, в том числе и непрошеное злорадство. Это чувство сигнализирует о разрешении психологического

конфликта, то есть о восполнении дефицита самооценки. Оно достигается благодаря снижению социальной оценки соперника. Уменьшить диспропорцию можно и другими способами: снизить значимость областей сравнения (например, поменять профессию или круг общения) или постараться реально поднять свой статус, например путем усиленного обучения. Так или иначе, поведение, вызванное психологическим дискомфортом, направлено к его сглаживанию.

Таков, по мнению авторов, смысл этих социально значимых эмоций – зависти и злорадства. По-видимому, они появились и эволюционировали как один из элементов системы эмоциональной регуляции социального поведения, мотивирующей человека к поддержанию и повышению собственного статуса в обществе. Человек эволюционировал как общественное существо. Поэтому эти эмоции вполне органично входят в систему управления потребностями первоочередной важности – такими как удовлетворение голода, жажды, сексуального желания и снятие боли. К сожалению, эти эмоции "эгоистичны", они могут подталкивать людей к асоциальному поведению. Но у нас есть и другие, более симпатичные и общественно-полезные эмоции, о которых речь пойдет ниже.

В поисках "органа нравственности"

Эрик Кандель в юности увлекался психоанализом и стал нейробиологом в надежде выяснить, в каких отделах мозга локализуются фрейдовские эго, суперэго и ид (что ему, впрочем, не удалось). Полвека назад подобные мечтания казались наивными, однако сегодня нейробиологи вплотную подошли к выявлению биологических основ самых сложных аспектов человеческой психики.

Недавно американские психологи и нейробиологи сообщили о важном успехе в деле изучения материальной природы морали и нравственности, то есть того аспекта психики, который Зигмунд Фрейд называл суперэго ("сверх-я") (Koenigs et al., 2007). Фрейд считал, что суперэго функционирует в значительной мере бессознательно, и, как выясняется, был совершенно прав.

Традиционно считалось, что мораль и нравственность проистекают из здравого осознания принятых в обществе норм поведения, из выученных в детстве понятий о добре и зле. Однако в последние годы получен ряд фактов, свидетельствующих о том, что моральные оценки имеют не только рациональную, но и эмоциональную природу. Например, различные нарушения в эмоциональной сфере часто сопровождаются изменениями представлений о морали. При решении задач, связанных с моральными оценками, возбуждаются отделы мозга, отвечающие за эмоции. Наконец, поведенческие эксперименты показывают, что отношение людей к различным моральным дилеммам сильно зависит от эмоционального состояния. Впрочем, до самого последнего времени никому не удавалось экспериментально показать, что какая-то область мозга, специализирующаяся на эмоциях, действительно необходима для формирования "нормальных" суждений о морали.

Авторы исследовали шестерых пациентов, которые в зрелом возрасте получили двусторонние повреждения вентромедиальной префронтальной коры (ВМПК). Этот отдел мозга осуществляет эмоциональную оценку поступающей в мозг сенсорной информации, особенно той, что имеет "социальную" окраску. ВМПК также регулирует некоторые эмоциональные реакции организма (например, учащение пульса при виде фотографии, изображающей чьи-то страдания). По-видимому, ВМПК также задействована в формировании мысленной

модели себя (самосознании).

Пациенты были тщательно обследованы квалифицированными психологами и невропатологами, причем обследование проводилось "вслепую": врачи не знали, какие научные идеи будут проверяться на основе их заключений. Оказалось, что у всех шестерых сохранены нормальный уровень интеллекта (IQ от 80 до 143), память и эмоциональный фон (то есть не выявлено каких-либо патологических колебаний настроения). Однако у них оказалась резко понижена способность к сочувствию. Например, они почти не реагировали (на физиологическом уровне) на эмоционально "нагруженные" картинки, изображающие различные катастрофы или покалеченных людей. Более того, все шесть пациентов, как выяснилось, практически не способны чувствовать смущение, стыд и чувство вины. При этом на сознательном уровне они отлично понимают, что хорошо, а что плохо, то есть принятые общественные и моральные нормы поведения им хорошо известны.

Затем испытуемым предлагали вынести свое суждение по поводу различных воображаемых ситуаций. Ситуаций было всего 50, и они делились на три группы: внеморальные, моральные безличные и моральные личные.

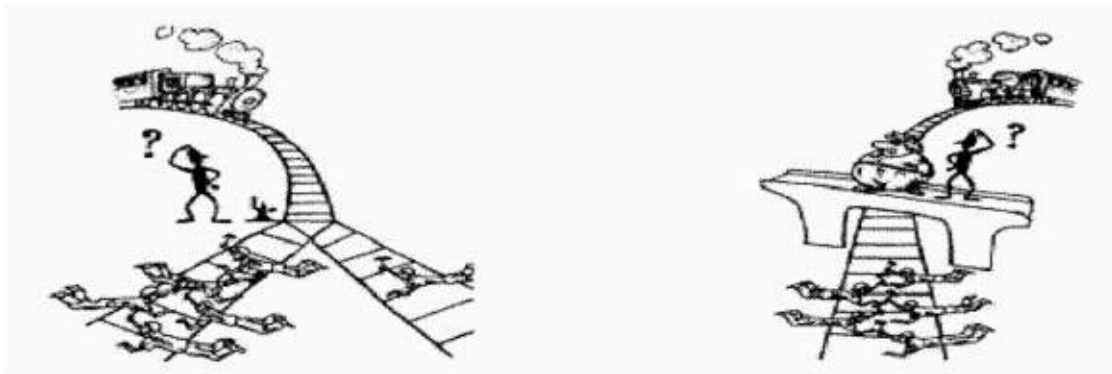
Ситуации из первой группы не требуют разрешения каких-либо конфликтов между разумом и эмоциями. Вот пример такой ситуации: "Вы купили в магазине несколько горшков с цветами, но в багажник вашей машины они все не помещаются. Совершите ли вы два рейса, чтобы не испачкать дорогую обивку заднего сиденья?"

Ситуации из второй группы затрагивают мораль и эмоции, но не вызывают сильного внутреннего конфликта между утилитарными соображениями (как добиться максимального совокупного блага) и эмоциональными ограничениями или запретами. Пример: "Вы дежурите в больнице. Из-за аварии в вентиляционную систему попал ядовитый газ. Если вы ничего не предпримете, газ попадет в палату с тремя пациентами и убьет их. Единственный способ их спасти — это повернуть особый рычаг, который направит ядовитый газ в палату, где лежит только один пациент. Он погибнет, зато те трое будут спасены. Повернете ли вы рычаг?"

Ситуации третьей группы требовали разрешения острого конфликта между утилитарными соображениями о наибольшем общем благе и необходимостью совершить своими руками поступок, против которого восстают эмоции. Например, предлагалось собственноручно

прикончить какого-нибудь незнакомого человека, чтобы спасти пятерых других незнакомцев. В отличие от предыдущего случая, где смерть приносимого в жертву вызывалась "безличным" поворачиванием рычага, здесь нужно было своими руками толкнуть человека под колеса приближающегося поезда или задушить ребенка. Кроме того, в предыдущем случае обреченный человек был лишь несчастной жертвой обстоятельств. Ему просто не повезло, что он оказался в той палате. В ситуациях третьей группы приносимого в жертву человека нужно было использовать как средство для спасения других.

Ответы шести пациентов с двусторонним повреждением ВМПК сравнивались с ответами двух контрольных групп: здоровых людей и пациентов с сопоставимыми по размеру повреждениями других участков мозга.



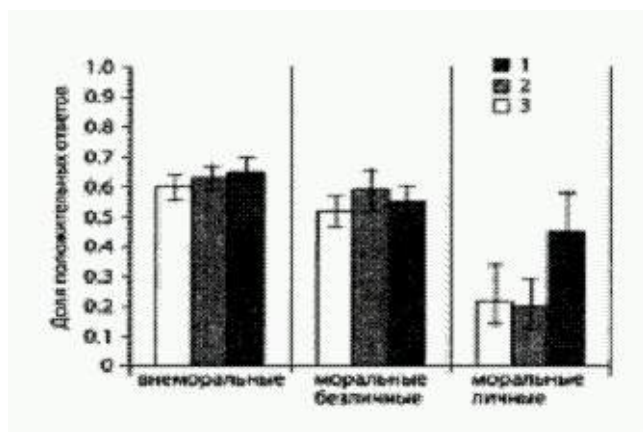
Два примера моральной дилеммы. По рельсам мчится сорвавшийся с тормозов поезд. 1) Перевести ли стрелку, чтобы спасти пятерых, пожертвовав одним? (Если вы не переведете стрелку, поезд поедет по левому пути и задавит пятерых.) 2) Столкнуть ли человека на рельсы, чтобы спасти пятерых? (Предполагается, что сорвавшийся с тормозов поезд врежется в толстяка, остановится и не задавит пятерых лежащих на рельсах.)

Суждения по поводу неморальных и моральных безличных ситуаций во всех трех группах испытуемых полностью совпали. Что же касается третьей категории ситуаций — моральных личных, — то здесь выявились контрастные различия. Люди с двусторонним повреждением ВМПК не видели разницы между "заочным" убийством при помощи какого-нибудь рычага и собственноручным. Они дали почти одинаковое количество положительных ответов в ситуациях второй и третьей категорий. Здоровые люди и те, у кого были повреждены другие участки

мозга, соглашались ради общего блага убить кого-то своими руками в три раза реже, чем "заочно".

Таким образом, люди с поврежденной ВМПК при вынесении моральных суждений руководствуются только рассудком, то есть утилитарными соображениями о наибольшем совокупном благе. Эмоциональные механизмы, руководящие нашим поведением порой вопреки сухим рассудочным доводам, у этих людей не функционируют. Они (по крайней мере в воображаемых ситуациях) легко могут задушить кого-нибудь своими руками, если известно, что это действие в конечном счете даст больший выход "суммарного добра", чем бездействие.

Полученные результаты говорят о том, что в норме моральные суждения формируются под влиянием не только сознательных умозаключений, но и эмоций. По-видимому, ВМПК необходима для "нормального" (характерного для здоровых людей) разрешения моральных дилемм, но только в том случае, если дилемма включает конфликт между рассудком и эмоциями. Фрейд полагал, что суперэго локализуется частично в сознательной, частично — в бессознательной части психики. Несколько упрощая, можно сказать, что вентромедиальная префронтальная кора и генерируемые ею эмоции необходимы для функционирования бессознательного фрагмента суперэго, тогда как сознательный морально-нравственный контроль успешно осуществляется и без участия этого отдела коры.



В ситуациях, требующих разрешения острого конфликта между разумом и эмоциями (моральные личные ситуации), люди с двусторонним повреждением ВМПК (1) давали положительные ответы намного чаще, чем здоровые (3) и чем те, у кого повреждены другие отделы мозга (2). По рисунку из Koenigs et al., 2007

Авторы отмечают, что сделанные ими выводы не следует распространять на все эмоции вообще, а только на те, которые связаны с сочувствием, сопереживанием или чувством личной вины. Некоторые другие эмоциональные реакции у пациентов с повреждениями ВМПК, напротив, выражены сильнее, чем у здоровых людей. Например, у них понижена способность сдерживать гнев, они легко впадают в ярость, что тоже может отражаться на принятии решений, затрагивающих нравственность и мораль.

Политические взгляды зависят от степени пугливости

Мысль о том, что даже самые наши возвышенные душевные проявления могут зависеть от таких "низменных" вещей, как эмоциональный фон и физиологическое состояние организма, одним кажется абсолютно очевидной, другим — нелепой, возмутительной и безнравственной. Причем, что характерно, первые часто отказываются верить в существование вторых и наоборот. Поэтому автор, решившийся затронуть эту тему, должен смириться с неизбежностью обвинений с обеих сторон. Одни будут говорить, что незачем доказывать очевидное, другие — яростно опровергать. Что ж, я смиряюсь. Замечу лишь вскользь, что для науки не имеет значения, кажется что-то кому-то очевидным или нет. Все равно нужны строгие доказательства, каким тривиальным ни казалось бы утверждение обыденному сознанию (см. раздел "Не смейтесь над учеными" в главе "Происхождение человека и половой отбор", кн. 1).

Исследования последних лет показали, что политические пристрастия людей определяются не только рассудочными умозаключениями. Эти пристрастия, по-видимому, уходят корнями в более глубокие слои психики и даже в физиологические свойства организма. Было показано, например, что страх заболеть коррелирует с негативным отношением к иностранцам (*Faulkner et al., 2004*), а приверженность "своей" социальной группе (например, патриотизм) — с развитостью чувства отвращения (*Navarrete, Fessler., 2006*). Выяснилось также, что у консерваторов (**здесь и далее эти термины используются в том смысле, в каком их принято употреблять в США. Для американцев "консерватор" — это противник абортов, гей-парадов, исследований стволовых клеток, генно-модифицированных продуктов, иммигрантов и теории Дарвина, сторонник войны в Ираке и Афганистане и роста расходов на вооружение**) по сравнению с либералами в среднем больше размер миндалевидных тел. Эти подкорковые участки мозга играют важную роль в эмоциональной регуляции поведения и связаны, в частности, с чувством страха. Зато передняя поясная кора у консерваторов развита слабее, чем у либералов. Этот участок коры выполняет много разных функций. В том числе он связан с любовными переживаниями, сексуальным возбуждением и

сознательным восприятием боли (как своей, так и чужой).

Недавно американские психологи исследовали зависимость политических пристрастий от степени выраженности физиологических реакций на испуг (Oxley *et al.*, 2008). Эти реакции имеют адаптивный характер, поэтому их легко интерпретировать с позиций эволюционной психологии.

Для участия в эксперименте были отобраны 46 добровольцев — жители г. Линкольн (штат Небраска), имеющие четкие политические убеждения. В ходе тестирования участники должны были выразить свою позицию по 18 вопросам, так или иначе связанным с общественной безопасностью и целостностью "своей" социальной группы. В роли "своей" группы в данном случае выступали Соединенные Штаты Америки. Участники должны были указать, являются ли они сторонниками роста расходов на вооружение, смертной казни, патриотизма, школьных молитв, истинности Библии; войны в Ираке, запрета аборт и порнографии (положительные ответы на эти вопросы интерпретировались как поддержка "защитных мер"), а также одобряют ли они пацифизм, иммиграцию, запрет на ношение оружия, помощь другим странам, политические компромиссы, добрачный секс, гомосексуальные браки (для этих вопросов индикатором поддержки "защитных мер" являются отрицательные ответы). Авторы не утверждают, что запрет гомосексуальных браков или абортов действительно способствует общественной безопасности, но они обоснованно полагают, что те из современных американцев, кто сильно озабочен проблемами общественной безопасности, склонны поддерживать подобные меры.

По интегральной величине поддержки "защитных мер" все участники были разделены на две группы (назовем их условно "сторонниками" и "противниками" защитных мер). Авторы не пользуются привычными терминами "консерваторы" и "либералы", поскольку они учитывали не все, а только часть характерных признаков консерватизма/либерализма (например, не учитывалось отношение испытуемых к большинству актуальных экономических проблем).

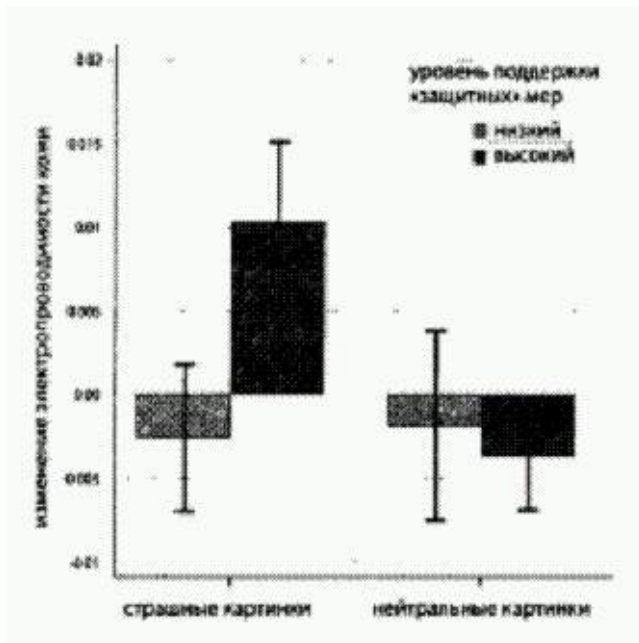
Каждому испытуемому затем показывали на экране одну за другой 33 картинки, из которых 30 были нейтральными, а три — страшными (огромный паук, сидящий на чьем-то перекошенном от ужаса лице; человек с окровавленным лицом; открытая рана с копошащимися личинками мух). При этом специальные приборы следили за изменениями электропроводности кожи и за тем, моргнет ли

человек от испуга, и если моргнет, то с какой силой. То и другое — типичные физиологические реакции на испуг. Во второй серии экспериментов в качестве пугающего стимула использовался неожиданный громкий звук.

У людей, озабоченных общественной безопасностью, физиологическая реакция на оба вида пугающих стимулов оказалась более сильной. Например, при виде страшных картинок у них возрастала электропроводность кожи, тогда как у лиц с противоположными политическими взглядами этого не наблюдалось (см. рисунок).

Этот результат остался статистически значимым и после того, как были учтены дополнительные факторы, способные повлиять на политические взгляды: пол, возраст, доход и уровень образования испытуемых (расовую и этническую принадлежность учитывать не пришлось, поскольку все добровольцы были белыми американцами неиспанского происхождения).

Обнаруженную корреляцию между реакцией на испуг и политическими убеждениями можно объяснить по-разному. Авторы считают маловероятными причинно-следственные связи (выраженность физиологической реакции на испуг как причина выбора определенных политических убеждений или, наоборот, политические убеждения как причина большей или меньшей выраженности этой реакции). Скорее, то и другое — следствия общей причины. Авторы полагают, что воспитание вряд ли может быть этой причиной. Ведь для того, чтобы изменить физиологическую реакцию ребенка на пугающие стимулы, воспитательные меры должны быть весьма суровыми, а это в современной Америке маловероятно. Скорее дело тут в наследственных, генетически обусловленных вариациях в активности некоторых участков мозга, в особенности миндалины, которую иногда называют "центром страха".



У людей, озабоченных общественной безопасностью, наблюдается сильная физиологическая реакция (рост электропроводности кожи) на пугающие стимулы. По рисунку из Oxley et al., 2008.

Ранее было показано (Martin et al., 1986) у что склонность к тем или иным политическим взглядам больше зависит от наследственности, чем от воспитания (мы вернемся к этой теме в главе "Генетика души"). Известно, что вариации в активности миндалины также имеют во многом наследственную (генетическую) природу. У консерваторов миндалина в среднем крупнее, чем у либералов (см. выше). Так что картина складывается вполне определенная.

Если наши политические взгляды действительно обусловлены физиологией и наследственностью, то становится понятно, почему люди так упорно держатся за свои убеждения и почему так нелегко добиться политического согласия и единодушия в обществе. И я не удивлюсь, если скоро за прогнозами результатов выборов станут обращаться не к социологам, а к специалистам по популяционной генетике.

Что могут палеолитические орудия рассказать о мышлении наших предков?

Возможно, некоторым читателям показалось, что исследования, о которых шла речь в этой главе, имеют не так уж много отношения к изучению антропогенеза. Пожалуй, скажут такие привередливые и просвещенные читатели, эти примеры подтверждают справедливость тезиса "мозг — орган души" и показывают материальную природу различных душевных проявлений. Но мы в этом особо и не сомневались. Могут ли все эти новомодные нейробиологические методы хоть как-то помочь в решении конкретных вопросов, связанных с эволюцией человека?

Да, представьте себе, могут, хотя такие исследования пока еще только начинаются. Но уже сегодня можно при помощи нейробиологических методов получить кое-какие сведения о работе мозга наших вымерших предков.

Как мы помним, большая часть истории рода человеческого приходится на нижний палеолит, или ранний древнекаменный век. Он начался около 2,6 млн лет назад с появлением первых каменных орудий олдувайского типа и длился более 2 млн лет. Около 1,7 млн лет назад в Африке появились более совершенные нижнепалеолитические орудия — ашельские. В отличие от олдувайских орудий ашельским целенаправленно придавали определенную форму.

За два с лишним миллиона лет нижнего палеолита объем мозга наших предков увеличился примерно вдвое: от первых хабилисов или даже поздних австралопитеков с объемом мозга порядка 500–700 см³ до поздних *H. erectus* или *H. heidelbergensis* с мозгом 1100–1200 см³ и более. Мозг, конечно, рос не просто так: люди должны были при этом становиться умнее. Однако до сих пор имеется очень мало фактов, позволяющих сказать что-то определенное о мышлении нижнепалеолитических людей. Возможно, каменные орудия потенциально могли бы стать ценнейшим источником такой информации, но как ее извлечь? О каких изменениях мышления свидетельствует постепенное совершенствование технологий обработки камня?

Многие авторы предполагали, что переход от олдувая к ашелю был

важнейшим переломным рубежом в эволюции рода *Homo*. Может быть, этот переход был связан с развитием абстрактного мышления, без которого было бы трудно придавать объектам произвольную, заранее запланированную форму. Некоторые эксперты даже пытались связать становление ашельских технологий с развитием речи. Но все это лишь спекуляции, весьма уязвимые для критики. Можно ли добыть какие-то более конкретные факты для проверки подобных идей?

В последние годы археологи и антропологи всерьез приступили к поиску таких фактов. Кое-кто из них в совершенстве овладел нижнепалеолитическими приемами обработки камня. Эти умельцы используют себя в качестве живых моделей для изучения тонких деталей работы рук и мозга доисторических мастеров.

Дитрих Стаут из Университета Эмори в Атланте (США) — один из главных энтузиастов этого нового направления исследований. Вместе с коллегами он изучает мозговую активность людей в процессе изготовления олдувайских и ашельских орудий при помощи позитронно-эмиссионной томографии (*Stout, Chaminade, 2007; Stout et al., 2008*). В ходе этих исследований выяснилось, что при изготовлении олдувайских орудий повышенная активность наблюдается в ряде участков коры, в том числе в левой вентральной премоторной коре. Этот участок мозга, расположенный по соседству с зоной Брока (моторным центром речи), задействован одновременно и в координации движений кисти, и в произнесении членораздельных звуков. По мнению Стаута и его коллег, это позволяет предположить, что начало интенсивной орудийной деятельности около 2,6 млн лет назад могло внести вклад в эволюцию нейрологической базы для последующего развития членораздельной речи.

При изготовлении ашельских орудий дополнительно возбуждаются некоторые участки правого полушария: надкраевая извилина нижней теменной доли, правая вентральная премоторная кора, а также поле Бродмана 45 — участок, отвечающий за обработку лингвистических контекстов и интонаций. Симметричный участок слева (поле № 45 левого полушария) — это передняя часть зоны Брока (см. цветную вклейку).

Возбуждение участков правого полушария, наблюдаемое при изготовлении ашельских, но не олдувайских орудий, можно интерпретировать двояко. Либо они возбуждаются просто потому, что требуется более четкий контроль движений левой кисти (правое полушарие, как известно, контролирует левую руку, а левое полушарие

— правую), либо их активность свидетельствует о вкладе правого полушария в сознательный контроль сложных действий. В последнем случае речь идет не просто о координации движений, а о более высоких когнитивных функциях, которые становятся востребованы при ашельской технологии, но не нужны при олдувайской.

При изготовлении нижнепалеолитических орудий недоминантная (у правшей — левая) рука удерживает нуклеус и придает ему правильную ориентацию, тогда как правая рука наносит другим камнем более или менее однообразные удары. Совместно с коллегами из Великобритании и Швеции Стаут решил выяснить, в чем состоят различия в движениях левой кисти при изготовлении олдувайских и ашельских орудий и как эти различия соотносятся с выявленными ранее особенностями мозговой активности. Результаты этого нового исследования были опубликованы в конце 2010 года (*Faisal et al., 2010*).

Для решения поставленной задачи авторы воспользовались киберперчаткой с 18 датчиками, регистрирующими все движения кисти. В качестве подопытного "палеолитического мастера" выступал один из авторов статьи, Брюс Брэдли из Университета Эксетера (Великобритания), один из лучших экспертов в области экспериментальной археологии.

Авторы применили ряд замысловатых методов математической обработки данных, полученных при помощи киберперчатки, чтобы ответить на ключевой вопрос: различаются ли олдувайская и ашельская технологии по степени сложности координированных движений левой кисти? Ни один из примененных методов не выявил существенных различий. Это позволило авторам заключить, что при переходе от олдувая к ашелю задачи, стоящие перед левой рукой, не усложнились, а значит, не требовалось и привлекать новые области правого полушария к контролю над ее движениями. Следовательно, повышенная активность правого полушария, наблюдаемая при изготовлении ашельских орудий, связана не с управлением движениями левой руки, а с какими-то иными ментальными функциями, которые не были задействованы при производстве олдувайских орудий.

Для сравнения авторы исследовали теми же методами движения левой кисти при выполнении нескольких более легких задач, таких как переключивание небольших предметов с места на место. Эти движения оказались более простыми, чем при удерживании каменного нуклеуса во время изготовления орудий, что соответствовало интуитивным ожиданиям и косвенным образом подтвердило адекватность

применяемых методик.

С чем может быть связана повышенная активность правого полушария при изготовлении ашельских орудий, если, как теперь стало ясно, это не имеет отношения к управлению левой кистью? Согласно одной из популярных среди психологов точек зрения, "разделение труда" между левым и правым полушариями восходит к разделению труда между руками в повседневной деятельности. Доминантная (у правшей — правая) рука, как правило, совершает больше быстрых, резких движений, тогда как недоминантная (левая) чаще используется для удерживания предметов в нужном положении и в целом — для более медленных и "значительных" движений. В этом легко убедиться, вспомнив, как мы забиваем гвоздь, режем хлеб или зажигаем спичку. В соответствии с этим левое полушарие у людей (точнее, правшей — у левшей обычно все наоборот) специализируется на быстрых и точных мыслительных процессах, правое — на более медленных, расплывчатых и "глобальных" (*по-видимому, правое полушарие стремится создать целостный образ, максимально близкий к реальности, а левое — схематичный, бедный деталями, зато простой и удобный для мысленного оперирования*). Например, левые поля Бродмана № 44 и № 45, образующие зону Брока, отвечают за произнесение членораздельных звуков, то есть занимаются болтовней, а те же поля в правом полушарии следят за более "глобальными" вещами, такими как интонации и контексты.

Изготовление ашельских орудий, очевидно, требовало более сложного мышления, планирования и координации длинных последовательностей целенаправленных действий. Может быть, активация некоторых участков правого полушария при изготовлении ашельских орудий намекает нам на то, что переход от олдувая к ашелю был связан с развитием соответствующих интеллектуальных способностей "глобального плана", в том числе способностей к более сложной речи. В некотором смысле лингвистические задачи, выполняемые правым полушарием, схожи с задачами, стоящими перед ашельским мастером. В обоих случаях приходится работать с иерархически организованными идеями.

При изготовлении ашельского рубила мастеру приходится время от времени останавливаться и подготавливать "площадку" для следующего удара, чтобы очередной отщеп откололся правильно. Подготовка состоит в отбивании или соскребаании мелких фрагментов камня. Наличие подобных "вложенных подпрограмм" характерно и для

процессов обработки лингвистической информации. Стаут и его коллеги склоняются к мысли, что либо развитие речи могло способствовать эволюции нейрологических субстратов для сложной орудийной деятельности, либо, наоборот, ашельские технологии способствовали развитию участков мозга, которые впоследствии пригодились для совершенствования речевой коммуникации, либо оба процесса шли параллельно, помогая друг другу.

Конечно, все эти рассуждения пока основаны на очень зыбком фундаменте. Однако новаторский подход авторов, их отчаянные, но при этом вполне серьезные попытки извлечь хоть какую-то информацию о мышлении наших предков из того немногого, что те после себя оставили, заслуживают всяческого одобрения и поддержки.

Свободная воля

Свобода воли (free will) — понятие философское и при этом довольно мутное. Разные люди трактуют его по-разному. Прежде всего встает вопрос: свобода от чего? Если от принуждения со стороны других особей, то все еще ничего, с термином можно работать. В этом случае свобода воли оказывается тесно связана с положением индивида в структуре социума. В иерархическом обществе доминантные особи имеют наибольшую степень свободы, у подчиненных свобода резко ограничена. В эгалитарном обществе, следующем принципу "твоя свобода кончается там, где она начинает ущемлять права других", достигается максимальный средний уровень личной свободы. При таком понимании термин "свобода воли" сближается с установкой "что хочу, то и делаю" с неременной оговоркой о том, что человек (как и многие другие животные) далеко не всегда хочет преследовать только свои корыстные интересы. Он вполне может хотеть совершать добрые поступки, даже жертвовать собой ради ближних: его альтруистические мотивации могут оказаться сильнее эгоистических (см. главу "Эволюция альтруизма"). Рационально мыслящие биологи обычно предпочитают остановиться именно на таком, социально ориентированном, понимании свободы воли и не лезть в философские дебри.

Но мы попробуем все-таки немножко в них залезть и посмотрим, что из этого выйдет. Если речь идет о каком-то ином понимании свободы, например о свободе от всех внешних обстоятельств вообще, то сразу начинаются проблемы с логикой. Поведение, не зависящее от факторов среды? Как вы вообще себе это представляете? Ведь такое поведение будет не столько свободным, сколько идиотским — неадаптивным и губительным. Впрочем, в некоторых особых ситуациях (крайне неблагоприятных, безвыходных) упорное выполнение каких-то действий, с виду бессмысленных, может быть адаптивным: оно создает субъективное ощущение подконтрольности ситуации, повышает самооценку, помогает избежать впадения в губительную депрессию. По свидетельству узников фашистских концлагерей, шанс на выживание там был лишь у тех, кто пытался делать все, что не запрещено: например, чистить зубы, делать зарядку (Жуков, 2007).

Однако прогресс нейробиологии побуждает людей с философским складом ума волноваться вовсе не об этих аспектах свободы воли. Их

тревожат не внешние факторы, ограничивающие нашу свободу (будь то воля других людей или сила обстоятельств). То, что их на самом деле тревожит, я бы назвал проблемой свободы от самих себя. Им кажется, что нейробиологи, вскрывая генетические, биохимические и клеточные основы "душевной механики", подрывают привычное человеку восприятие себя как активного, сознательного деятеля, несущего моральную ответственность за свои поступки. Если мысли и поступки порождаются мозгом, а мозг — в конечном счете лишь очень сложная биологическая машина, то из этого вроде бы следует, что мы — не свободные деятели, а биороботы. Все наши поступки — не результаты свободного и осознанного выбора, а строго детерминированные реакции автомата, полностью определяемые его устройством и внешними стимулами. Следовательно, рассуждают эти мыслители, никакой моральной ответственности не существует. Ведь биоробот с детерминированным поведением не может быть ни в чем виноват. Он ведет себя так, а не иначе просто потому, что так устроен. Ну а если никто ни в чем не виноват, то никого нельзя ни осуждать, ни наказывать за подлости и преступления.

Нетрудно догадаться, к каким пагубным для общества последствиям привело бы воплощение в жизнь таких "практических выводов". На основе подобных рассуждений некоторые авторы (а также широкие слои общественности) склонны усматривать в нейробиологии угрозу нравственности и основам социума.

К счастью, не все философы разделяют эти взгляды. Литературы по этому вопросу много, и у меня, если честно, нет большой охоты глубоко вникать в абстрактные философские дебаты. Поэтому ограничусь одним примером. Американский философ Адина Роскис в своей статье, опубликованной в 2006 году в журнале *Trends in Cognitive Sciences*, приводит три комплексных аргумента против идеи о том, что нейробиология угрожает привычным интуитивным представлениям о свободе воли и моральной ответственности (*Roskies, 2006*).

ВО-ПЕРВЫХ, наше интуитивное чувство свободы сталкивается с серьезными логическими проблемами и без всякой нейробиологии. Люди, верящие в существование всемогущего и всеведущего божества, вынуждены создавать замысловатые и весьма шаткие логические конструкции, чтобы объяснить, каким образом человек может обладать свободой воли, если все, включая наши мысли и чувства, находится под контролем божества. Конечно, можно допустить (как это часто и делают), что божество в принципе способно нас контролировать, но

сознательно от этого воздерживается, предоставляя нам свободу выбора. Но и это не снимает проблему: ведь божество всеведуще, стало быть, оно знает наперед, как мы себя поведем, а значит, наше поведение все равно оказывается детерминированным, предопределенным.

Науке со времен Лапласа и Дарвина для объяснения мира уже не требуются гипотезы о сверхъестественном. Однако идея "свободы выбора" не становится от этого более логичной. Развитие Вселенной управляется природными законами, многие из которых нам уже в каком-то приближении известны, а другие, возможно, станут известны в будущем. В том, что касается детерминизма, ситуация мало меняется по сравнению с религиозной картиной мира, только в качестве причин всего происходящего мы теперь рассматриваем не волю божества, а законы природы.

Любая хоть сколько-нибудь осмысленная (адаптивная, работающая) картина мира основана на принципе причинности, а именно ему и противоречит возведенная в абсолют идея свободы воли. Без всякой нейробиологии понятно, что у наших решений и поступков есть причины. И в данном случае даже неважно, где они кроются: в физиологии головного мозга или в свойствах некой сверхъестественной сущности, управляющей нашим поведением. Если решение имеет причины, оно несвободно. Другие причины породили бы другое решение. Где же тут свобода?

Некоторые мыслители в попытках "спасти" свободу воли радостно ухватились за квантовую неопределенность. Действительно, современная физика утверждает, что на квантовом уровне не существует строгого детерминизма: некоторые процессы в микромире абсолютно случайны. Но случайность — ничуть не лучшее приближение к идеалу свободы, чем строгий детерминизм. Были мы биороботами с однозначно предопределенным поведением, стали биороботами со встроенным генератором случайных чисел. Даже если наше поведение определяется не только строгими последовательностями причин и следствий, но отчасти также и случаем, свободы нам это не прибавляет. А если вообразить, что встроенный генератор случайных чисел на самом деле управляется какой-то сверхъестественной сущностью, то опять получаем детерминизм — цепочку причин, убегающую вглубь этой сущности, что бы она собой ни представляла.

Так что дело не в нейробиологии: у идеи свободной воли хватает своих проблем и без вмешательства науки о мозге.

ВО-ВТОРЫХ, никакие успехи нейробиологии, уже достигнутые или

ожидаемые в обозримом будущем, не могут абсолютно строго доказать, что мы — биологические механизмы и ничего более.

Да, нейробиологи показали, что работа мозга подчиняется определенным законам. Ясно, что ее результаты (мысли, эмоции и поступки) в принципе можно предсказать, если знать предыдущее состояние мозга и характер входящих сигналов. Выяснилось также, что некоторые решения, которые нам кажутся осознанными, на самом деле принимаются (или по крайней мере подготавливаются) бессознательно. Мы лишь после осознаём, что решение принято, и рационализируем его "задним числом", искренне полагая, что весь процесс шел под сознательным контролем. В ряде экспериментов ученым по томограмме мозга удавалось предугадывать (хоть и далеко не со стопроцентной точностью) решения испытуемых за несколько секунд до того, как эти решения были осознаны самими испытуемыми. По-видимому, мозг вполне детерминистичен на макроуровне.

Однако на молекулярном и клеточном уровне многие процессы в мозге выглядят довольно стохастичными. Вопрос о том, является ли эта наблюдаемая стохастичность следствием фундаментальной недетерминированности мироздания, или же это просто результат чудовищной сложности изучаемой строго детерминистичной системы (необозримого количества разнообразных причин и следствий), — этот вопрос лежит за пределами компетенции биологов. В принципе, если кому-то очень хочется, можно декларировать существование какой-нибудь сверхъестественной "беспричинной первопричины" и жить спокойно, наслаждаясь выражением озадаченности на лицах собеседников.

В-ТРЕТЬИХ, даже если ученые когда-нибудь сумеют убедить широкие (и активно сопротивляющиеся) массы населения в том, что душа генерируется мозгом, это не приведет к отмене моральной ответственности и погружению общества в хаос. Наше мышление только притворяется логичным и беспристрастным. Под влиянием эмоций мы легко забываем о логике. Мы можем яростно и совершенно искренне отстаивать самые странные и противоречивые идеи, если нам это зачем-то нужно.

В данном случае нам действительно нужно (и хочется) любой ценой сохранить понятие моральной ответственности, потому что без него обществу, чтобы не погрузиться в хаос, придется систематически наказывать невиновных.

Наказывать нарушителей общественных норм необходимо хотя бы

для того, чтобы у них и у всех окружающих формировались правильные (выгодные обществу) мотивации. По идее наказание должно ставить своей целью перевоспитание, а не истязание провинившегося, хотя разделить эти два эффекта на практике трудно. Если речь идет о перевоспитании, то есть о выработке приемлемых для общества условных рефлексов и мотиваций, то такая деятельность является абсолютно нормальной, правильной и осмысленной даже в строго детерминистичной вселенной, где никто ни в чем не виноват, а просто "их мозг так устроен". Мы говорим нарушителю: извините, но нас не устраивает, что ваш мозг так устроен. Вы всех уже тут достали со своим мозгом. Поэтому мы постараемся сделать так, чтобы ваш мозг стал устроен иначе. Для этого у нас есть опытные педагоги — получите-ка три года принудительного воспитания по методике И. П. Павлова.

Наказание может быть и совсем мягким — например, оно может сводиться просто к отсутствию поощрения. Но некоторый элемент мучительства остается даже в этом случае. Поэтому, наказывая своих ближних, мы идем наперекор собственным просоциальным, альтруистическим мотивациям, которые у нас выработались в ходе эволюции (см. главу "Эволюция альтруизма"). Нам необходимо верить, что нарушитель действительно виновен, а не просто нуждается в коррекции структуры синаптических связей. Иначе нас будет мучить совесть и пострадает самооценка. Идея вины — полезное изобретение, и обойтись без него человечество пока не может.

Вину нужно спасать, и тут на помощь как раз и приходит нелогичность нашего мышления (о которой мы поговорим подробнее в главе "Жертвы эволюции"). Существует, например, направление мысли, называемое компатибилизмом (от *compatibility* — совместимость). Компатибилисты считают, что между детерминизмом и свободой воли (а значит, и моральной ответственностью) нет никакого противоречия. Мир может быть сколь угодно детерминистичным, но люди все равно свободны в своих поступках и должны за них отвечать. Кто-то из читателей наверняка спросит: как это? Честно скажу: не знаю. Встречу компатибилиста — попробую выяснить. Но фокус в том, что многие люди, по-видимому, сами того не подозревая, являются стихийными компатибилистами. Это было показано в психологических экспериментах. Людей просили представить себе две вселенные: одну детерминистическую, другую — нет. Все расписывалось в ярких красках. Затем испытуемым задавали вопросы с целью выяснить, как они будут оценивать моральную ответственность жителей этих вселенных.

Оказалось, что за такой грех, как неуплата налогов, люди возлагают моральную ответственность на нарушителей только в недетерминистичной вселенной. В мире, где все предопределено, неплательщиков оправдывают: что поделаешь, если "их мозг так устроен". С более опасными преступлениями, такими как убийство и изнасилование, ситуация оказалась иной. Испытуемые считали воображаемых убийц и насильников ответственными за свои преступления независимо от того, в какой вселенной они живут. Ну и что, что твой мозг так устроен, — все равно виноват!

Помимо врожденной склонности к доброте и просоциальному поведению у нас есть и эволюционно обусловленные психологические адаптации, направленные на выявление и наказание обманщиков, социальных паразитов и нарушителей общественных норм (подробнее об этих адаптациях мы поговорим в главе "Эволюция альтруизма"). Как и любое другое мотивированное поведение, эта деятельность регулируется эмоциями. Столкнувшись с вопиющим нарушением моральных норм, несправедливостью, жестокостью, мы испытываем гнев и возмущение независимо от того, являемся ли мы идеалистами или материалистами, детерминистами или индетерминистами.

По-видимому, повседневное функционирование общественных механизмов не должно сильно зависеть от господствующих в обществе теоретических представлений о детерминизме и "душевной механике".

Есть еще и такая точка зрения, что опасен не детерминизм, а редукционизм, о котором мы говорили выше. Может быть, люди начнут думать: "Раз никакой души нет, а есть только химия и клетки какие-то, то нам теперь все можно". Это неверные, опасные и глупые рассуждения. Воспрепятствовать им должны просветители и популяризаторы. Они должны неустанно втолковывать населению, что душа, конечно, есть и что она вовсе не сводится к химии и клеткам, хотя и сделана из них. И что она от этого не перестает быть восхитительно сложной, загадочной и прекрасной — точно так же, как морозные узоры на стекле не становятся неинтересными и некрасивыми от того, что состоят из молекул воды.

Факт остается фактом: человек воспринимает сам себя как личность, обладающую свободой выбора. Если это и иллюзия, то иллюзия полезная, адаптивная, развившаяся под действием естественного отбора. При желании можно, конечно, обосновать тезис "я мыслю, следовательно, меня не существует". Предоставим это развлечение философам. Моральная ответственность иллюзорна не в

большей степени, чем самосознание. Если кто-то пожелает оправдать этой иллюзорностью собственные безнравственные поступки, это его право. Но пусть не обижается, когда окружающие отвернутся от него или вовсе упекут за решетку его иллюзорную персону. Как сознательный биоробот, он должен отнестись к этому философски.

ГЛАВА 3. ГЕНЕТИКА ДУШИ

Гены и поведение

Факты, добытые нейробиологами, говорят о материальной, нейрологической природе психики. Но для того, чтобы душа во всех ее проявлениях могла эволюционировать, этого, строго говоря, еще недостаточно. Эволюционировать могут не все признаки, а только генетически обусловленные. Чтобы меняться под действием отбора, признак должен быть врожденным, и он должен быть подвержен наследственной изменчивости. Приобретенные признаки не наследуются и не эволюционируют (*эта формулировка чересчур категорична, о чем немало говорилось в книге "Рождение сложности" (Марков, 2010). Но в первом приближении она все-таки верна, а для наших текущих целей этого достаточно*).

Но что такое приобретенный признак? Бывают ли вообще признаки, совершенно не зависящие от генов? Вопрос может показаться странным: ясно ведь, что многое в нашем поведении и внешнем облике никак не связано с генами. Например, одежда, прическа, привычки, манера речи...

Хотя, если подумать, стиль одежды зависит от характера, от склада личности, желания или нежелания следовать моде, а склад личности — он ведь может зависеть от генов? Пожалуй, не все здесь так уж очевидно.

Например, если вы научились доказывать теорему Пифагора, вы приобрели некое новое знание, новое свойство разума, новый признак, и его природа вполне материальна. В определенных отделах коры ваших больших полушарий выросли новые дендритные шипики, появились тысячи новых синапсов. В этих шипиках и синапсах закодировано ваше новое знание. Можно даже сказать, что они и есть ваше новое знание. Чтобы знать, как доказывается теорема Пифагора, необходимо и достаточно иметь такой (или аналогичный) набор шипиков и синапсов.

Впрочем, нет, не совсем достаточно. Аккуратно вырезанные из мозга кусочки, содержащие все специфические "пифагорейские" синапсы, не смогут доказать теорему. Они вообще ничего не смогут доказать. Нужно еще, чтобы весь мозг при этом нормально работал. И чтобы весь остальной организм был в порядке. А для нормальной работы организма необходима нормальная работа множества генов.

У нашего организма огромное количество наследственных, врожденных свойств, которые очень сильно зависят от генов. Многие из

этих генетически обусловленных свойств необходимы для того, чтобы мы сумели выучить доказательство теоремы Пифагора. А также для того, чтобы мы захотели (или согласились) его выучить. Если какой-нибудь ген, необходимый для нормального развития мозга, выйдет из строя в результате мутации, наша способность выучить доказательство теоремы Пифагора может пострадать. А может произойти и такая мутация, благодаря которой эта способность улучшится.

Мутации, как известно, передаются по наследству. Теоретически вполне возможно методом искусственного отбора вывести породу людей, которые легко и быстро учатся доказывать теорему Пифагора, и другую породу, которая вообще не способна этому научиться.

Так что же, в конце концов, наследственный это признак или нет? Врожденный он или приобретенный? Эволюционирует он или нет? Это жутко каверзные вопросы, на которые нельзя дать однозначный ответ "в общем виде".

Дело в том, что степень врожденности и приобретенности признака на самом деле относительна: она зависит, с одной стороны, от вариабельности генов в популяции, с другой — от вариабельности среды. Почему так? Попробуем разобраться.

Когда генетики говорят о наследуемости признака, они имеют в виду, собственно, не признак как таковой, а различия по этому признаку, существующие между особями в изучаемой популяции. Если различий нет, если все особи по данному признаку одинаковы (скажем, имеют абсолютно одинаковую степень агрессивности), то генетики не смогут даже подступиться к такому признаку.

Например, если в популяции нет особей с числом сердец, отличным от одного, и если никакие известные мутации и никакие изменения среды не приводят к появлению двух или трех сердец, то генетики не смогут понять, от каких генов зависит количество сердец. Ясно, что признак наследственный, то есть какие-то гены его все-таки определяют, но какие именно — неизвестно. Ясно, что он не зависит от тех изменений среды, которые были проверены в эксперименте, но твердой уверенности в том, что он не зависит вообще ни от каких внешних воздействий, никогда не будет. Признаки такого рода — абсолютно неизменяемые — генетиками, как правило, вообще не рассматриваются. Правда, так бывает редко: по большинству признаков какая-то изменчивость, как правило, имеется, или ее можно получить искусственно, провоцируя мутагенез или меняя условия среды.

Изменчивость по любому признаку определяется отчасти

генетическим разнообразием особей в популяции, отчасти — разнообразием условий среды. Под степенью наследуемости признака генетики понимают ту часть изменчивости по этому признаку, которая объясняется генетическим разнообразием. Это можно определить по силе корреляции между наличием тех или иных аллелей и выраженностью признака. "Степенью приобретенности", соответственно, можно назвать обратную величину: ту долю фенотипической изменчивости, которая не объясняется генетической вариабельностью.

Отсюда напрямую вытекает относительность этих величин, то есть их зависимость от состояния генофонда популяции и вариабельности среды. Допустим, мы вывели "чистую линию" мышей или мух, у которых все гены одинаковы, как у однояйцевых близнецов. Если в этой лабораторной популяции и будет изменчивость по каким-то признакам, то вся она по определению будет объясняться только факторами среды (вновь возникающими мутациями мы пока пренебрежем). Иными словами, все признаки будут обладать нулевой наследуемостью.

Если же мы возьмем обычную, то есть генетически разнообразную, популяцию мышей и нам каким-то чудом удастся создать для всех особей абсолютно одинаковые условия развития, то наследуемость большинства признаков приблизится к единице.

Тут есть всякие осложняющие моменты, такие как стохастика индивидуального развития, эпигенетическое наследование, материнские эффекты и прочее, но давайте на минутку об этом забудем. Важно, что степень наследуемости любого признака может меняться в зависимости от ситуации. Между тем именно от нее, от этой вроде бы чисто формальной величины, зависят возможности эволюционных изменений данного признака. При нулевой наследуемости признак эволюционировать не может, как бы сильно он ни влиял на жизнеспособность и плодовитость. Отбор на такой признак действовать будет (например, особи с сильно развитым признаком будут оставлять больше потомства, чем особи со слабо развитым признаком), но это не приведет к эволюционным изменениям, потому что фенотипические различия, по которым идет отбор, не наследуются. Чем выше наследуемость, тем быстрее будут идти эволюционные изменения (то есть изменения частот аллелей в генофонде популяции) при фиксированной интенсивности отбора.

Все это имеет самое прямое отношение к человеку и его поведенческим признакам. Для наглядности воспользуемся мысленным

экспериментом. Выше мы говорили о знании доказательства теоремы Пифагора как о примере явно приобретенного признака. Действительно, его наследуемость в современных человеческих популяциях, скорее всего, весьма мала. Можно ли вообразить ситуацию, в которой она станет высокой? Давайте попробуем.

Представим себе народ с такими культурными традициями, которые делают способность доказывать теорему Пифагора жизненно необходимым умением. Допустим, у них пифагорейский культ. Юноши и девушки в возрасте 14 лет проходят обряд инициации, во время которого всех, кто не может доказать теорему Пифагора пятью разными способами, приносят в жертву идолу Великой Матери-Гипотенузы.

Для этого народа неспособность доказывать теорему является тяжелейшим ментальным недугом, душевной болезнью, не оставляющей человеку права на жизнь. Мудрецы-медики назовут эту болезнь, допустим, апифагорией. Будут замечены разнообразные сопутствующие симптомы, иногда (но не всегда) наблюдающиеся у маленьких апифагориков: сниженный интеллект, замедленное развитие речи, увеличенный язык, очень большой или, наоборот, очень маленький объем черепной коробки и невесть что еще. Но все это второстепенные детали, они лишь помогают установить диагноз. Мудрецы-психологи будут разрабатывать методы ранней коррекции апифагории, и эти методы будут давать неплохие результаты: многих больных детей все-таки удастся к 14 годам научить необходимым пяти доказательствам. Мудрецы-фармакологи изобретут пилюли, оказывающие благотворный эффект в 2,34 % случаев.

Дальше — больше. Мудрецы-генетики обнаружат целый ряд генов, мутации в которых с высокой вероятностью приводят к апифагории. Журналисты примутся строчить статьи с броскими заголовками: "Ген апифагории наконец-то найден!" Вскоре ни у кого не останется сомнений, что апифагория — наследственное заболевание. При помощи близнецового анализа (о котором мы подробнее поговорим ниже) генетики подтвердят, что степень наследуемости апифагории действительно весьма высока.

За несколько тысячелетий существования пифагорейской цивилизации частота встречаемости мутаций, ведущих к развитию неизлечимой апифагории, снизится до минимума благодаря интенсивному очищающему отбору. Частота мутаций, ведущих к легким формам заболевания, напротив, может вырасти, потому что развитие фармакологии и методов психокоррекции приведет к тому, что такие

мутации не будут отсеиваться отбором — перестанут быть "вредными". Практикующие психологи разбогатеют и станут уважаемыми людьми. Специалисты по генетике человека будут писать диссертации на тему "Эволюция апифагории в прошлом и настоящем".

Правы ли пифагорейские ученые, считая неумение доказывать теорему Пифагора наследственным, генетически обусловленным заболеванием? Безусловно. Ведь в их цивилизации каждого ребенка изо всех сил учат ее доказывать, сводя тем самым к минимуму вариабельность условий среды, от которых зависит этот признак. Та фенотипическая изменчивость, которая вопреки этим усилиям все-таки сохранилась в популяции, объясняется в основном генами.

Правы ли мы, считая такое неумение **ненаследственным** признаком, зависящим от воспитания и обучения? Да, и мы тоже правы. С нашей точки зрения, умение доказывать теорему Пифагора не является жизненно необходимым. Поэтому мы позволяем условиям среды оставаться вариабельными. Например, можем смотреть сквозь пальцы на плохую успеваемость ребенка по геометрии. В итоге фенотипическая изменчивость по данному признаку в нашей цивилизации зависит от среды сильнее, чем от генов. Наследуемость признака остается низкой.

Как всегда, главное тут — не попасть в ловушку эссенциализма и категориальности, проще говоря — не начать "играть в слова". Мы не раки, и у нас не два нейрона для принятия решений, а миллиарды. Четкой грани между врожденными и приобретенными признаками не существует. Каждый признак — морфологический, физиологический или психический — зависит и от генов, и от среды (культуры, воспитания). Некоторые признаки (например, количество рук) зависят от генов очень сильно, а от среды почти совсем не зависят. Но это только до тех пор, пока среда не выкинет какой-нибудь фокус! Включите в состав среды, в которой развивается эмбрион, лекарство под названием талидомид, которое некогда прописывали беременным женщинам в качестве снотворного и успокаивающего. Такое изменение среды запросто может привести к тому, что ребенок родится без рук, хотя гены у него в полном порядке. На самом деле талидомид приводит к разнообразным нарушениям развития конечностей, но давайте для простоты считать, что у него только один эффект — безрукость. Если бы талидомид был рассеян повсюду и от него невозможно было спастись, то пошел бы отбор на выработку устойчивости к талидомиду. Отбор поддерживал бы мутации, блокирующие влияние талидомида на эмбрион. Гены, в которых закрепились бы такие мутации, мы стали бы называть генами

двурукости или генами наличия рук, хотя такой ген на самом деле может быть просто геном фермента, расщепляющего талидомид. Но основное фенотипическое проявление этого гена будет состоять именно в том, что у ребенка будет две нормальные руки. И теперь мы уже не сказали бы, что у ребенка без этого гена "с генами все в порядке".

Другие признаки, как мы уже поняли на примере теоремы Пифагора, вроде бы зависят почти исключительно от среды, а их генетическая составляющая пренебрежимо мала — но только до тех пор, пока мы не попадем в некие особые условия, в которых роль среды сойдет на нет, а генетическая составляющая выйдет на первый план.

Мораль в том, что абсолютно любой поведенческий или психологический признак в принципе находится под влиянием генов и при определенных условиях может эволюционировать. Поскольку эволюция (хотя бы за счет дрейфа — случайных колебаний частот аллелей) идет постоянно и неизбежно, то можно даже сказать, что абсолютно все признаки, по которым есть минимальная наследственная вариабельность, хоть чуть-чуть, но эволюционируют. Вопрос в том, какие из них действительно это делают (или делали в прошлом) с ощутимой скоростью, а какие — не очень. Какие менялись направленно, под действием положительного отбора полезных мутаций, какие лишь вяло колебались за счет дрейфа, а какие прочно удерживались на постоянном уровне за счет очищающего отбора, отбраковывавшего отклонения от "нормы" в любую сторону.

На сегодняшний день у биологов нет ни малейших сомнений в том, что поведение животных, включая человека, во многом зависит от генов. Но гены, конечно, определяют не поведение как таковое. Они определяют лишь общие принципы построения нейронных контуров, отвечающих за обработку поступающей информации и принятие решений, причем эти "вычислительные устройства" способны к обучению и постоянно перестраиваются в течение жизни.

Сложность и неоднозначность взаимосвязей между генами и поведением вовсе не противоречат тому факту, что определенные мутации могут менять поведение вполне определенным образом. При этом мы, конечно, понимаем, что каждый поведенческий (и вообще любой) признак в конечном счете зависит не от одного-двух, а от огромного множества генов, работающих согласованно. Если обнаруживается, что мутация в каком-то гене приводит к потере дара речи, это не значит, что "ученые открыли ген речи". Это значит, что они открыли ген, который **наряду с множеством других генов** необходим

для нормального развития нейронных структур, благодаря которым человек может научиться разговаривать. И вовсе не факт, что изменения именно этого гена в ходе эволюции привели к появлению языковых способностей у наших предков. Это могло быть так, но могло быть и иначе. Эволюционное приобретение лингвистических способностей могло быть связано с закреплением мутаций либо в этом гене, либо в каком-то другом, либо в нескольких генах параллельно. Это были мутации, которые сделали эти гены такими, какие они есть сейчас. Не исключено, что эти мутации сегодня имеются у 100 % людей. Поэтому "выловить" их, сравнивая между собой человеческие геномы, невозможно. Их можно обнаружить, лишь сравнивая геномы людей с геномами других приматов.

Яркие примеры того, как единичные изменения отдельных генов могут радикально менять поведение (причем не просто отбить какую-то способность, а создать что-то новое), известны у насекомых. Например, если пересадить небольшой фрагмент гена *period* от мухи *Drosophila simulans* другому виду мух (*D. melanogaster*), трансгенные самцы второго вида начинают во время ухаживания исполнять брачную песенку *D. simulans*. Крошечный кусочек ДНК "кодирует" такую сложную вещь, как брачная песня!

Другой пример — ген *for*, от которого зависит активность поиска пищи у насекомых. Ген был впервые найден у дрозофилы: мухи с одним вариантом этого гена ищут корм активнее, чем носители другого варианта. Тот же самый ген, как выяснилось, регулирует пищевое поведение пчел. Правда, тут уже играют роль не различия в структуре гена, а активность его работы: у пчел, собирающих нектар, ген *for* работает активнее, чем у тех, кто заботится о молодежи в улье. Как получилось, что один и тот же ген сходным образом влияет на поведение у столь разных насекомых, имеющих совершенно разный уровень интеллектуального развития? Это пока неизвестно. Ниже мы столкнемся и с другими примерами удивительного эволюционного консерватизма (устойчивости, неизменности) молекулярных механизмов регуляции поведения.

Эффект Болдуина: обучение направляет эволюцию

Взаимоотношения между генами и поведением вовсе не исчерпываются однонаправленным влиянием первых на второе. Поведение тоже может влиять на гены, причем это влияние прослеживается как в эволюционном масштабе времени, так и на протяжении жизни отдельного организма.

Изменившееся поведение может вести к изменению факторов отбора и, соответственно, к новому направлению эволюционного развития. Данное явление известно как эффект Болдуина — по имени американского психолога Джеймса Болдуина, который выдвинул эту гипотезу в 1896 году (примерно в то же время несколько других исследователей пришли к этой мысли независимо от Болдуина).

Например, если появился новый хищник, от которого можно спастись, забравшись на дерево, жертвы могут научиться залезать на деревья, не имея к этому врожденной (инстинктивной) предрасположенности. Сначала каждая особь будет учиться новому поведению в течение жизни. Если это будет продолжаться достаточно долго, те особи, которые быстрее учатся залезать на деревья или делают это более ловко в силу каких-нибудь врожденных вариаций в строении тела (чуть более цепкие лапы, когти и т. п.), либо те, кто лучше мотивирован (кому больше нравится карабкаться по стволам), получат селективное преимущество, то есть будут оставлять больше потомков. Следовательно, начнется отбор на способность влезать на деревья и на умение быстро этому учиться. Если появится случайная мутация, улучшающая эти способности, носители этой мутации будут оставлять в среднем больше потомков. Иными словами, мутация будет поддержана отбором. Частота ее встречаемости в генофонде популяции начнет расти и в конце концов может достичь 100 %. По мере накопления подобных мутаций поведенческий признак, изначально появлявшийся каждый раз заново в результате прижизненного обучения, со временем может стать инстинктивным (врожденным) — изменившееся поведение будет "вписано" в генотип. Лапы при этом тоже, скорее всего, станут более цепкими.

А вот пример из нашего недавнего прошлого. Распространение мутации, позволяющей взрослым людям переваривать молочный сахар

лактозу, произошло в тех человеческих популяциях, где вошло в обиход молочное животноводство. Изменилось поведение (люди стали доить коров, кобыл, овец или коз) — и в результате изменился генотип (развилась наследственная способность усваивать молоко в зрелом возрасте).

Эффект Болдуина поверхностно схож с ламарковским механизмом наследования приобретенных признаков (результатов упражнения или неупражнения органов), но действует он вполне по-дарвиновски — через изменение вектора естественного отбора. Мутации, закрепляемые отбором, сами по себе случайны (*эта формулировка, как и утверждение о ненаследуемости приобретенных признаков, тоже чересчур категорична, о чем тоже говорилось в книге "Рождение сложности". Но в первом приближении они обе верны*). Неслучайность (то есть направленность) эволюционным изменениям придает именно отбор, а отбор зависит от культурных традиций, определяющих нормы поведения.

Этот механизм очень важен для понимания эволюции. Например, из него следует, что по мере роста способности к обучению эволюция будет выглядеть все более "целенаправленной" и "осмысленной". Чем умнее животные, тем легче они вырабатывают новые, полезные в данных условиях манеры поведения и тем эффективнее передают их из поколения в поколение путем обучения детенышей и подражания. Изменение традиций ведет к изменению направленности отбора. В результате эволюция будет увереннее двигаться в "нужную" сторону (то есть в сторону лучшего приспособления к среде, включая сюда и среду социально-культурную).

Эффект Болдуина может ускорить развитие интеллекта благодаря положительной обратной связи. Чем выше интеллект и способность к обучению, тем выше вероятность, что животное изобретет какую-то новую, особо удачную манеру поведения. Чем чаще будут изобретаться отдельными особями новые полезные хитрости, чем больше их будет в поведенческом репертуаре популяции, тем полезнее будет способность к быстрому обучению, быстрому схватыванию, эффективному перенятию чужого опыта. В такой ситуации отбор может начать поддерживать закрепление не только какого-то конкретного нового приема или действия (залезания на деревья или переваривания молока), но и более общей, генерализованной способности быстрее соображать и учиться. Может начаться отбор на "общий интеллект".

Пример действия эффекта Болдуина: кишечные бактерии японцев

научились переваривать водоросли

В геноме человека и других приматов отсутствуют гены, необходимые для усвоения многих растительных полисахаридов, которые являются важным компонентом нашей диеты. Проблему помогают решить симбиотические кишечные бактерии, в чьих геномах имеются те гены, которых нам не хватает.

Морские водоросли содержат особые сульфатированные углеводы, отсутствующие у наземных растений. Этими углеводами питаются некоторые морские микробы, в том числе бактерия *Zobellia galactanivorans*. Недавно французские генетики нашли в геноме этой бактерии два гена, кодирующие неизвестные ранее ферменты, способные расщеплять порфиран – сульфатированный углевод, содержащийся в порфире и других красных водорослях. Таким образом, исследователи открыли новый класс ферментов, которые они назвали порфираназами.

Следующим этапом работы стало изучение трехмерной структуры порфираназа и выявление тех особенностей активного центра этих ферментов, которые обеспечивают избирательное связывание порфирана. Оказалось, что в активном центре порфираназа имеется специальный "карман" для сульфатной группы, которого нет у родственных ферментов, расщепляющих несulfатированные углеводы.

Разобравшись в структуре фермента, ученые смогли осуществить широкомасштабный поиск порфираназа среди отсекуенрированных нуклеотидных последовательностей, хранящихся в международных генетических базах данных. Порфираназаы нашлись у нескольких морских бактерий, а также у бактерии *Bacteroides plebeius*, обитающей в кишечнике человека. Известно шесть штаммов (разновидностей) этой бактерии, причем все они были обнаружены у жителей Японии. Известны геномы 24 других видов рода *Bacteroides*, которые обитают в кишечнике жителей разных стран, но ни у одной из этих бактерий нет ни порфираназа, ни других специализированных ферментов, предназначенных для расщепления углеводов морских водорослей.

Более детальный анализ генома *Bacteroides plebeius* показал, что по соседству с геном порфираназаы имеется еще 16 генов, связанных с перевариванием полисахаридов. Только шесть из них оказались родственными генам, имеющимся у других кишечных *Bacteroides*. Остальные десять генов (в том числе гены ферментов бета-галактозидаза, бета-агараза и сульфатаза), как и ген порфираназаы, похожи больше всего на гены морских бактерий, питающихся водорослевыми полисахаридами. Это означает, что кишечная бактерия *Bacteroides plebeius* приобрела комплекс генов, необходимых для расщепления водорослевых полисахаридов, от морских бактерий путем горизонтального генетического обмена. В полном соответствии с этим выводом по соседству с изучаемыми генами в геноме *Bacteroides plebeius* присутствуют специализированные гены, участвующие в осуществлении горизонтального обмена.

Авторы исследовали кишечную флору у 13 японских и 18 североамериканских добровольцев. У четверых японских граждан были обнаружены порфираназаы и агаразаы, в том числе у матери и ее грудной дочери, что свидетельствует о возможности передачи специфических кишечных бактерий от родителей к потомкам. В североамериканской

выборке ни порфираназ, ни агараз не обнаружено (*Hehemann et al., 2010*).

По-видимому, японские кишечные бактерии получили возможность позаимствовать полезные гены у морских микробов благодаря существующему в Японии обычаю употреблять в пищу свежие водоросли. Нори (порфира) – фактически единственный источник порфирана в человеческой диете. Японцы ели водоросли уже в раннем Средневековье: сохранились документы VIII века, из которых следует, что в то время водорослями можно было платить налоги в казну. Но несколько веков или тысячелетий – ничтожно малое время по сравнению с десятками миллионов лет эволюции кишечной флоры растительноядных и всеядных млекопитающих. Факт горизонтального переноса в данном случае было легко установить, потому что генетическое заимствование произошло сравнительно недавно. Гены для переваривания полисахаридов наземных растений, скорее всего, тоже были приобретены кишечными бактериями путем горизонтального переноса, но за давностью лет доказать это гораздо труднее.

Исследование показало, что человек даже в историческое время не утратил способности быстро приспосабливаться к изменениям собственной диеты и осваивать новые биохимические функции. В данном случае эффект Болдуина сработал на уровне "симбиотического сверхорганизма": адаптация произошла за счет генетических изменений у кишечных симбионтов. В других ситуациях приспособление может происходить и путем закрепления мутаций в нашем собственном геноме (как в случае с мутацией, позволяющей взрослым людям переваривать лактозу). В обоих случаях изменившееся поведение людей (появление обычая пить молоко или есть сырые водоросли) повлияло на направленность отбора и способствовало закреплению мутаций, выгодных именно при таком поведении.

Социальное поведение влияет на работу генов

Поведение влияет на работу генов не только в эволюционном масштабе времени, за счет эффекта Болдуина, но и в течение жизни отдельного организма. Особенно интересны новые данные, касающиеся влияния социального поведения (или социально значимой информации) на работу генома. Это явление начали в деталях исследовать сравнительно недавно, но ряд интересных находок уже сделан (*Robinson et al., 2008*).

Когда самец зебровой амадины (*Taeniopygia guttata*) — птицы из семейства ткачиковых — слышит песню другого самца, у него в определенном участке слуховой области переднего мозга начинает экспрессироваться (работать) ген *egr1*. Этого не происходит, когда птица слышит отдельные тона, "белый шум" или любые другие звуки, — это специфический молекулярный ответ на социально значимую информацию.

Песни незнакомых самцов вызывают более сильный молекулярно-генетический ответ, чем щебет старых знакомцев. Кроме того, если самец видит других птиц своего вида (не поющих), активация гена *egr1* в ответ на звук чужой песни оказывается более выраженной, чем когда он сидит в одиночестве. Получается, что один тип социально значимой информации (присутствие сородичей) модулирует реакцию на другой ее тип (звук чужой песни).

В главе "В поисках душевной грани" мы уже говорили о сложной общественной жизни и недюжинных умственных способностях аквариумной рыбки *Astatotilapia burtoni*. В присутствии доминантного самца-победителя подчиненный самец блекнет и не проявляет интереса к самкам. Но стоит удалить высокорангового самца из аквариума, как подчиненный стремительно преобразуется, причем меняется не только его поведение, но и окраска: он начинает выглядеть и вести себя как доминант. Преобразование начинается с того, что в нейронах гипоталамуса включается уже знакомый нам ген *egr1*. Вскоре эти нейроны начинают усиленно производить половой гормон гонадолиберин, играющий ключевую роль в размножении.

Белок, кодируемый геном *egr1*, является транскрипционным фактором, то есть регулятором активности других генов. Характерной особенностью этого гена является то, что для его включения

достаточно очень кратковременного внешнего воздействия (например, одной песенки), и включение происходит очень быстро — счет времени идет на минуты. Другая его особенность в том, что он может оказывать немедленное и весьма сильное влияние на работу многих других генов.

egr1 — далеко не единственный ген, чья работа в мозге определяется социальными стимулами. Уже сейчас понятно, что нюансы общественной жизни влияют на работу сотен генов и могут приводить к активации сложных и многоуровневых генно-регуляторных сетей.

Это явление изучают, в частности, на пчелах. Возраст, в котором рабочая пчела перестает ухаживать за молодой и начинает летать за нектаром и пыльцой, отчасти предопределен генетически, отчасти зависит от ситуации в коллективе. Если семье не хватает "добытчиков", молодые пчелы определяют это по снижению концентрации феромонов, выделяемых старшими пчелами, и могут перейти к сбору пропитания в более молодом возрасте. Выяснилось, что эти запаховые сигналы меняют экспрессию многих сотен генов в мозге пчелы и особенно сильно влияют на гены, кодирующие транскрипционные факторы.

Быстрые изменения экспрессии множества генов в ответ на социальные стимулы выявлены в мозге у птиц и рыб. Например, у самок рыб при контактах с привлекательными самцами в мозге активируются одни гены, а при контактах с самками — другие.

Взаимоотношения с сородичами могут приводить и к долговременным устойчивым изменениям экспрессии генов в мозге, причем эти изменения могут даже передаваться из поколения в поколение, то есть наследоваться почти совсем "по Ламарку". Данное явление основано на эпигенетических модификациях ДНК, например на метилировании промоторов (***о том, что такое промоторы и эпигенетические модификации ДНК, подробно рассказано в книге "Рождение сложности"***), что приводит к долговременному изменению экспрессии генов. Было замечено, что если крыса-мать очень заботлива по отношению к своим детям, часто их вылизывает и всячески оберегает, то и ее дочери, скорее всего, будут такими же заботливыми матерями. Думали, что этот признак предопределен генетически и наследуется обычным образом, то есть "записан" в нуклеотидных последовательностях ДНК. Можно было еще предположить культурное наследование — передачу поведенческого признака от родителей к потомкам путем обучения. Однако обе эти версии оказались неверными. В данном случае работает эпигенетический механизм: частые контакты с матерью приводят к метилированию промоторов определенных генов

в мозге крысят, в частности генов, кодирующих рецепторы, от которых зависит реакция нейронов на некоторые гормоны (половой гормон эстроген и гормоны стресса — глюкокортикоиды). Здесь прослеживается довольно тесная связь с вышеупомянутым геном *egr1*: транскрипционный фактор, кодируемый геном *egr1*, регулирует работу гена глюкокортикоидного рецептора GR, чей промотор под действием материнской заботы подвергается метилированию, причем как раз в том месте, где к нему должен присоединяться транскрипционный фактор *egr1*. Иными словами, материнская забота меняет характер влияния *egr1* на чувствительность нейронов к глюкокортикоидам. Подобные примеры пока единичны, но есть все основания полагать, что это только верхушка айсберга.

Взаимоотношения между генами и социальным поведением могут быть крайне сложными и причудливыми. У красных огненных муравьев *Solenopsis invicta* число цариц в колонии зависит от гена *Gp-9*. У этого гена есть два варианта (аллеля), которые обозначаются буквами В и Ь. Гомозиготные рабочие с генотипом ВВ не терпят, когда в колонии более одной царицы, и поэтому колонии у них маленькие. Гетерозиготные муравьи ВЬ охотно ухаживают сразу за несколькими самками, и колонии у них получаются большие. У рабочих с разными генотипами различаются уровни экспрессии многих генов в мозге. Оказалось, что если рабочие ВВ живут в муравейнике, где преобладают рабочие ВЬ, они идут на поводу у большинства и смиряют свои инстинкты, соглашаясь заботиться о нескольких царицах. При этом рисунок генной экспрессии в мозге у них становится почти таким же, как у рабочих ВЬ. Но если провести обратный эксперимент, то есть переселить рабочих ВЬ в муравейник, где преобладает генотип ВВ, то гости не меняют своих убеждений и не перенимают у хозяев нетерпимость к "лишним" царицам.

Таким образом, у самых разных животных — от насекомых до млекопитающих — существуют сложные и во многом похожие друг на друга системы взаимодействий между генами, их экспрессией, эпигенетическими модификациями, работой нервной системы, поведением и общественными отношениями. Такая же картина наблюдается и у человека.

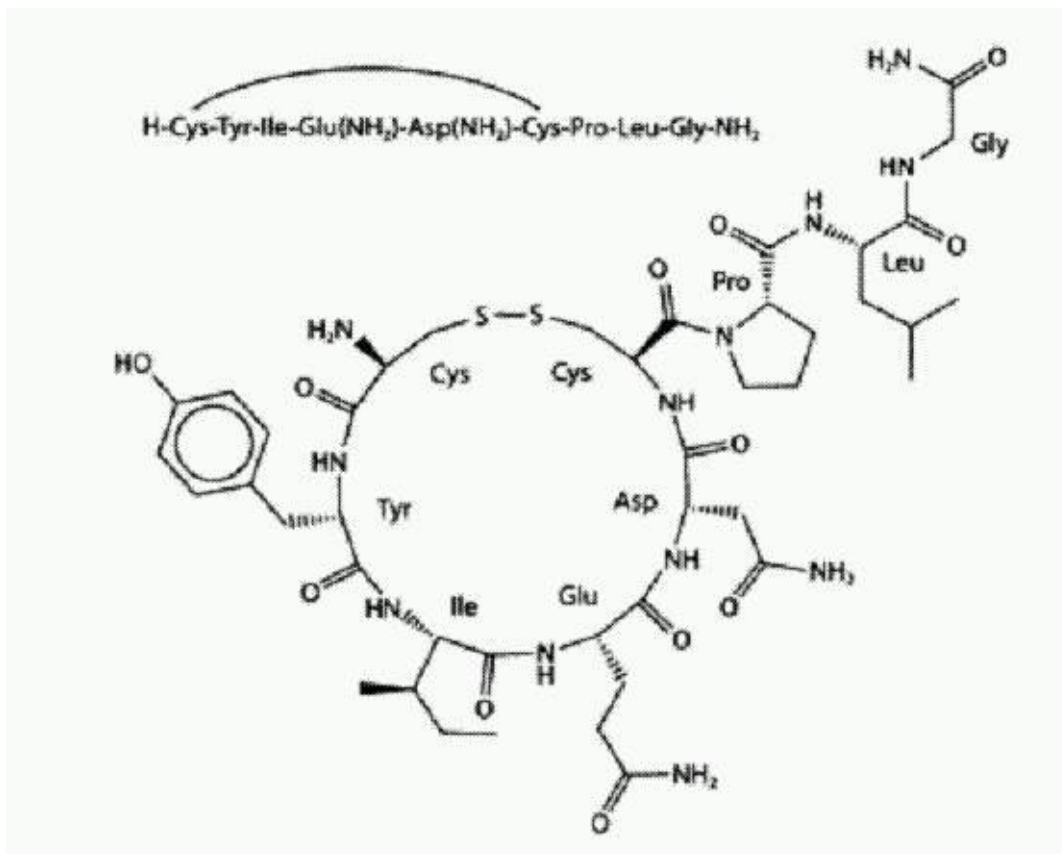
Нейрохимия личных отношений

Взаимоотношения между людьми еще недавно казались биологам слишком сложными, чтобы всерьез исследовать их на клеточном и молекулярном уровне. Тем более что теологи и гуманитарии всегда были рады поддержать подобные опасения. Да и тысячелетние традиции, испокон веков населявшие эту область всевозможными абсолютами, "высшими смыслами" и прочими призраками, глубоко укоренились в нашей культуре.

Однако успехи, достигнутые в последние десятилетия генетиками, биохимиками и нейрофизиологами, показали, что изучение молекулярных основ нашей социальной жизни— дело вовсе не безнадежное (*Donaldson, Young, 2008*).

Одно из самых интересных открытий состоит в том, что некоторые молекулярные механизмы регуляции социального поведения оказались на редкость консервативными — они существуют, почти не меняясь, сотни миллионов лет и работают с одинаковой эффективностью как у людей, так и у других животных. Типичный пример — система регуляции социального поведения и общественных отношений с участием нейромедиаторов окситоцина и вазопрессина.

Эти вещества могут работать и как обычные нейромедиаторы (то есть передавать сигнал от одного нейрона другому в индивидуальном порядке, через синапсы), и как нейромодуляторы (вещества, выделяемые нейронами в межклеточное пространство и воспринимаемые внесинаптическими рецепторами других нейронов), и как нейрогормоны (вещества, выделяемые нейронами в кровь и регулирующие работу различных органов).



Структура молекулы окситоцина — "вещества любви, дружбы и доверия". Окситоцин представляет собой пептид (короткий белок) из девяти аминокислот. "Секретная формула" этого естественного приворотного зелья такова: цистеин — тирозин — изолейцин — глутамин — аспарагин — цистеин — пролин — лейцин — глицин.

С химической точки зрения окситоцин и вазопрессин — это пептиды (короткие белковые молекулы), состоящие из девяти аминокислот, причем отличаются они друг от друга всего двумя аминокислотами. Такие же или очень похожие (гомологичные, родственные) нейропептиды имеются чуть ли не у всех многоклеточных животных (от гидры до человека включительно), а появились они не менее 700 млн лет назад. У этих крошечных белков есть свои гены, причем у беспозвоночных имеется только один такой ген и, соответственно, пептид, а у позвоночных — два (результат геной дупликации).

У млекопитающих окситоцин и вазопрессин вырабатываются нейронами гипоталамуса. У беспозвоночных, не имеющих гипоталамуса, соответствующие пептиды вырабатываются в аналогичных (или

гомологичных) нейросекреторных отделах нервной системы. Когда крысам пересадили рыбий ген окситоцина (так называется гомолог окситоцина у рыб), пересаженный ген стал работать у крыс не где-нибудь, а в гипоталамусе. Это значит, что не только сами нейропептиды, но и системы регуляции их экспрессии (включая регуляторные области генов нейропептидов) очень консервативны, то есть сходны по своим функциям и свойствам у весьма далеких друг от друга животных.

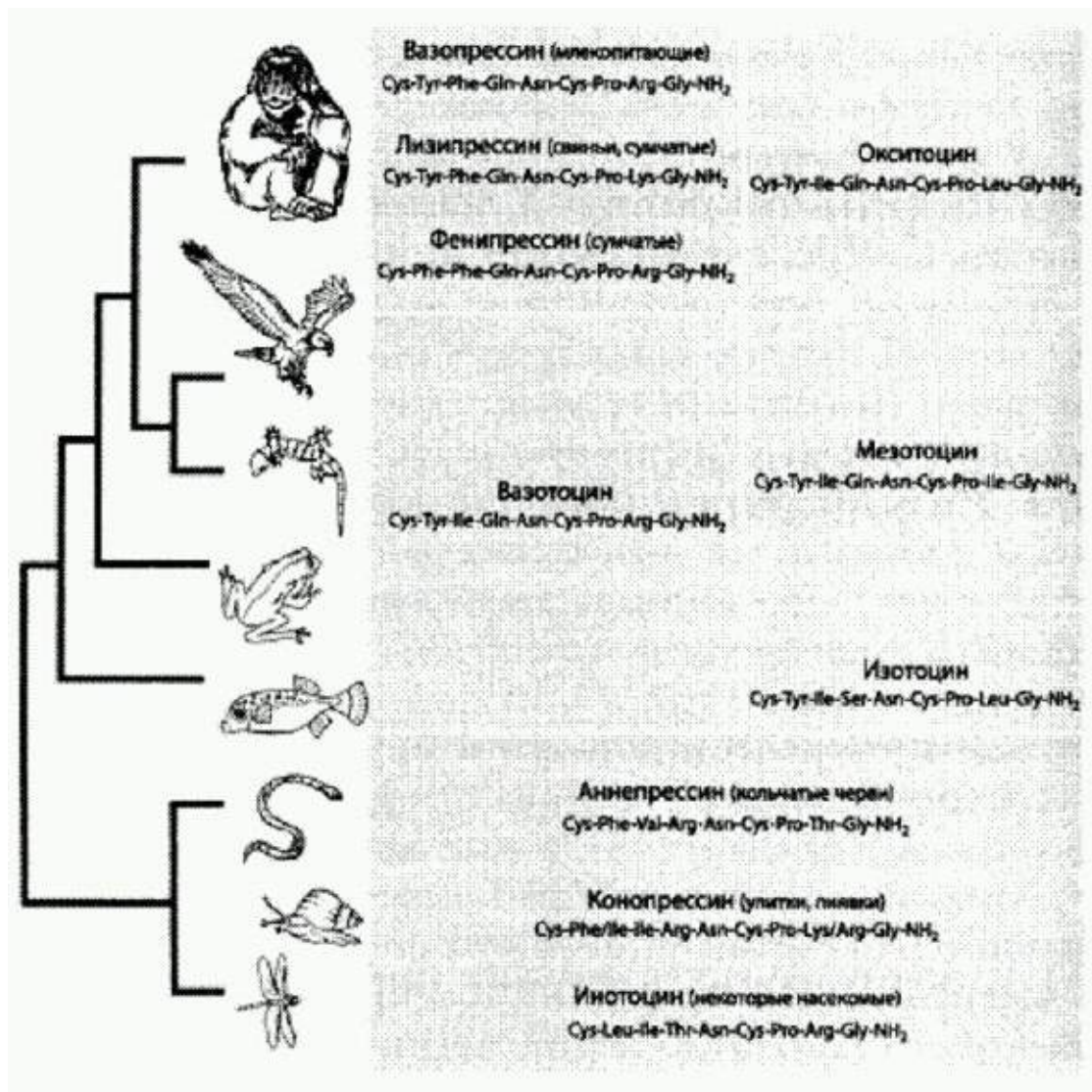
У всех изученных животных эти пептиды регулируют общественное и половое поведение, однако конкретные механизмы их действия могут сильно различаться у разных видов.

Например, у улиток гомолог вазопрессина и окситоцина (конопрессин) регулирует откладку яиц и эякуляцию. У позвоночных исходный ген удвоился, и пути двух получившихся нейропептидов разошлись: окситоцин влияет больше на самок, а вазопрессин — на самцов, хотя это далеко не строгое правило.

Почему самцы после спаривания становятся спокойнее и смелее

Окситоцин выполняет множество разнообразных функций в организме млекопитающих, выступая в двух основных "ролях": гормона и нейромедиатора. В первом своем качестве он регулирует, например, лактацию и сокращения гладкой мускулатуры матки при родах; во втором — участвует в эмоциональной регуляции поведения.

Выделяемый нейронами мозга окситоцин влияет на поведение матери по отношению к ребенку, на восприимчивость к стрессу, на некоторые аспекты социального поведения. Периназальное (через нос) введение окситоцина делает людей более доверчивыми по отношению к другим людям, а также снижает уровень беспокойства, напряженности. Кроме того, установлено, что уровень окситоцина в крови крыс повышается во время брачных игр, во время и после спаривания. Опыты на людях — добровольцах показали, что в этом отношении человек ничем не отличается от крысы. Традиционно изучалось влияние окситоцина в основном на женский организм (это вещество используется, например, при родовспоможении для активизации маточных сокращений), однако известно, что в мужском мозге окситоцин тоже вырабатывается и тоже влияет на эмоции и поведение.



У самых разных представителей животного царства взаимоотношения с сородичами регулируются одними и теми же веществами – нейропептидами окситоцином, вазопрессинном и их гомологами. По рисунку из Donaldson, Young, 2008.

Все это побудило нейроэндокринологов из Регенсбургского университета (Германия) Мартина Вальдхерра и Ингу Нойманн задаться вопросом: не от окситоцина ли зависит то расслабленное, успокоенное состояние, которое охватывает мужчин после секса? (Waldherr, Neumann, 2007). Впрочем, на людях доказать это практически невозможно, и в качестве объекта были избраны безропотные крысы. Эксперимент состоял из трех этапов.

Сначала исследователи установили, что крысы-самцы после спаривания действительно становятся спокойнее и не так активно избегают опасных ситуаций. Это было показано при помощи стандартных тестов на уровень беспокойства. Например, крыс сажали в лабиринт, где одни проходы закрытые и темные, а другие открыты сверху и

освещены. Оказалось, что самцы после спаривания существенно больше времени проводят в открытых ("опасных") участках лабиринта по сравнению с контрольными самцами, которые до этого содержались в точно таких же условиях, но перед помещением в лабиринт не спаривались с самками.

Долгое пребывание на открытых участках у крыс является признаком низкого уровня беспокойства. По мнению авторов, повышенная смелость самцов крыс после спаривания может иметь адаптивное значение, поскольку они, находясь в таком храбром состоянии, с большей вероятностью смогут найти себе еще одну самку (хотя, конечно, нужно иметь в виду, что кроме смелости для этого нужны еще желание и энергия, которые вряд ли возрастают сразу после спаривания).

Повышенная смелость у самцов крыс после спаривания сохранялась (оставалась статистически значимой) весьма долго – целых четыре часа. При этом достоверных изменений двигательной активности и исследовательского поведения не было выявлено. Самцы, которые могли видеть, слышать и обонять рецептивную (готовую к спариванию) самку, но не могли до нее добраться, смелее не становились.

На втором этапе экспериментаторы измеряли уровень окситоцина в мозге самцов до, во время и после спаривания при помощи микродиализа – метода, позволяющего проводить прижизненные измерения концентрации различных веществ в тканях и органах, в том числе в мозге. Оказалось, что уже при виде рецептивной самки уровень окситоцина в мозге самцов начинает повышаться, а во время спаривания он подскакивает особенно резко. Окситоцин вырабатывается в отделе мозга, отвечающем за обработку нервных и гормональных сигналов, связанных с различными сильными переживаниями, – в паравентрикулярном ядре гипоталамуса. В других отделах мозга уровень окситоцина при спаривании не меняется. Общение с нерцептивной самкой не влияло на уровень окситоцина в мозге самцов.

Таким образом, было показано, что: 1) спаривание снижает беспокойство и повышает смелость; 2) при спаривании мозг самца вырабатывает много окситоцина. Теперь оставалось доказать, что между двумя явлениями существует причинная связь. Именно эту цель и преследовал третий этап экспериментов. В мозг самцов вводили вещество, которое подавляет способность нейронов реагировать на окситоцин. Это делалось непосредственно после спаривания. В полном соответствии с ожиданиями экспериментаторов самцы в этом случае после спаривания не становились смелее.

Ученые поставили также большое количество контрольных экспериментов. В частности, они показали, что если ввести самцам после спаривания вещество, подавляющее реакцию нейронов на вазопрессин (другой нейропептид, близкий по своим функциям к окситоцину), самцы все равно становятся смелее. Значит, дело скорее всего именно в окситоцине, а не в других нейропептидах.

Таким образом, было доказано, что происходящая во время спаривания активизация окситоциновой системы мозга (так называется совокупность нейронов мозга, выделяющих окситоцин и реагирующих на

него) действительно влияет на поведение самцов после спаривания. У самцов снижается общий уровень беспокойства, они спокойнее начинают относиться к опасностям. Если учесть при этом те эффекты окситоцина, которые были установлены ранее (например, то обстоятельство, что выделяемый мозгом окситоцин способствует глубокому сну без сновидений), то едва ли можно сомневаться в том, что окситоцин играет важную роль и в тех переменах настроения и физиологического состояния, которые наблюдаются у людей в аналогичной ситуации.

Окситоцин регулирует половое поведение самок, роды, лактацию, привязанность к детям и брачному партнеру. Вазопрессин влияет на эрекцию и эякуляцию у разных видов, включая крыс, людей и кроликов, а также на агрессию, территориальное поведение и отношения с женами.

Если девственной крысе ввести в мозг окситоцин, она начинает заботиться о чужих крысятах, хотя в нормальном состоянии они ей глубоко безразличны. Напротив, если у крысы-матери подавить выработку окситоцина или заблокировать окситоциновые рецепторы, она теряет интерес к своим детям.

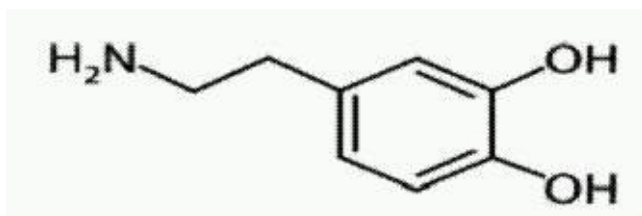
Если у крыс окситоцин вызывает заботу о детях вообще, в том числе о чужих, то у овец и людей дело обстоит сложнее: тот же самый нейропептид обеспечивает избирательную привязанность матери к собственным детям. Например, у овец под влиянием окситоцина после родов происходят изменения в обонятельном отделе мозга (обонятельной луковице), благодаря которым овца запоминает индивидуальный запах своих ягнят и только к ним у нее развивается привязанность.

Формирование привязанностей регулируется не только окситоцином и вазопрессином, но и другими нейромедиаторами, такими как "вещество удовольствия" дофамин. Прекраснейшим объектом для изучения нейробиологии семейных отношений являются серые полевки (род *Microtus*). У разных видов этих грызунов семейная жизнь протекает очень по-разному. Для прерийной полевки *Microtus ochrogaster* характерны моногамные семьи. Самец и самка после первого спаривания остаются вместе на всю жизнь и отличаются исключительной супружеской верностью. Самец не желает знать других самок и ведет себя по отношению к ним агрессивно. Самка тоже верна своему избраннику и отвечает агрессией на домогательства других самцов. Полевки, образовавшие пару, связывают прочные узы взаимной привязанности.

Ученые приложили немало сил, чтобы разгадать нейробиологические механизмы, лежащие в основе супружеской верности полевок.

Выяснилось, что и привязанность к партнеру, и агрессия по отношению к чужакам зависят от выделения нейронами одного из отделов мозга (прилежащего ядра) нейромедиатора дофамина.

Каким образом одно и то же вещество может стимулировать и любовь, и агрессию? Оказалось, что ключевую роль здесь играют два типа дофаминовых рецепторов, сидящих на поверхности нейронов, — D1 и D2 (всего существует пять типов дофаминовых рецепторов). У человека дофаминовые рецепторы тоже участвуют в эмоциональном контроле поведения. Небольшие изменения (мутации) рецептора D2 в сочетании с определенными условиями среды могут вызвать, например, склонность к алкоголизму (такому человеку не хватает естественных стимулов для получения радости от жизни в должном количестве, а алкоголь — сильный стимулятор рецепторов D2). Вспомним также "ген авантюризма", о котором говорилось в главе "Великое расселение сапиенсов" (кн. 1), — это один из аллельных вариантов гена дофаминового рецептора D4.



Дофамин — производное аминокислоты дигидроксифенилаланина (ДОФА) — важнейший нейромедиатор, участвующий в работе "системы награды". Когда мы делаем что-то приятное (например, вкусно едим или занимаемся любовью), в мозге выделяется дофамин, что и создает ощущение удовольствия.

Блокирование рецепторов D2 в прилежащем ядре у полевок приводит к тому, что после спаривания не возникает взаимной привязанности и супружеская пара не формируется. Если же, наоборот, искусственно стимулировать D2, то у самца возникает "любовь до гроба" к первой встречной самке, даже без предварительного спаривания. На людях таких опытов не ставили (хотя все знают, как возрастает любвеобильность после пары рюмок крепкого стимулятора рецепторов D2).

Искусственная стимуляция рецепторов D1, наоборот, препятствует развитию привязанности. Полевки спариваются столь же охотно, как и контрольные, но остаются после этого равнодушны друг к другу.

Рецепторы D1, как выяснилось, нужны не для любви, а для ненависти (агрессии), которая тоже важна для прочности семейных отношений. Конечно, речь идет об агрессии к чужакам, а не к партнеру.

Детальные исследования показали, что формирование прочной пары у полевок происходит в два этапа. Сначала (после первого спаривания) быстро развивается нежная привязанность, опосредуемая рецепторами D2. Затем в течение первых двух недель совместной жизни у самца происходят серьезные изменения в прилежащем ядре: там становится гораздо больше рецепторов D1. Благодаря этому самец не может "влюбиться" в другую и остается верен своей первой и единственной. Более того, он ведет себя крайне агрессивно по отношению ко всем другим самкам, вторгшимся на его территорию. Если у такого верного супруга заблокировать рецепторы D1, он перестает кусать незнакомок. Блокирование D2 не приводит к такому эффекту.

У другого вида полевок (*Microtus pennsylvanicus*) нет стойких супружеских пар. Самцы не заботятся о потомстве и живут в свое удовольствие, предоставляя все хлопоты самкам. Исследователи предположили, что у них изначально больше рецепторов D1 в прилежащем ядре, и это мешает им влюбляться. Предположение отчасти подтвердилось: рецепторов D1 у этих полевок действительно больше. Однако когда ученые попытались "научить их любить", заблокировав рецепторы D1, ничего не вышло (снизился лишь общий уровень агрессивности) (Aragona et al., 2005). В чем же дело? Как выяснилось несколько позже, дело в том, что супружеская привязанность зависит не только от дофамина, но и от вазопрессина и окситоцина.

Дальнейшие исследования показали, что самки прерийных полевок на всю жизнь привязываются к своему избраннику под действием окситоцина. Скорее всего, в данном случае имевшаяся ранее окситоциновая система формирования привязанности к детям была "кооптирована" для формирования неразрывных брачных уз. Некоторые антропологи, включая Оуэна Лавджоя, предполагают, что то же самое произошло и у ранних гоминид в процессе перехода к моногамии (см. главу "Двуногие обезьяны" в кн. 1).

Формирование личных привязанностей (к детям или к мужу), по-видимому, является лишь одним из аспектов (проявлений, реализаций) более общей функции окситоцина — регуляции отношений с сородичами. Например, мыши с отключенным геном окситоцина перестают узнавать сородичей, с которыми ранее встречались. Память и

все органы чувств у них при этом работают нормально.

У самцов прерийных полевков супружеская верность регулируется не только дофамином, но и вазопрессином. Например, введение вазопрессина самцам прерийной полевки быстро превращает их в любящих мужей и заботливых отцов. Однако на самцов близкого вида *Microtus pennsylvanicus*, для которого нехарактерно образование прочных семейных пар, вазопрессин такого действия не оказывает. Таким образом, одни и те же нейропептиды могут по-разному действовать даже на представителей близкородственных видов, если их социальное поведение различается. Введение вазотоцина (птичьего гомолога вазопрессина) самцам территориальных птиц делает их более агрессивными и заставляет больше петь, но если тот же нейропептид ввести самцам зебровой амадины, которые живут колониями и не охраняют своих участков, то ничего подобного не происходит. Очевидно, нейропептиды не создают тот или иной тип поведения из ничего, а только регулируют уже имеющиеся (генетически обусловленные) поведенческие стереотипы и предрасположенности.

Этого, однако, нельзя сказать про рецепторы окситоцина и вазопрессина, которые располагаются на мембранах нейронов некоторых отделов мозга. Оказалось, что самцов немоногамной полевки *Microtus pennsylvanicus*, этих закоренелых гуляк, на которых не подействовали ни блокировка рецепторов D1, ни введение вазопрессина, все-таки можно превратить в верных мужей, если повысить им экспрессию вазопрессиновых рецепторов V1a в мозге. Таким образом, регулируя работу генов вазопрессиновых рецепторов, удалось создать новую манеру поведения, которая в норме не свойственна данному виду животных.

У моногамных полевков в ключевых участках мозга, ответственных за формирование супружеской привязанности, находится гораздо больше вазопрессиновых и окситоциновых рецепторов, чем у немоногамного вида. Во время спаривания нейроны гипоталамуса выделяют оба нейrogормона в больших количествах. Возбуждение нейронов, несущих соответствующие рецепторы, приводит к формированию устойчивых ассоциативных связей с сигналами, приходящими в это же время от обонятельной луковицы: полевки влюбляются прежде всего в запах своего партнера.

У моногамных и полигамных видов обезьян (мармозеток и макак-резусов) обнаружены такие же закономерности в распределении вазопрессиновых рецепторов, как и у моногамных и полигамных

полевок. По человеку аналогичные данные пока отсутствуют. Зато обнаружено поразительное сходство в динамике стероидных гормонов у самцов различных видов грызунов и приматов (человека и американских широконосых обезьян) с высоким уровнем отцовской заботы о потомстве. У самцов этих видов отмечено снижение уровня тестостерона после того, как их супруга рождает детеныша. Это может способствовать предотвращению агрессии против новорожденных. У мужчин, недавно ставших отцами, наблюдается также повышение уровня эстрадиола и прогестерона — гормонов, необходимых для нормального материнского поведения. Происходит ли это у самцов других видов моногамных обезьян, пока неизвестно.

У полевок экспрессия вазопрессиновых рецепторов (и следовательно, их количество в прилежащем ядре и других отделах мозга) зависит от некодирующего участка ДНК — микросателлита, расположенного перед геном рецептора V1a. У моногамной полевки этот микросателлит длиннее, чем у немоногамного вида. Индивидуальная вариабельность по длине микросателлита коррелирует с индивидуальными различиями поведения (со степенью супружеской верности и заботы о потомстве).

У человека, конечно, исследовать все это гораздо труднее — кто же позволит проводить с людьми генно-инженерные эксперименты. Однако многое можно понять и без грубого вмешательства в геном или мозг. Удивительные результаты дало сопоставление индивидуальной изменчивости людей по микросателлитам, расположенным недалеко от гена рецептора V1a, с психологическими и поведенческими различиями. Например, оказалось, что длина микросателлитов коррелирует со временем полового созревания, а также с чертами характера, связанными с общественной жизнью, в том числе с альтруизмом. Хотите стать добрее? Увеличьте в клетках мозга длину микросателлита RS3 возле гена вазопрессинового рецептора V1a.

Этот микросателлит влияет и на семейную жизнь. Исследование, проведенное в 2006 году в Швеции, показало, что у мужчин, гомозиготных по одному из аллельных вариантов микросателлита (этот вариант называется RS3334), возникновение романтических отношений вдвое реже приводит к браку, чем у всех прочих мужчин. Кроме того, у них вдвое больше шансов оказаться несчастными в семейной жизни. У женщин ничего подобного не обнаружено: женщины, гомозиготные по данному аллелю, счастливы в личной жизни не менее остальных. Однако те женщины, которым достался муж с "неправильным" вариантом

микросателлита, обычно недовольны отношениями в семье (*Walum et al., 2008*).

У носителей аллеля RS3334 обнаружено еще несколько характерных особенностей. Их доля повышена среди людей, страдающих аутизмом (основной симптом аутизма, как известно, это неспособность нормально общаться с другими людьми). Кроме того, оказалось, что при разглядывании чужих лиц (например, в тестах, где нужно по выражению лица определить настроение другого человека) у носителей аллеля RS3334 сильнее возбуждается миндалина — отдел мозга, связанный с такими чувствами, как страх и недоверчивость.

Подобные исследования начали проводить лишь недавно, поэтому многие результаты нуждаются в дополнительной проверке, однако общая картина начинает прорисовываться. Похоже, что по характеру влияния окситоциновой и вазопрессиновой систем на отношения между особями люди не очень отличаются от полевок.

Вводить нейропептиды живым людям в мозг затруднительно, а внутривенное введение дает совсем другой эффект. Эти вещества с большим трудом проходят через гематоэнцефалический барьер (*гематоэнцефалический барьер изолирует (частично, понимается) мозг от кровотока. Барьер образован плотными оболочками кровеносных сосудов, питающих мозг. Через эти оболочки не могут проникнуть в мозг многие крупные молекулы, а также вирусы*) и в кровотоке работают как гормоны, влияя на работу различных органов помимо мозга. Однако неожиданно оказалось, что можно вводить их перназально, то есть капать в нос, и эффект получается примерно таким же, как у крыс при введении прямо в мозг. Подобных исследований пока проведено не очень много, но результаты тем не менее впечатляют.

Когда мужчинам капают в нос вазопрессин, лица других людей начинают им казаться менее дружелюбными. У женщин эффект обратный: чужие лица становятся приятнее и у самих испытуемых мимика становится более дружелюбной (у мужчин — наоборот).

Опыты с перназальным введением окситоцина проводили пока только на мужчинах (это легко понять, учитывая, что в медицинской практике окситоцин применяется для стимуляции маточных сокращений у рожениц). Оказалось, что у мужчин от окситоцина улучшается способность понимать настроение других людей по выражению лица. Кроме того, мужчины начинают чаще смотреть собеседнику в глаза.

В других экспериментах обнаружился еще один удивительный эффект перназального введения окситоцина — повышение

доверчивости. Мужчины, которым ввели окситоцин, оказываются более щедрыми в "игре на доверие" (подробнее см. ниже, в разделе "Доверчивость и благодарность — наследственные признаки"). Они дают больше денег своему партнеру по игре, если партнер — живой человек, однако щедрость не повышается от окситоцина, если партнером является компьютер.

Два независимых исследования показали, что введение окситоцина может приводить и к вредным для человека последствиям, потому что доверчивость может стать чрезмерной. Нормальный человек в "игре на доверие" становится менее щедрым (доверчивым) после того, как его доверие один раз было обмануто партнером. Но у мужчин, которым закапали в нос окситоцин, этого не происходит: они продолжают слепо доверять партнеру даже после того, как партнер их "предал".

Если человеку сообщить неприятное известие, когда он смотрит на чье-то лицо, то это лицо впоследствии будет ему казаться менее привлекательным. Этого не происходит у мужчин, которым закапали в нос окситоцин.

Начинает отчасти проясняться и нейробиологический механизм действия окситоцина: например, оказалось, что он подавляет активность миндалины. По-видимому, это способствует снижению недоверчивости (люди перестают бояться, что их обманут). Возможно, потому и после спаривания самцы становятся спокойнее и смелее.

Можно ли привести разнообразные психологические эффекты, вызываемые окситоцином, к некоему общему знаменателю? Что их объединяет? Было высказано предположение, что общая направленность действия окситоцина на мужскую психику состоит в избирательном повышении чувствительности (восприимчивости) к социально значимым сигналам, имеющим "положительную" окраску. Альтернативная возможность состоит в том, что окситоцин обостряет восприимчивость к любым положительным стимулам, а не только к социально значимым.

При помощи элегантного эксперимента австралийским и германским психологам удалось подтвердить первую из двух гипотез (*Unkelbach et al., 2008*). В исследовании приняли участие 44 мужчины-добровольца. Их случайным образом поделили на две группы — опытную и контрольную. Первым закапали в нос окситоцин, вторым — водичку (плацебо). Непосредственно перед этим все участники прошли специальный тест на настроение. Через 45 минут после периназального введения окситоцина или плацебо они прошли тест повторно. Это

позволило установить, что окситоцин не улучшил и не ухудшил настроение испытуемых.

Затем начался главный этап эксперимента. Каждый участник должен был как можно быстрее определить, является ли слово, постепенно появляющееся на экране компьютера, "позитивным" или "негативным". Исследователи отобрали для эксперимента 60 слов, относящихся к пяти смысловым категориям, причем в каждой категории было шесть "позитивных" слов и столько же "негативных". Категории были следующие: 1) человеческие отношения (например, любовь/ненависть), 2) секс (поцелуй/бордель), 3) опасность или безопасность (защищенность/угроза), 4) радость или грусть (довольный/печальный), 5) иные позитивные и негативные слова (например, добродетель/преступление).

Каждый участник должен был "отгадать" все 60 слов. Сначала на экране демонстрировался черный прямоугольник. Испытуемый сам начинал тестирование, нажимая пробел. После этого черный прямоугольник постепенно "растворялся" в течение 8 секунд. Из-под него пиксель за пикселем проступало скрытое слово. Испытуемый должен был как можно быстрее определить, является слово положительным или отрицательным, и нажать соответствующую кнопку.

Полученные результаты подтвердили гипотезу о том, что окситоцин избирательно обостряет восприятие положительных социально значимых стимулов — и никаких других. Мужчины, которым был введен окситоцин, достоверно быстрее (в среднем примерно на 0,2 секунды) распознавали "положительные" слова из двух первых смысловых категорий (секс и отношения), однако окситоцин не повлиял на скорость узнавания всех прочих слов.

Результат остался статистически значимым после введения необходимых поправок на длину слов и частоту их встречаемости. Различия в настроении испытуемых, равно как и их личное мнение о реальных или воображаемых эффектах введения окситоцина (это определяли путем опроса через день после опыта), не повлияли на скорость узнавания слов. Введение окситоцина, по-видимому, не дает никаких осознаваемых эффектов.

Таким образом, окситоцин делает мужчин более восприимчивыми к сигналам и стимулам, несущим информацию, важную для установления хороших отношений (например, дружеских или сексуальных) с другими людьми. Скорее всего, на женщин он влияет точно так же — ведь у

других млекопитающих окситоцин регулирует привязанность самки к своим детям, а у моногамных видов — еще и к половому партнеру.

По мнению исследователей, перед обществом вскоре может встать целая серия новых "биоэтических" проблем. Следует ли разрешить торговцам распылять в воздухе вокруг своих товаров окситоцин? Можно ли прописывать окситоциновые капли разругавшимся супругам, которые хотят сохранить семью? Имеет ли право человек перед вступлением в брак выяснить аллельное состояние гена вазопрессинового рецептора V1a у своего партнера?

Пока суд да дело, окситоцин продается в любой аптеке. Правда, только по рецепту врача. Как упоминалось выше, его вводят роженицам внутривенно для усиления маточных сокращений. Он регулирует и роды, и откладку яиц у моллюсков и многие другие аспекты репродуктивного поведения.

Дофаминовые рецепторы влияют на способность учиться на ошибках

Гены дофаминовых рецепторов влияют на психику человека и других млекопитающих множеством разнообразных и порой неожиданных способов. Например, мутации, ведущие к уменьшению количества дофаминовых рецепторов второго типа (D2) в определенных участках мозга, приводят к импульсивному поведению и повышают риск развития наркотической или алкогольной зависимости. Кроме того, люди с пониженным количеством рецепторов D2 чаще страдают ожирением (так как склонны к обжорству), чаще становятся рабами других вредных или опасных привычек (таких, например, как страсть к азартным играм).

Одна из мутаций, приводящих к снижению числа дофаминовых рецепторов, известна под названием A1. У носителей этой мутации количество дофаминовых рецепторов D2 понижено примерно на 30 %.

Речь идет, конечно, не о жесткой генетической предопределенности того или иного типа поведения, а всего лишь о некоторой статистической тенденции. Например, в большой выборке наркоманов может оказаться 7–8 % людей, гомозиготных по аллелю A1, а среди здоровых мы обнаружим только 2–3 % таких гомозигот. Таким образом, большинство наркоманов имеют "нормальный" генотип, а большинство гомозигот по A1 на самом деле не являются наркоманами (а кто решил, что это предложение противоречит предыдущему, тот не учел, что наркоманы составляют сравнительно небольшой процент населения). При этом фраза "гомозиготность по A1 повышает риск развития наркомании" вполне корректна.

Считается, что уменьшение количества рецепторов D2 ведет к недостатку положительных эмоций, и это толкает людей на поиск экстремальных способов получения радости от жизни. Однако механизм связи между недостатком дофаминовых рецепторов и различными видами опасного поведения может быть и иным.

Ведь дофамин — не только "вещество удовольствия", он выполняет в мозге несколько разных функций, в том числе участвует в

процессах обучения.

Германские нейробиологи предположили, что, возможно, недостаток дофаминовых рецепторов снижает способность людей учиться на собственных ошибках, то есть делать правильные выводы из негативного опыта и не повторять поступков, которые привели к дурным последствиям (*Klein et al., 2007*).

Для проверки этого предположения был поставлен эксперимент, в котором приняли участие 26 здоровых мужчин 25–28 лет, 12 из которых были носителями аллеля A1. Эксперимент состоял из двух этапов: "обучения" и "проверки". В ходе обучения испытуемые должны были 140 раз подряд выбрать один из двух символов (допустим, А или Б), последовательно появляющихся на экране. За "правильное" угадывание давалось вознаграждение. Каждый раз "правильным" мог оказаться любой из двух символов, но с разной вероятностью. Например, символ А вознаграждался в 80 % процентах случаев, а символ Б – только в 20 % (в других экспериментах использовались соотношения вероятностей 70:30 и 60:40).

В ходе "обучения" испытуемые, конечно, замечали, что символ А приносит им удачу чаще, чем Б. Две группы не различались по средней частоте выбора "хорошего" и "плохого" символов в процессе обучения. То есть обучение, казалось бы, прошло одинаково успешно независимо от наличия или отсутствия аллеля A1. Но обучение в данном случае могло строиться на двух разных принципах: "избегать плохого" и "выбирать хорошее". Иными словами, испытуемые могли учиться как на ошибках, так и на позитивном опыте. Второй этап эксперимента был нужен как раз для того, чтобы разделить эти две возможности.

На втором этапе испытуемым снова предлагали на выбор два символа – один уже знакомый ("хороший" А или "плохой" Б), а второй – новый, незнакомый. Это позволяло понять, чему, собственно, научились испытуемые: избегать "плохого" символа или выбирать "хороший".

И вот тут между двумя группами выявились достоверные различия. Люди без аллеля A1 одинаково хорошо научились выбирать символ А и не выбирать символ Б. Иными словами, они сделали правильные выводы как из позитивного, так и из негативного опыта. Люди с аллелем A1 уверенно выбирали "хороший" символ А, а вот избегать символа Б они не научились (выбирали его с той же частотой, что и спаренный с ним незнакомый символ). Таким образом, они не сделали выводов из своих ошибок, негативный опыт не запечатлелся у них в памяти.

В ходе опытов ученые следили за состоянием мозга испытуемых при помощи фМРТ. Оказалось, что у людей с аллелем A1 при неправильном выборе слабее возбуждался особый участок лобной коры – ростральный отдел поясной извилины {rostral cingulate zone, RCZ}, который, как было показано ранее, участвует в "обучении на ошибках". Был выявлен также ряд других различий в работе мозга во время получения негативного опыта в двух группах испытуемых. В частности, оказалось, что у людей без аллеля A1 при "неправильном"

выборе RCZ работает скоррелированно с гиппокампом (который отвечает за формирование долговременной памяти) и прилежащим ядром, которое участвует в эмоциональной оценке приобретаемого опыта и в котором много дофаминовых нейронов. У носителей аллеля A1 никаких корреляций в работе RCZ, гиппокампа и прилежащего ядра в ходе приобретения негативного опыта не наблюдалось.

В целом полученные результаты говорят о том, что нормальная работа дофаминовых систем головного мозга необходима для того, чтобы человек мог эффективно учиться на своих ошибках. Нарушение работы дофаминовых нейронов (например, из-за недостатка дофаминовых рецепторов, как у носителей аллеля A1) может приводить к игнорированию негативного опыта. Человек попросту перестает реагировать на отрицательные последствия своих поступков и поэтому может раз за разом наступать на те же грабли.

Эндорфины сделали нас людьми?

В главе "Мы и наши гены" (кн. 1) мы уже говорили об охоте за "генами человечности", которую биологи ведут, сравнивая геномы человека, шимпанзе, макаки резуса и других млекопитающих. Один из лучших трофеев этой охоты я нарочно припас для главы, посвященной психогенетике. Почему — сейчас станет ясно.

В 2005 году группа исследователей под руководством Грегори Рэя из Университета Дьюка (США) обнаружила, что все люди отличаются от других обезьян несколькими мутациями в регуляторной области гена, кодирующего белок продинорфин (*Rockman et al., 2005*).

Продинорфин является предшественником (т. е. исходным материалом для производства) нескольких нейропептидов-эндорфинов, связанных с регуляцией эмоционального статуса и влияющих на поведение, формирование социальных связей (привязанностей) и даже на способности к обучению и запоминанию. Последнее, впрочем, не так уж удивительно (попробуйте-ка что-нибудь выучить или запомнить, когда у вас очень плохое настроение). По своей структуре и характеру действия эндорфины сходны с опиатами. Некоторые наркотики вызывают чувство эйфории как раз потому, что связываются с рецепторами эндорфинов.

Интересно, что кодирующая часть гена (участок, в котором закодирована структура белка) у человека такая же, как у других обезьян. Естественный отбор исправно отсеивал все возникающие здесь изменения. Поэтому и сам продинорфин, и образующиеся из него нейропептиды — эндорфины — идентичны у всех обезьян, включая человека. Изменилась только регуляторная область гена — участок, от строения которого зависит, в каких ситуациях данный ген будет включаться и выключаться и с какой интенсивностью будет осуществляться его считывание (то есть в конечном итоге — сколько будет синтезироваться продинорфина) в зависимости от тех или иных стимулов.

Ученым удалось показать, что замена "обезьяньего" регуляторного участка на "человеческий" приводит к небольшому (примерно на 20 %) увеличению синтеза продинорфина. Может быть, эволюционный смысл данного генетического изменения состоит в увеличении количества эндорфинов, вырабатываемых клетками мозга?

В принципе это не исключено. Пожалуй, можно допустить, что люди способны испытывать более интенсивные положительные эмоции, чем шимпанзе. Людям приходится совершать много такого, чего шимпанзе в жизни не сделает. Например, идти на серьезные жертвы ради ближнего. Во время войн люди систематически — и иногда даже добровольно — идут на смерть ради неких абстрактных идей вроде "независимости родной страны". Женщины *Homo sapiens* испытывают совершенно не обезьяньи страдания во время родов и потом не обезьяньи долго нянчатся с беспомощными малышами. Безусловно, для этого нужно сильное внутреннее подкрепление, могучая "система награды". После родов, кстати, происходит мощный выброс эндорфинов в кровь. Может быть, все так и есть, и наши человеческие чувства восторга, счастья, душевного подъема значительно превосходят по силе аналогичные переживания шимпанзе? Я лично готов в это поверить, хотя экспериментально подтвердить (или опровергнуть) такую гипотезу трудно. Но дело, скорее всего, не только в том, что эндорфинов стало производиться больше, но и в том, что усиленный синтез эндорфинов стал происходить в ответ на какие-то иные стимулы. Все это могло серьезно изменить мотивацию человеческих поступков, наши желания и жизненные цели.

Некоторые вариации в строении регуляторной области продинорфинового гена у человека коррелируют с предрасположенностью к шизофрении, эпилепсии и кокаиновой зависимости. Однако в ходе эволюции у наших предков возникли и закрепились другие изменения, оказывающие, вероятно, более тонкое и гораздо более благотворное воздействие на систему эмоциональной регуляции поведения. К сожалению, в чем именно состоит это воздействие, пока остается неизвестным. Самым надежным способом это выяснить было бы создать генетически модифицированного человека, у которого человеческая регуляторная область продинорфинового гена была бы заменена на шимпанзиную, и посмотреть, как это существо будет себя вести. По вполне понятным причинам проводить такой эксперимент никто не будет. Столь же трудноразрешимые морально-этические проблемы стоят и на пути создания трансгенных шимпанзе с человеческой регуляторной последовательностью. Подобные опыты можно проводить лишь на отдельных клетках (именно таким способом, создавая трансгенные нейроны, исследователи обнаружили усиление синтеза продинорфина при замене "обезьяньего" регуляторного участка "человеческим").

Судя по некоторым характерным признакам, о которых говорилось в первой части книги (таким как сниженный уровень полиморфизма в окрестностях изменившегося регуляторного участка), "человеческий" вариант гена закрепился под действием положительного отбора. Это означает, что возникшие мутации были селективно выгодны, их носители оставляли в среднем больше потомков, чем носители старых, исходных вариантов гена.

Интенсивный отбор определенных вариантов продинорфинового гена продолжался и после того, как наши предки вышли из своей африканской прародины и заселили другие континенты. В разных условиях, по-видимому, оказывались выгодными разные модели поведения, поэтому человеческие популяции сильно отличаются друг от друга по частоте встречаемости разных вариантов гена. На отбор тех или иных вариантов могли оказывать влияние природные и культурные факторы, в частности местные традиции употребления опиоидов растительного происхождения или особые практики, влияющие на синтез эндорфинов, такие как акупунктура. При этом те несколько мутаций, которые отличают нас от других обезьян, сохранились у всех современных людей в неизменном виде.

Политологам пора учить генетику

Аристотель, которого считают основоположником научной политологии, называл человека "политическим животным". Очень неплохое определение даже по меркам сегодняшнего дня! Однако до самых недавних пор политологи не рассматривали всерьез возможность влияния биологических факторов (таких как генетическая вариабельность) на политические процессы. Политологи разрабатывали свои собственные модели, учитывающие десятки различных социологических показателей, но даже самые сложные из этих моделей могли объяснить не более трети наблюдаемой вариабельности поведения людей во время выборов. Чем объясняются остальные две трети? Похоже, ответ на этот вопрос могут дать нейробиологи и генетики.

"Политическое мышление", по-видимому, является одним из важнейших аспектов социального интеллекта. В повседневной жизни нам (как и другим приматам) постоянно приходится решать задачи "политического" характера: кому можно доверять, а кому нет; как вести себя с разными людьми в зависимости от их положения в общественной иерархии; как повысить свой собственный статус в этой иерархии; с кем заключить альянс и против кого (см. главу "Общественный мозг"). Нейробиологические исследования показали, что при решении подобных задач возбуждаются те же самые участки мозга, что и при обдумывании глобальных политических проблем, вынесении суждений о том или ином политическом деятеле или партии.

Однако это наблюдается только у людей, разбирающихся в политике, — например, у убежденных сторонников демократической или республиканской партии в США. Демократы и республиканцы используют для генерации политических суждений одни и те же "социально ориентированные" участки мозга. Если же попросить высказаться о национальной политике людей, которые политикой не интересуются, то у них возбуждаются совсем другие участки мозга — те, которые отвечают за решение абстрактных задач, не связанных с человеческими взаимоотношениями (например, задач по математике). Это не значит, что у политически наивных людей плохо работает социальный интеллект. Это значит лишь, что они не разбираются в национальной политике, и потому соответствующие задачи их мозг

проводит по разряду "абстрактных", и социально ориентированные контуры не задействуются. Нарушение работы этих контуров характерно для аутистов, которые могут очень хорошо справляться с абстрактными задачами, но не могут общаться с людьми. С другой стороны, отсутствие интереса к политике может быть не только причиной, но и следствием того, что политические вопросы не возбуждают "социальные" участки мозга у данного гражданина.

Крупномасштабные политические проблемы впервые встали перед людьми совсем недавно в эволюционном масштабе времени. Судя по всему, для решения мировых проблем мы используем старые, проверенные генетические и нейронные контуры, которые развились в ходе эволюции для регуляции наших взаимоотношений с соплеменниками в небольших коллективах. А если так, то для понимания политического поведения людей совершенно недостаточно учитывать только социологические данные. Политологам пора объединить свои усилия со специалистами по генетике поведения, нейробиологами и эволюционными психологами (*Fowler, Schreiber, 2008*).

Первые научные данные, указывающие на то, что политические взгляды отчасти зависят от генов, были получены в 1980-е годы (*Martin et al., 1986*), но поначалу эти результаты казались сомнительными. Убедительные доказательства наследуемости политических убеждений, а также других важных личностных характеристик, влияющих на политическое и экономическое поведение, удалось получить в последние 5–6 лет в ходе изучения большого количества пар близнецов (*Alford et al., 2005*). Было показано, что склонность людей вступать в те или иные политические партии отчасти наследуется и даже результаты выборов могут в известной мере зависеть от генотипа голосующих. По-видимому, не менее трети вариабельности по политическим взглядам определяется генами, около половины — факторами среды, различающимися для близнецов из одной пары, и лишь около 1/6 — общими для близнецов условиями воспитания в семье.

Разумеется, мы не должны забывать, что влияние генов на убеждения — как и на любой другой психологический или поведенческий признак — лишь статистическое, вероятностное; оно никогда не бывает строго детерминистическим. Это утверждение в самой общей форме справедливо для большинства связей между причинами и следствиями в живой природе.

Итак, стало ясно, что политические пристрастия в значительной

мере являются наследственными. Но какие именно гены на них влияют? В этом направлении пока сделаны лишь первые шаги. Например, недавно было показано влияние гена дофаминового рецептора D2 на политическую активность: один из вариантов этого гена (аллель A2) на 8 % повышает вероятность того, что человек вступит в какую-нибудь политическую партию; носители этого аллеля активнее участвуют в выборах (*Dawes, Fowler., 2009*). Об этом гене (*DRD2*) мы уже упоминали: некоторые его аллели влияют на склонность к алкоголизму, пристрастие к азартным играм и импульсивному поведению.

Еще меньше, чем о конкретных "генах политического поведения", известно о характере взаимодействия этих генов с культурно-социальными факторами. Между тем всеми признается, что конечный результат — политические взгляды (как и любой другой психологический признак) — формируется именно в ходе такого взаимодействия.

В октябре 2010 года группа американских исследователей во главе с генетиком Джеймсом Фуллером из Калифорнийского университета в Сан-Диего сообщила о новых результатах, проливающих свет на роль другого дофаминового рецептора — D4 — в формировании политических взглядов у молодых американцев.

Мы уже говорили в главе "Великое расселение сапиенсов" (кн. 1), что один из аллелей (7R) гена *DRD4* способствует склонности к поиску новизны и авантюризму. Связь между политическими взглядами и восприятием новизны была выявлена недавно в ходе нейробиологических исследований. Оказалось, что у либералов и консерваторов мозг по-разному реагирует на неожиданные ситуации: когда на экране компьютера появляется не то, что ожидалось, у либералов сильнее возбуждаются участки мозга, отвечающие за восприятие новизны (*Amodio et al., 2007*). Кроме того, в ряде психологических исследований была показана связь между поиском новизны и склонностью к политическому либерализму. Исходя из этих фактов, авторы решили проверить, не влияет ли ген *DRD4* и в особенности его аллель 7R на политические убеждения.

В основу работы легли данные, полученные в ходе выполнения долгосрочной национальной программы по изучению факторов, влияющих на здоровье (The National Longitudinal Study of Adolescent Health). Суть программы — в систематическом наблюдении за большой выборкой молодых американцев, которым в момент старта программы, в 1994–1995 учебном году, было от десяти до 18 лет, а сейчас, когда я

пишу эти строки, им, соответственно, от 27 до 35.

У 2574 участников были взяты пробы ДНК и определено аллельное состояние гена *DRD4*. В выборке обнаружилось 5 % гомозигот по аллелю 7R (то есть носителей двух копий этого аллеля), 33 % гетерозигот (носителей одной копии) и 62 % гомозигот по отсутствию этого аллеля. В подростковом возрасте все участники были подробно протестированы, в том числе их просили указать имена своих близких друзей. Можно было написать от нуля до десяти имен (максимум пять мужских и пять женских). Затем по прошествии восьми лет, когда участникам было от 18 до 26, их протестировали на политические взгляды. В частности, нужно было оценить собственные убеждения по пятибалльной либерально-консервативной шкале: участник должен был указать, являются ли его взгляды "очень консервативными" (1 балл), "консервативными" (2), "промежуточными" (3), "либеральными" (4) или "очень либеральными" (5).

Тщательный статистический анализ полученных данных, в который были включены все необходимые поправки на пол, возраст, социальное положение семьи и т. д., показал, что между наличием аллеля 7R и идеологией (положением на либерально-консервативной шкале) нет прямой связи. Но это не обескуражило исследователей, потому что они изначально предполагали, что влияние гена может быть не прямым, а опосредованным и проявляться только в комплексе с какими-то социальными факторами.

Это предположение подтвердилось. Авторам удалось показать, что идеология достоверно зависит от комбинации двух факторов: наличия аллеля 7R и количества друзей в юности. Если у человека две копии аллеля 7R и при этом много друзей, то вероятность того, что он окажется либералом, заметно повышается. При этом между наличием 7R и количеством друзей связи нет: среднее число друзей юности примерно одинаково у лиц с этим аллелем и без него.

У людей, имеющих только одну или ни одной копии аллеля 7R, количество друзей не влияет на политические взгляды. При любом количестве друзей их положение на шкале остается примерно одинаковым — в среднем около 2,8 баллов. Напротив, у лиц, имеющих две копии аллеля 7R, положение на этой шкале линейно зависит от числа друзей в юности: от примерно 2,8 при отсутствии друзей до 3,2 при наличии десяти друзей. Иными словами, большое число друзей может продвинуть носителя двух копий 7R почти на половину (40 %) расстояния от "консерватора" до "умеренного" или от "умеренного" до

"либерала". Это очень существенное влияние, которое было подтверждено при помощи нескольких взаимодополняющих статистических методов.

Ни большое число друзей, ни наличие аллеля 7R по отдельности не делают человека либералом. Однако вместе эти два фактора — генетический и социальный, врожденный и средовой (**количество друзей обладает низкой наследуемостью, то есть этот признак мало зависит от генов**) — оказывают существенное влияние на политические взгляды.

Авторы по-честному отмечают, что подобные новаторские результаты, как правило, начинают считаться твердо доказанными лишь после того, как несколько исследовательских групп независимо подтвердят их на разных выборках. Пока же, по мнению авторов, лучше не объявлять на весь мир об "открытии гена либерализма" (что, впрочем, уже успели сделать некоторые журналисты). Главная ценность исследования в том, что оно наглядно продемонстрировало **специфическое взаимодействие между генетическими и социальными факторами**, совместно влияющими на формирование политических взглядов.

Интерпретировать обнаруженную взаимосвязь в принципе можно по-разному, но самым простым и логичным объяснением представляется следующее. Аллель 7R способствует тому, что человек получает больше удовольствия от всего нового, он хуже переносит однообразие и любит знакомиться с разными новыми идеями. Подростковый период очень важен для формирования политических убеждений и идеологических пристрастий. Именно в этом возрасте человек особенно восприимчив к идейному влиянию сверстников. Если в этот период человек, радостно воспринимающий новизну, тесно общается со многими разными людьми, он с большой вероятностью научится благожелательно относиться к различающимся взглядам на мир и в дальнейшем будет терпимее ко всяким нетрадиционным идеям и веяниям, то есть будет склонен к либерализму.

Хотя при формировании дружеских связей наблюдается некоторая положительная ассортативность по взглядам (то есть дружат чаще единомышленники), тем не менее специальные исследования выявили значительную вариабельность по политическим взглядам в группах, связанных узами дружбы. Поэтому предположение о том, что число друзей положительно коррелирует с разнообразием взглядов, с которыми человек близко соприкасается в подростковом возрасте, выглядит

правдоподобным. Самой по себе тяги к новизне — без достаточно разнообразного круга общения, — по-видимому, не хватает для формирования склонности к либерализму. Так же и человек, генетически не склонный получать удовольствие от новых ощущений, не проникнется должной симпатией к различающимся взглядам, даже если круг общения у него широкий.

Разумеется, не следует думать, что склонность к либерализму или консерватизму зависит только от сочетания аллельного состояния гена *DRD4* с количеством друзей юности. Этот признак, скорее всего, зависит от многих генов и факторов среды (культурной и социальной) и от бесчисленных взаимодействий между ними. Однако влияние большинства этих факторов и взаимодействий, если брать их по отдельности, скорее всего, очень невелико. На современном этапе удастся обнаружить только самые сильные и очевидные из существующих причинно-следственных связей такого рода.

Доверчивость и благодарность — наследственные признаки

Для понимания человеческой эволюции особое значение имеет изучение генетического базиса психологических признаков, связанных с кооперативным поведением, без которого существование устойчивых социальных структур у приматов невозможно. Этой теме целиком посвящена одна из последующих глав, а здесь мы рассмотрим лишь некоторые факты, наглядно демонстрирующие наследственный характер таких признаков.

На пчелах, бактериях и других общественных организмах, не способных к социальной и культурной эволюции, изучать становление кооперации и альтруизма проще, поскольку сразу можно с достаточной долей уверенности предполагать, что разгадка кроется в генах, определяющих поведение, а не в воспитании, культуре и традициях. Какие могут быть традиции у бактерий? С приматами, особенно с человеком, сложнее: здесь помимо обычной биологической эволюции, основанной на отборе генов, необходимо учитывать еще и культурную эволюцию, основанную на отборе мемов (в данном случае речь идет о таких мемах, как морально-нравственные нормы, правила поведения в обществе и взаимоотношений между людьми)

Ясно, что способность к кооперативному и альтруистическому поведению в основе своей заложена в наших генах — ведь кооперация была необходима нашим предкам для выживания задолго до того, как они овладели речью и тем самым создали "питательную среду" для быстрого распространения и эволюции мемов. Ясно, что практически любой здоровый человек при соответствующем воспитании способен научиться вести себя более или менее "кооперативно" и "альтруистично". Значит, некий минимально необходимый генетический базис альтруизма есть у всех нас — соответствующие гены прочно зафиксировались в человеческой популяции. Однако до сих пор имеется очень мало экспериментальных данных, на основании которых можно судить о том, в какой фазе находится эволюция альтруизма в современном человечестве: то ли генетический этап давно закончился и сегодня актуальными являются только социально-культурные аспекты этой эволюции, то ли эволюция альтруизма продолжается и на уровне генов.

В первом случае следует ожидать, что наследственная изменчивость людей по поведенческим признакам, связанным с альтруизмом, кооперацией и взаимным доверием, очень мала или вовсе отсутствует, а столь очевидные всем нам различия по уровню доброты и порядочности объясняются исключительно внешними факторами — воспитанием, условиями жизни и разными случайными обстоятельствами.

Во втором случае мы должны ожидать, что эти различия отчасти объясняются также и наследственными факторами, то есть генами. "Отчасти" — потому что роль внешних факторов в становлении человеческой личности слишком очевидна, чтобы кому-то пришло в голову ее отрицать. Вопрос ставится следующим образом: оказывают ли сегодня индивидуальные генетические различия **хоть какое-то влияние** на наблюдаемую вариабельность людей по степени кооперативности, альтруизма и взаимного доверия.

В поисках ответа на этот вопрос две группы психологов и антропологов из Швеции и США независимо друг от друга провели почти идентичные исследования. В обоих случаях для оценки соотношения роли генов и воспитания сравнивалось поведение одно- и разнояйцевых близнецов, а для оценки степени альтруизма и кооперации использовалась классическая "игра на доверие" (см. ниже).

Две группы ученых узнали о существовании конкурентов только тогда, когда все эксперименты были уже проведены и все данные собраны. Вместо того чтобы писать наперегонки свои статьи и бороться за приоритет, ученые поступили так, как подобает специалистам, изучающим кооперативное поведение, — они скооперировались и опубликовали совместную статью (*Cesarini et al., 2008*). Благо и результаты у них получились очень похожие.

Игра на доверие, которая в последнее время широко применяется в психологических исследованиях и считается надежным тестом на кооперативность, состоит в следующем. В игре участвуют двое незнакомых людей. Игроки не видят друг друга и играют друг с другом только один раз, поэтому у них нет никаких оснований рассчитывать на благодарность или опасаться мести партнера. Тем самым исключается элемент реципрокности (взаимности). Первому игроку ("доверяющему") выдается некая сумма реальных денег. Игрок может оставить ее всю себе, а может какую-то часть (или всю сумму) пожертвовать в пользу второго игрока. Пожертвованная сумма утраивается экспериментаторами и вручается второму игроку ("благодарящему").

После этого "благодарящий" может оставить себе все деньги, а может какую-то часть передать первому игроку. На этом игра заканчивается.

С точки зрения классической теории игр, самая выгодная стратегия для обоих игроков — это оставить себе все полученные деньги. "Доверяющий", в принципе, мог бы рискнуть и пожертвовать часть денег "благодарящему", рассчитывая на его доброту. Но для благодарящего оптимальной стратегией в этом случае будет ничего не возвращать. Вернув часть денег, "благодарящий" только потерпит убыток, не получив ничего взамен. "Доверяющий", понимая это, должен сообразить, что рисковать нет никакого смысла.

Но так обстоит дело только с точки зрения теории игр, которая учитывает прямые корыстные интересы игроков и пренебрегает более тонкими аспектами мотивации человеческого поведения. Многочисленные эксперименты показали, что реальные люди обычно и "доверяют", и "благодарят", причем порой весьма щедро.

Игра на доверие зарекомендовала себя как хороший тест, позволяющий оценивать влияние различных факторов на доверчивость и благодарность. Например, показано, что у людей повышается уровень окситоцина, когда им оказывают доверие; мы уже упоминали и об обратном эффекте: искусственное увеличение уровня окситоцина ведет к росту доверчивости.

Шведы привлекли к участию в эксперименте 658 человек (71 пару разнояйцевых однополых и 258 пар однояйцевых близнецов), а американцы — 706 (75 пар разнояйцевых однополых и 278 пар однояйцевых). Методики немного различались. В Швеции каждый испытуемый играл в игру на доверие с представителем другой близнецовой пары, выигранные деньги получал спустя несколько дней, а "благодарящий" должен был заранее решить, как он отреагирует на ту или иную полученную от "доверяющего" сумму. В Америке испытуемые играли с посторонними людьми, не имеющими близнецов; деньги получали сразу, а "благодарящий" принимал решение лишь после того, как узнавал о решении "доверяющего". Тот факт, что, несмотря на эти различия, результаты получились сходными, подтверждает их надежность.

Сравнение поведения одно- и разнояйцевых близнецов, а также неродственных людей в игре на доверие позволило ученым оценить степень влияния на доверчивость и благодарность следующих ТРЕХ ГРУПП ФАКТОРОВ.

1. **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ.** У однояйцевых близнецов все гены

полностью идентичны. У разнояйцевых близнецов, как у обычных братьев и сестер, абсолютно идентична в среднем лишь половина генома, а во второй половине могут быть различия по полиморфным локусам (*полиморфные локусы — участки генома, которые могут различаться у разных особей одного и того же вида. Мономорфные локусы у всех особей одинаковы*). Наконец, у неродственных людей различия могут быть во всех полиморфных локусах.

2. ОБЩИЕ ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ — те условия воспитания, которые являются одинаковыми для близнецов, воспитываемых в одной семье. Ранее высказывалось предположение, что родители могут более "одинаково" воспитывать однояйцевых близнецов, чем разнояйцевых, усиливая тем самым сходство первых и различие вторых. Но это предположение не подтвердилось: было показано, что в тех случаях, когда родители по ошибке считают своих разнояйцевых детей однояйцевыми, это не приводит к увеличению сходства в поведении близнецов.

3. РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ — в эту группу попадают все прочие условия воспитания, жизненный опыт, а заодно и всевозможные случайности и даже неточности и ошибки в проведении эксперимента.

Оказалось, что три группы факторов влияют на степень доверчивости в пропорции 0,20:0,12:0,68 у шведов и 0,10:0,08:0,82 у американцев; на степень благодарности — в пропорции 0,18:0,17:0,66 у шведов и 0,17:0,12:0,71 у американцев.

Таким образом, самое большое влияние оказывают различающиеся внешние факторы в комплексе со всеми случайностями и ошибками; на втором месте — гены, на третьем — общие внешние факторы (то есть семья). Применение дополнительных статистических процедур позволило показать, что ролью последних вообще можно пренебречь без особых потерь — модели, объясняющие наблюдаемую вариабельность только на основе генов и различающихся факторов, справляются со своей задачей не хуже, чем модели, учитывающие все три группы факторов. Однако если исключить из модели гены или различающиеся факторы, качество модели снижается очень резко.

Таким образом, наблюдаемые различия по степени доверчивости и благодарности как минимум на 10–20 % предопределены генетически. Это очень серьезный вывод, имеющий далеко идущие последствия. Значит, не все зависит от воспитания и опыта — кое-что осталось и на долю генов. Есть люди, от рождения более склонные доверять другим и

вознаграждать за оказанное доверие, и есть недоверчивые от природы, не склонные тратить много ресурсов на выражения благодарности.

Это означает также, что биологическая эволюция альтруизма в человечестве еще не закончена. В популяции сохранился полиморфизм по генам, определяющим большую или меньшую склонность к кооперативному поведению и взаимному доверию. Можно предположить, что в разных природных, социальных и экономических условиях естественный отбор благоприятствует то доверчивым кооператорам, то недоверчивым эгоистам, и переменчивость этих условий способствует сохранению полиморфизма.

Есть и другой вариант объяснения, основанный не на переменчивости условий, а на частотно-зависимом "балансирующем" отборе. Чем больше кругом доверчивых альтруистов, тем выгоднее быть "недоверчивым", паразитируя на чужой доброте; но если паразитов становится много, их стратегия оказывается уже не столь выгодной, да и общество начинает воспринимать их как реальную угрозу и вырабатывать меры для обуздания эгоизма.

Может показаться, что 10–20 % — это пустяк по сравнению с влиянием различающихся внешних условий. Однако авторы отмечают, что полученные ими оценки влияния генов на доверчивость и благодарность, скорее всего, сильно занижены. Во-первых, в категорию различающихся внешних факторов попали все случайности и ошибки. На решение игрока могла повлиять какая-нибудь мелочь — случайно пришедшая в голову мысль, воспоминание, пролетевшая за окном муха. Если бы каждый испытуемый участвовал в нескольких играх с разными партнерами, результаты почти наверняка показали бы более значительную роль наследственности (а также и общих внешних факторов). Но в проведенных экспериментах каждый испытуемый участвовал только в одной игре с одним-единственным партнером.

Во-вторых, использованные учеными статистические модели основывались на предположении об отсутствии ассортативного скрещивания по исследуемым признакам (ассортативное скрещивание — предпочтительное скрещивание генетически сходных особей). Иными словами, предполагалось, что люди с равной вероятностью вступают в брак как с доверчивыми и благодарными, так и с недоверчивыми и неблагодарными партнерами, независимо от того, к какой категории относятся они сами. Если же на самом деле кооператоры предпочитают вступать в брак с другими кооператорами, а эгоисты — с эгоистами, то различия между разнояйцевыми близнецами по "генам доверчивости" в

действительности меньше, чем предполагалось в моделях (поскольку их родители более сходны между собой по этим генам). Это должно было привести к занижению полученных оценок роли наследственности (влияние генов частично было интерпретировано как влияние воспитания). Одним словом, весьма вероятно, что в действительности гены обуславливают **более 20 %** имеющихся различий по степени доверчивости и благодарности.

Авторы отмечают, что специалистам в области гуманитарных наук может показаться неожиданным вывод о том, что генетические различия сильнее влияют на вариабельность кооперативного поведения, чем различия в общих внешних факторах. Однако это вполне соответствует тем выводам, к которым пришли в последние годы специалисты по генетике поведения. В 2000 году Эрик Туркхеймер сформулировал "три закона генетики поведения" (*Turkheimer, 2000*), второй из которых гласит, что эффект воспитания в одной и той же семье обычно менее значителен, чем влияние генов.

Все это выглядит довольно неутешительно для родителей: получается, что от воспитания в семье "кооперативные" качества ребенка зависят лишь в очень малой степени. Заметно большее влияние оказывают гены, еще большее — те внешние факторы и жизненный опыт, на которые семья повлиять не может. Практический вывод из этого очень простой. Если вы хотите, чтобы ваши дети были добрыми, лучше не стройте лишних иллюзий о "правильном воспитании", а выбирайте себе доброго брачного партнера — так будет надежнее.

Три закона генетики поведения Э. Туркхеймера

ЗАКОН ПЕРВЫЙ. Все поведенческие признаки людей — наследственные, то есть в какой-то мере зависят от генов.

ЗАКОН ВТОРОЙ. Эффект генов сильнее, чем эффект воспитания в одной семье.

ЗАКОН ТРЕТИЙ. Значительная часть вариабельности людей по сложным поведенческим признакам не объясняется ни генами, ни влиянием семьи (*Turkheimer, 2000*).

Эти три закона представляют собой эмпирические обобщения, "выстраданные" специалистами по генетике человеческого поведения в ходе многолетних исследований. Разумеется, из этих законов есть исключения, и в специальной литературе они сопровождаются множеством оговорок.

В поисках "генов доброты"

Мы уже знаем, что, если закапать человеку в нос окситоцин, у него повышаются доверчивость и щедрость. Еще мы знаем, что эти черты характера являются отчасти наследственными. Исходя из этих фактов, естественно предположить, что те или иные варианты (аллели) генов, связанных с синтезом окситоцина или с его восприятием нейронами мозга, могут влиять на склонность людей доверять другим и делиться с ними ценными ресурсами (например, деньгами).

Именно так и рассуждали израильские генетики, обнаружившие в 2009 году связь между некоторыми аллельными вариантами гена *OXTR* и склонностью людей проявлять бескорыстный альтруизм (*Israel et al., 2009*). Ген *OXTR* кодирует окситоциновый рецептор — белок, отвечающий за восприимчивость нейронов к окситоцину.

Ранее теми же авторами была проделана аналогичная работа с геном вазопрессинового рецептора *V1a*. Оказалось, что между некоторыми вариациями в нуклеотидной последовательности регуляторных участков этого гена и готовностью людей поделить деньги с незнакомцем существует прямая связь. Мы уже упоминали об этом результате в разделе "Нейрохимия личных отношений".

Однако было бы наивно предполагать, что ген рецептора *V1a* является единственным геном, влияющим на эти черты характера. Специалисты, изучающие генетику поведения, хорошо знают, что так не бывает практически никогда. Сложные поведенческие признаки зависят от множества генов (ну и от среды, разумеется).

В исследовании приняли участие две группы испытуемых: первая состояла из 203 студентов обоего пола, вторая — из 98 взрослых женщин.

Для определения склонности к альтруизму использовались два стандартных теста, которые иногда не совсем правильно называют "играми". Первый тест называется "Диктатор". В этом тесте участвуют два человека, но только один из них совершает активные действия (принимает решения), а второй абсолютно пассивен. В данном случае второго участника на самом деле вообще не было, но испытуемые об этом не знали. Каждому участнику говорили, что он "играет" с другим человеком, ему не знакомым, причем экспериментаторы гарантировали полную анонимность. То есть испытуемые не опасались мести партнера

и не рассчитывали на его благодарность. Испытуемый получал небольшую сумму денег (50 шекелей) и должен был по своему усмотрению распределить ее между собой и невидимым партнером. Он мог спокойно оставить все деньги себе — и это было бы единственно правильным решением с точки зрения теории игр.

Впрочем, как мы уже знаем, многие человеческие поступки нельзя адекватно объяснить при помощи теории игр, то есть с позиций личной выгоды (*Henrich et al., 2005*). Как показывает практика, большинство людей в этой ситуации все-таки делятся с партнером. "Игра" на этом заканчивается. Деньги были настоящие, сколько денег испытуемый оставлял себе, столько и уносил с собой. Сумма, пожертвованная несуществующему партнеру, оставалась у экспериментаторов.

Во втором тесте испытуемому предлагали принять серию экономических решений по разделу денег. В каждом случае нужно было выбрать один из трех вариантов раздела. Варианты могли быть, например, такие: 1) себе взять 500 условных денежных единиц, партнеру не дать ничего; 2) себе 500 и партнеру 500; 3) себе 550, партнеру — 300. В данном случае выбор первого варианта свидетельствует об иррациональном (с точки зрения теории игр) желании напакостить партнеру, третьего — об обычном "здоровом эгоизме", выбор второго варианта является актом альтруизма (причем стимулом к выбору второго варианта может быть также стремление к равенству — эгалитаризм). По совокупности принятых решений можно оценить степень "просоциальности" испытуемого, то есть его склонность проявлять заботу об интересах партнера, в том числе и в ущерб своим личным интересам. В этом тесте деньги тоже были настоящие: после тестирования у. е. переводились в наличные, и испытуемый получал свою долю сполна.

Результаты тестирования затем сопоставлялись с результатами генетического анализа.

В некодирующих (предположительно регуляторных) областях гена *OXTR* имеется несколько так называемых однонуклеотидных полиморфизмов, или снипов (single nucleotide polymorphisms, SNP). Большая часть гена *OXTR* одинакова у всех людей (это справедливо и для всех прочих генов), но по некоторым нуклеотидам разные версии гена могут различаться. Именно эти нуклеотиды, которые могут быть разными у разных людей, и называют снипами.

У всех испытуемых первой группы определили аллельное состояние 15 снипов в некодирующих участках гена *OXTR*. В восьми случаях из 15

была обнаружена связь между тем, какой нуклеотид стоит в данной позиции в гене *OXTR*, и склонностью к альтруизму, которая была выявлена в двух тестах. Некоторые снипы влияют на альтруизм только у мужчин, другие — только у женщин, третьи — у обоих полов. Наиболее значимая корреляция с альтруизмом обнаружилась у трех снипов.

Затем исследование повторили на второй группе испытуемых. На этот раз проверялись только три снипа, важность которых была установлена в предыдущем опыте, и использовался только один из двух тестов — игра "Диктатор". Взрослые женщины в этой игре вели себя в целом более альтруистично, чем студенты. Наиболее значимая корреляция с альтруизмом была выявлена у одного из трех снипов (его условное обозначение — rs1042778). Люди, у которых в этой полиморфной позиции стоит нуклеотид Г (гуанин), охотнее делятся деньгами с незнакомцами, чем те, у которых там стоит нуклеотид Т (тимин). Так, женщины из второй группы с генотипами ГГ и ГТ отдали партнеру в игре "Диктатор" в среднем 25 шекелей, а носительницы генотипа ТТ — только 18,5.

Частота аллеля Т, который коррелирует с жадностью, среди участников эксперимента составила 29 %; частота "щедрого" аллеля Г, соответственно, 71 %.

Таким образом, исследование показало, что склонность к альтруистическим поступкам зависит от генов не только вазопрессиновых, но и окситоциновых рецепторов. Поскольку выявленные снипы находятся не в кодирующих, а в регуляторных областях генов, можно заключить, что доброта зависит не от строения самих рецепторов, а от того, каким образом в тех или иных клетках мозга регулируется активность генов, кодирующих эти рецепторы. От этой активности в конечном счете зависит, сколько рецепторов будет находиться на мембране нейронов, а это в свою очередь определяет степень чувствительности нейронов к окситоцину и вазопрессину.

Так что если теперь фармакологи захотят создать пресловутые "таблетки от жадности", существующие пока только в анекдотах, то у них уже есть целых две хороших "терапевтических мишени" (так называют конкретные биохимические процессы или гены, воздействуя на которые можно исправить тот или иной дефект или вылечить болезнь). Разработка новых лекарственных средств обычно начинается именно с поиска таких "мишеней".

Недавно было проведено еще одно важное исследование, касающееся гена *OXTR*. На этот раз проверялось влияние другого снипа

— rs53576 — на склонность искать моральной поддержки у знакомых ("плакаться в жилетку") при всяческих жизненных неприятностях (*Kim et al., 2010*). В этом исследовании, как и в случае с влиянием гена *DRD4* на политические взгляды, отчетливо выявилось совместное влияние генов и среды (в данном случае — национальных культурных традиций) на поведенческий признак.

Исследование проводилось на жителях США и Кореи. В американской культуре плакаться в жилетку друзьям считается в принципе нормальным поведением, даже скорее хорошим, чем плохим. Тем самым люди демонстрируют близким свое доверие и укрепляют дружеские связи, общее состояние которых в современной западной цивилизации вызывает серьезные опасения. В Корее к такому поведению относятся хуже, считают его скорее асоциальным.

Что же выяснилось? В Америке люди с генотипами ГГ и АГ, находясь в состоянии стресса, чаще ищут моральной поддержки у знакомых, чем носители генотипа АА. В Корее такой зависимости нет: обладатели всех трех генотипов плачутся в жилетку одинаково редко.

От чего зависит это различие — от культурной среды или, может быть, от каких-то других генов, различающихся у корейцев и американцев? Оказалось, от культурной среды. Авторы показали это, протестировав группу граждан США корейского происхождения (то есть носителей корейских генов и американской культуры). У этих людей зависимость оказалась такая же, как и у прочих американцев.

Получается, что генотипы ГГ и АГ — это не "гены плача в жилетку". Если уж надо дать им "журналистское" название, то это скорее "гены плача в жилетку в том случае, если такое поведение одобряется обществом".

Итак, человеческое поведение в значительной мере определяется генами. Влияние генов на психологические и поведенческие признаки опосредуется культурно-социальными факторами. Для некоторых "поведенческих" генов доказано, что в прошлом они находились под действием положительного отбора. У людей до сих пор существует наследственная изменчивость по таким душевным качествам, как доброта, щедрость, доверчивость, склонность к кооперации, приверженность тем или иным политическим взглядам, способность поддерживать хорошие отношения с близкими людьми, стремление к новым впечатлениям. А значит, все это может эволюционировать даже сегодня и наверняка эволюционировало в прошлом. Опосредованность генетических влияний культурно-социальными факторами означает, что

биологическая эволюция человеческой души, основанная на отборе генов, идет рука об руку с культурно-социальной эволюцией, основанной на развитии и смене мемов — моральных норм, правил человеческих взаимоотношений, законов, традиций, принципов социального устройства и политической организации.

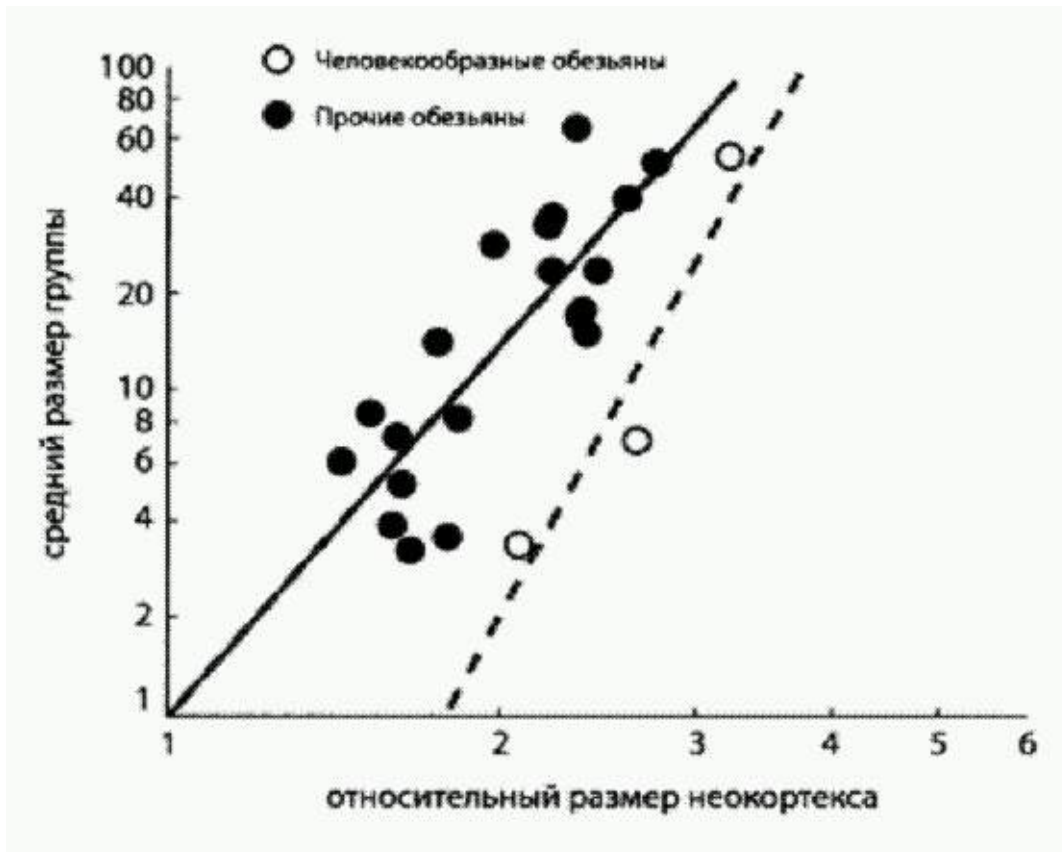
Мы уже говорили выше о том, что наличие у человеческого поведения тех или иных причин (в том числе нейробиологических и генетических) не снимает с нас ответственности за свои поступки. Человеческий интеллект достаточно развит для того, чтобы понимать, какое поведение является общественно допустимым, а какое нет. Понятия "ответственность" и "вина" не являются абсолютными, они не даны нам свыше, более того — попытки их абсолютизации неизбежно сталкиваются с серьезными логическими трудностями (как и в случае со "свободой воли"). Они тем не менее необходимы для нормальной жизни общества. Что поделаешь, мир несправедлив, и генетический полиморфизм людей — яркое тому подтверждение. Кому-то больше повезло с генами, кому-то меньше; кому-то приятно совершать хорошие поступки, кому-то приходится себя заставлять. Но спрос со всех один, и это правильно. Приведу один наглядный пример. Знаете ли вы, что генетики нашли в геноме человека фрагмент, присутствие которого в несколько раз повышает вероятность того, что человек станет убийцей? Такой фрагмент действительно найден, и статистические данные, подтверждающие его влияние на вероятность совершения тяжких преступлений, обширны и убедительны. Значит ли это, что мы должны давать поощрение преступникам — обладателям этого генетического фрагмента? Судить их менее строго? Ведь они не виноваты, что им достался такой геном. Им действительно труднее воздерживаться от убийств, чем остальным людям. Или, может быть, нужно срочно разработать какие-то медицинские средства, препятствующие работе этого генетического фрагмента? Подозреваю, что правильный ответ на все эти вопросы — твердое "нет". Почему — станет ясно каждому, когда я скажу, как называется этот фрагмент генома. Он называется игрек-хромосома.

ГЛАВА 4. ОБЩЕСТВЕННЫЙ МОЗГ

Плоды интриг

Прогрессивное развитие мозга и умственных способностей у приматов неразрывно связано с общественным образом жизни, с необходимостью предвидеть поступки соплеменников, манипулировать ими, учиться у них, а также оптимально сочетать в своем поведении альтруизм с эгоизмом. Такова точка зрения большинства специалистов на сегодняшний день. Идея о том, что разум у приматов развился для эффективного поиска фруктов или, скажем, выковыривания пищи из труднодоступных мест (**гипотеза экологического интеллекта**), сейчас имеет мало сторонников. Она не может объяснить, зачем приматам такой большой мозг, если другие животные (скажем, белки) отлично справляются с очень похожими задачами по добыче пропитания, а мозг у них при этом остается маленьким. Намного лучше обоснована **гипотеза социального интеллекта** (или "социального мозга"). Ее называют также гипотезой макиавеллиевского интеллекта в честь великого итальянского политолога Никколо Макиавелли (1469–1527), которому приписывают такие афоризмы, как "Цель оправдывает средства" и "Люди всегда дурны, пока их не принудит к добру необходимость".

Британский антрополог Робин Данбар обнаружил у обезьян положительную корреляцию между размером мозга (точнее, относительным размером неокортекса — коры больших полушарий) и размером социальной группы. Чем сильнее развита кора, тем более крупные (в среднем) коллективы могут образовывать обезьяны. На основе этой корреляции Данбар рассчитал, какой максимальный размер группы мог быть у наших предков. Для австралопитеков получилось около 60 особей в группе, для хабилисов — 80, для эректусов — примерно 100–120, для неандертальцев и современных людей — около 150 (*Dunbar, 1992*). В такой группе мы способны поддерживать индивидуальные отношения с каждым членом группы, помнить его личные особенности и репутацию. Для более крупных социумов необходимы какие-то дополнительные механизмы поддержания целостности.



Связь между размером неокортекса (коры больших полушарий) и размером группы у обезьян. По рисунку из Dunbar, 1992.

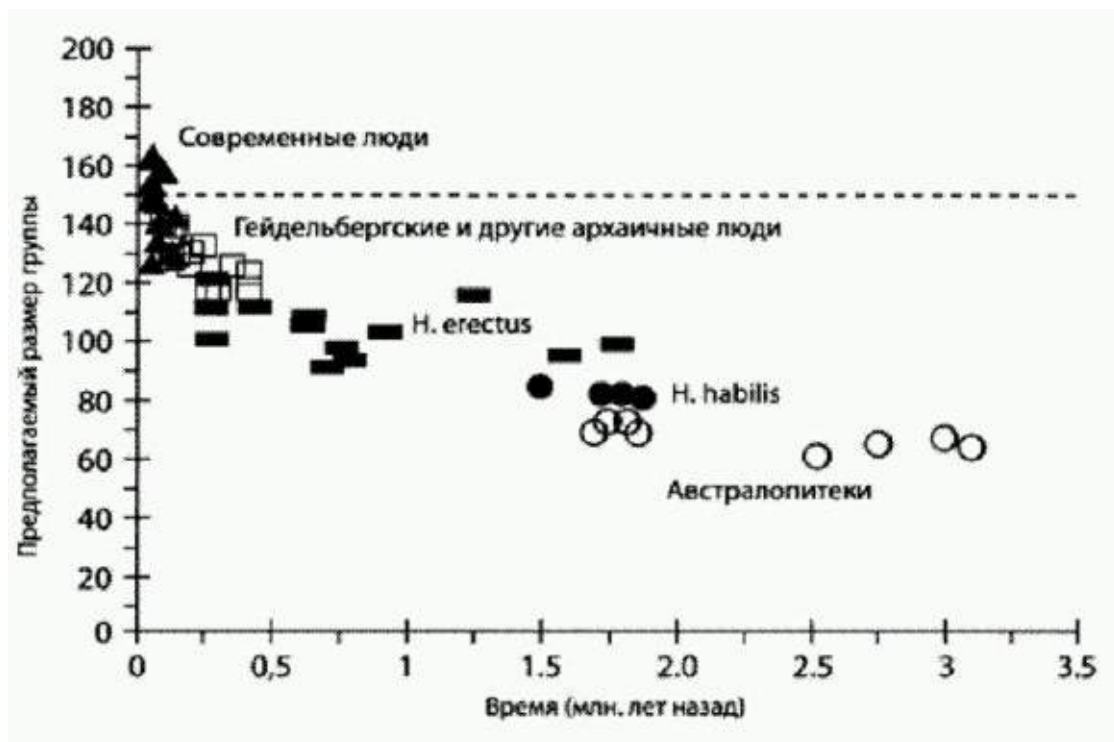
Эти занятные расчеты, правда, несколько компрометируются тем обстоятельством, что археологические и этнографические данные не дают абсолютно никаких оснований предполагать, что у гоминид по мере роста мозга происходило увеличение размера групп. Охотники-собиратели, по-видимому, во все времена жили небольшими коллективами — порядка 15–30, от силы 40–50 человек.

Может быть, они постепенно учились лучше координировать действия нескольких коллективов, поддерживая дружеские отношения с соседними группами? В пользу этого предположения тоже нет археологических свидетельств, но есть косвенные этнографические. Например, показано, что во многих современных популяциях охотников-собирателей наблюдается весьма низкий уровень внутригруппового родства. Это говорит об интенсивном обмене людьми (а заодно и информацией — генетической и культурной) между группами (Hill et al, 2011). Охотники-собиратели легко переходят из одной группы в другую и могут поддерживать добрые отношения не только с членами своей

группы, но и со многими индивидами из чужих групп, живущих по соседству. Конечно, межгрупповые конфликты для них тоже характерны, причем весьма кровопролитные. Что ж, человек — существо многогранное: то дружим, то воюем. Межгрупповая вражда, несомненно, оказала сильное влияние на нашу эволюцию (об этом мы поговорим подробнее в главе "Эволюция альтруизма"), но то же самое можно сказать о межгрупповой дружбе.

С другой стороны, рост мозга у гоминид мог быть связан не с увеличением количества парных взаимоотношений, а с их усложнением. На такую возможность указывает тот факт, что Данбар нашел у обезьян на самом деле не одну, а две разные корреляции: одна справедлива для низших обезьян, другая — для человекообразных. Психика и поведение вторых сложнее, чем первых, поэтому вполне возможно, что количества мозгов, достаточного для поддержания отношений с 40 макаками, едва хватит для нормальной жизни в окружении десяти шимпанзе.

У обезьян важнейшим средством поддержания дружеских отношений является груминг — взаимная чистка, вычесывание кристалликов соли и паразитов. Каждому приятно, когда кто-то близкий и любимый ковыряется у него в шерстке, но это занятие требует времени. Чем больше коллектив, тем больше времени приходится обезьянам тратить на груминг.



Предполагаемый максимальный размер группы у гоминид, вычисленный на основе размера мозга. По рисунку из Dunbar, 1992.

Проведя соответствующие расчеты, Данбар пришел к выводу, что время, затрачиваемое на груминг, может быть важным фактором, ограничивающим размер коллектива у приматов. Общение и дружба — это прекрасно, но должно же оставаться время и на другие занятия — на поиск пищи, например. Может быть, важным стимулом развития речи стала потребность заменить груминг каким-то другим, более быстрым и эффективным способом демонстрации дружеских чувств?

"Я вас люблю!" — кричит со сцены поп-звезда, обращаясь к сотысячной толпе. Фантастическая экономия времени! Нужный эффект достигнут за одну секунду. Представьте, сколько лет пришлось бы бедняжке ковыряться в шевелюрах своих поклонников, чтобы добиться такого же результата, если бы у людей в ходе эволюции так и не появилось никакой замены грумингу.

Причины положительной связи между размером группы и объемом мозга у приматов вполне очевидны. Приматы, в отличие от большинства стадных животных, знают всех своих соплеменников "в лицо" и с каждым имеют определенные взаимоотношения. А личные отношения — это самый ресурсоемкий вид интеллектуальной деятельности. Просчитать реакции сородича — возможно, сложнейшая из вычислительных задач, стоящих перед мозгом примата. Все остальные объекты, с которыми приходится взаимодействовать примату и на которые он может хоть как-то повлиять, устроены куда проще, чем сородичи.

А еще эта задача подобна попыткам поймать себя за хвост. Допустим, вы научились просчитывать поступки соплеменников, и это дало вам репродуктивное преимущество. Ваши гены быстро распространятся, и через несколько десятков поколений все особи в популяции будут обладать вашим умением. А значит, станут умнее. А значит, их поведение уже нельзя будет просчитать старыми способами. Все придется начинать сызнова!

Задача эта не только сложнейшая, но и важнейшая: ни от кого так сильно не зависит репродуктивный успех примата, как от его ближних. Чем выше "авторитет" индивида в группе, чем более высокое положение он занимает в обществе, тем выше при прочих равных его шансы оставить многочисленное и жизнеспособное потомство. Это справедливо в общем случае как для самцов, так и для самок (у обезьян

обычно выстраиваются две параллельные иерархии — мужская и женская), хотя конкретный характер зависимости репродуктивного успеха от социального ранга определяется особенностями общественного устройства.

В обществе с крайне жесткой иерархией, основанном на подчинении и деспотизме, альфа-самец может монополизировать доступ ко всем самкам группы. В этой ситуации подчиненные самцы, насильственно отстраненные от участия в размножении, заинтересованы в том, чтобы научиться "договариваться" друг с другом и образовывать альянсы с целью свержения тирана. Дело это рискованное и к тому же требующее от заговорщиков немалых умственных усилий. Каждый из них заинтересован в том, чтобы, с одной стороны, максимизировать шансы на успех предприятия, с другой — поменьше рисковать самому, то есть по возможности загребать жар чужими руками. С третьей стороны, нельзя, чтобы товарищи по заговору заподозрили, что их подставляют: нужно еще и заботиться о своей репутации среди заговорщиков. С четвертой, нужно позаботиться о выгодном для себя "переделе власти" в случае успеха (желательно, конечно, самому занять место низложенного тирана, потеснив товарищей по заговору).

Тиран, со своей стороны, может использовать несколько разных стратегий для того, чтобы свести к минимуму вероятность бунта. Он может заблаговременно изгонять из группы всех молодых самцов — тогда получатся небольшие разрозненные гаремные коллективы, как у горилл. Это приемлемо до тех пор, пока между группами нет острой конкуренции и пресс хищников не слишком велик. Если внешние угрозы усиливаются, ослаблять группу изгнанием молодежи становится невыгодно. Вождь может действовать и более тонко, например, заручаясь поддержкой низкоранговых самцов — своеобразных "шестерок", которые в обмен на благосклонность вождя охотно помогут ему удерживать среднеранговых самцов в рамках дозволенного. Так действовал, к примеру, Иван Грозный, опираясь на опричников в борьбе с боярами. Эта стратегия очень типична для тиранов.

По-видимому, гаремно-деспотические варианты общественного устройства, хоть и создают некоторые предпосылки для развития интеллекта, вряд ли могут стать основой для взрывообразного роста мозга, какой наблюдался в некоторые периоды истории гоминид. Все-таки деспотизм делает ставку в первую очередь на силу и лишь во вторую — на хитрость и манипулирование сородичами. Вспомним боковую ветвь эволюции гоминид — парантропов, у которых, вероятно,

была гаремная система. Их мозг так и остался сравнительно небольшим (см. главу "Двуногие обезьяны", кн. 1).

При более эгалитарных (равноправных) взаимоотношениях между членами группы предпосылок для эволюции интеллекта становится больше. Хотя бы потому, что появляется больше степеней свободы — больше разных способов повысить свой репродуктивный успех, гибко меняя свое поведение в зависимости от ситуации. В эгалитарном социуме успех у приматов зависит от силы меньше, а от ума — больше, чем в деспотическом. Не только самцы, но и самки теперь могут получить репродуктивное преимущество благодаря умению манипулировать поведением сородичей.

Умная самка сумеет и подружиться с другими самками, и заручиться поддержкой одного или нескольких высокоранговых самцов. В результате ей будет гораздо легче выращивать детенышей, чем глупой самке, которая не сможет произвести благоприятное впечатление на сородичей и наладить с ними дружеские отношения, основанные на реципрокном (взаимном) альтруизме (см. главу "Эволюция альтруизма").

В эгалитарном обществе самец не может монополизировать доступ к самкам, просто надавав конкурентам оплеух. Они объединятся и быстро поставят выскочку на место. Приходится хитрить. Приходится искать более изощренные способы соблазнить побольше самок в обход соперников — причем эти способы должны не только быть привлекательными для прекрасного пола, но и не вызывать слишком большого раздражения у самцов-конкурентов. Естественный отбор будет благоприятствовать таким самцам, которые сумеют спариться с максимальным числом самок и при этом выглядеть честными, благородными и целомудренными джентльменами в глазах других самцов. Дело это нелегкое и требующее мозгов.

Если же в обществе принята моногамия, как, предположительно, было у гоминид (а не относительно беспорядочные связи, как у шимпанзе), то повышение собственного репродуктивного успеха может стать еще более интеллектуально емкой задачей. Во-первых, для обоих полов в полный рост встает проблема выбора (а также соблазнения и удержания) наилучшего брачного партнера. Семья — дело ответственное, это вам не в кустах на пять минут уединиться. Во-вторых, гоминиды по прочности моногамных связей никогда не достигали уровня прерийных полевок. Супружеские измены были всегда, и адаптации для их предотвращения — а также для их успешного и безопасного совершения — должны были развиваться в

ходе эволюции параллельно со становлением традиций моногамии.

Отбор благоприятствовал самкам, которые могли выбрать, соблазнить и прочно привязать к себе самого заботливого, надежного и сильного самца, способного обеспечить самке и ее потомству максимум защиты и материальной поддержки. Отбор благоприятствовал самцам, которые могли обеспечить максимальную выживаемость собственному потомству, а также тем, кому самки меньше хотели изменять (должен был идти отбор на способность самцов крепко влюблять в себя самок) **(почему же все-таки у самцов *Homo sapiens* пенис гораздо длиннее и толще, чем у всех прочих человекообразных?)**. Отбор должен был поддерживать также и тех самцов, которые сами все-таки изменяли своим женам и оставляли много внебрачных детей, вверяя их заботам обманутых мужей. Должен был идти отбор и на способность мужей предотвращать женские измены, отваживать и наказывать соблазнитель чужих жен. Такая эмоция, как ревность, вполне может быть эволюционной адаптацией, развившейся для борьбы с изменами (хотя, конечно, ревность в более широком смысле — как эмоции, мотивирующие конкуренцию за половых партнеров, — распространена у многих обезьян).

А еще должен был идти отбор на способность жен при случае все-таки изменять своим заботливым мужьям с такими самцами, которые хорошо умеют соблазнять чужих жен и поэтому оставляют больше внебрачных детей. Ведь если самке удастся родить сыновей от такого "мачо", сыновья унаследуют его способности и у самки будет больше внуков. В результате ее гены, способствующие тайным изменам с умелыми соблазнителями, распространятся в популяции **(интересы генов самки в принципе не страдают от того, что муж ей изменяет, — лишь бы свою зарплату, то есть, простите, МВП ("мужской вклад в потомство"), он приносил в семью. Интересы генов самца, напротив, требуют женской верности. Нет ничего хуже для этих интересов, чем отдать свой драгоценный МВП детям любимой жены, прижитым от другого самца. Поэтому отбор должен был поддерживать у самцов резкое эмоциональное неприятие женских физических измен (а дружит пусть с кем хочет), а у самок — неприятие эмоциональных привязанностей мужа к другим самкам, что грозит его уходом и потерей МВП (пусть изменяет, лишь бы не влюбился в другую))**.

Изогранные хитрости, интриги, манипуляции, бурление страстей, сложные запутанные клубки взаимоотношений — вот что должна была привнести в жизнь гоминид традиция моногамных семей. Что нужно

особи для повышения своего репродуктивного успеха в такой обстановке? Мозги и еще раз мозги.

На этом этапе в наши рассуждения самым естественным и органичным образом вливается еще один могучий фактор эволюции интеллекта — классический половой отбор (см. главу "Происхождение человека и половой отбор" в кн. 1). Если для повышения репродуктивного успеха важны мозги, следовательно, интеллект автоматически становится хорошим индикатором приспособленности. Особям становится выгодно выбирать мозговитых брачных партнеров, потому что их дети унаследуют их ум и эффективнее распространят ваши гены. При моногамии выбор взаимный, поэтому отбор будет поддерживать такие гены, которые склоняют как самцов, так и самок к выбору умных партнеров.

Сделав еще один логический шаг в этом направлении, мы приходим к выводу, что если отбор благоприятствует выбору умных партнеров, то он будет способствовать и развитию методов демонстрации ума. Таких, например, как изобретательность, творческие таланты, красноречие, чувство юмора. Все эти способности под действием механизма фишеровского убегания (о нем рассказано в главе, посвященной половому отбору) могут стать самостоятельными ценностями и "уйти в отрыв", подняться до заоблачных высей благодаря возникшей положительной обратной связи. Половой отбор будет усиливать интеллект еще и для того, чтобы дать возможность особям демонстрировать больше творческих талантов, красноречия и юмора.

Когда в эволюции какой-то процесс долго идет в одном и том же направлении — например, когда мы наблюдаем не одноразовое увеличение мозга (которое может быть вызвано, вообще говоря, любой из великого множества разных причин), а длительное, поэтапное, упорное эволюционное движение в одну и ту же сторону — или когда процесс идет очень быстро, лавинообразно, есть основания заподозрить участие положительной обратной связи ("цепной реакции").

Фишеровское убегание — лишь одна из возможных положительных обратных связей, подгонявших рост мозга у гоминид. Гипотеза макиавеллиевского интеллекта дает еще один механизм самоускоряющейся эволюции разума. Этот механизм теоретически может даже обойтись без помощи полового отбора, хотя вряд ли в реальности обходился.

Чтобы оценить всю красоту и силу гипотезы макиавеллиевского интеллекта, необходимо четко осознать разницу между следующими

двумя ситуациями. Одно дело, если ваш репродуктивный успех зависит от того, как быстро вы научитесь колоть орехи камнем или выуживать термитов из термитника палочкой. В этом случае вашим непосредственным "эволюционным соперником" является всего лишь безмозглый орех или не очень умное насекомое, которому не под силу за обозримое время выработать эффективные способы противодействия вашим изощренным обезьяньим хитростям. Если даже вы по причине недостатка ума колете орехи чуть менее ловко, чем ваши сородичи, это, скорее всего, не так уж сильно понизит ваш репродуктивный успех. А если навык колки орехов уже прочно закрепился в популяции, стал культурной традицией, все детеныши обучаются ему у родителей и все кое-как справляются, то данное поведение и вовсе перестает быть значимым фактором, стимулирующим эволюцию интеллекта.

Совсем другое дело, если ваш репродуктивный успех зависит от того, сумеете ли вы повысить свой социальный ранг, умело манипулируя соплеменниками, каждый из которых стремится к тому же, что и вы. В этом случае для того, чтобы оставить больше потомства, вам нужно быть не просто хитрым — вы должны быть хитрее своих сородичей. Вы должны всех объегорить и при этом не дать объегорить себя. Это вам не термита перехитрить, тут орешек покрепче. Теперь вашим "эволюционным соперником" являются не посторонние предметы и не слепые силы природы, а ваши собственные собратья. Это меняет ситуацию самым радикальным образом. Для эффективной колки орехов достаточно иметь определенный, фиксированный уровень интеллекта. Если вы его уже достигли — можете расслабиться и наслаждаться жизнью. Для того чтобы занять высокое положение в обществе закоренелых интриганов — последователей Макиавелли, нужен не просто интеллект, нужно интеллектуальное превосходство над окружающими.

Такое превосходство в принципе не может быть долгим и устойчивым, как превосходство шимпанзе над орехами. Никакой достигнутый вами уровень интеллекта не обеспечит каждому вашему потомку хорошие шансы на размножение на все времена. Вместо этого запустится процесс, называемый **эволюционной гонкой вооружений**. Возникнет положительная обратная связь, которая может привести к стремительному, взрывообразному росту мозга и интеллекта в череде поколений. Если в популяции появится мутант с более крупным мозгом, он получит репродуктивное преимущество, и мутация распространится в генофонде. Сменится несколько поколений — и вот уже все особи в

популяции обладают этой мутацией, и никому она больше не дает преимущества, потому что стала всеобщим достоянием. Интеллектуальный уровень популяции подрос, все стали чуть умнее. Но что толку, если для повышения собственного репродуктивного успеха нужно быть хоть чуточку, но умнее других! И снова обезьяны из кожи вон лезут, напрягают мозги, придумывают хитрости. Любая мутация с минимальным положительным влиянием на интеллект сразу поддерживается отбором, распространяется, становится общим достоянием — и тотчас перестает давать преимущество, потому что ее носители уже не самые умные, а как все.

Когнитивный взрыв

Гипотеза макиавеллиевского интеллекта появилась в конце 1980-х и с тех пор неуклонно укрепляет свои позиции. В 2006 году Сергей Гаврилец и Аарон Воуз из Университета штата Теннесси в Ноксвилле разработали математическую модель, наглядно демонстрирующую потенциал "макиавеллиевского" механизма эволюции разума (*Gavrilets, Vose, 2006*). Модель основана на нескольких упрощениях, которые затрудняют эволюцию интеллекта, поэтому результаты можно считать достаточно надежными. Первое упрощение состоит в том, что в модели интеллект дает преимущество только самцам. Самкам он вообще ни к чему. Самцы время от времени изобретают новые мемы — разные хитрые способы поведения, повышающие вероятность победы в конкуренции с другими самцами за социальный статус. Предполагается, что такие открытия делаются случайно, причем частота открытий не зависит от интеллекта (это еще одно упрощение, затрудняющее эволюцию интеллекта в модели). Чем большее число побед одержал самец в конкурентных противостояниях с другими самцами, тем больше самок он оплодотворит и тем больше потомства оставит. Новые мемы изобретаются редко, а основным способом распространения мемов в популяции является обучение. Самец может выучить "чужой" мем, наблюдая за другими самцами, которые этим мемом уже овладели. Разум особей характеризуется двумя параметрами: способностью к обучению (от нее зависит вероятность успешного выучивания нового мема) и емкостью памяти (от нее зависит, сколько разных мемов может запомнить самец). Оба свойства разума контролируются множеством генов, которые, естественно, могут мутировать. Число генов, отвечающих за каждый из двух параметров интеллекта, в модели можно менять, но это мало влияет на результаты.

Предполагается, что как способность к обучению, так и емкость памяти — дорогие "признаки". Рост каждого из этих показателей требует увеличения мозга, а мозг, как мы знаем, орган весьма дорогой. У *Homo sapiens* он составляет всего 2 % веса тела, но при этом потребляет примерно 20 % всех калорий, расходуемых организмом. Кроме того, большой мозг затрудняет роды. Поэтому в модели рост любого из двух параметров интеллекта ведет к снижению жизнеспособности. Тем самым задается отбор на уменьшение мозга и кладется предел

возможному развитию интеллекта.

Изначально в популяции у всех самцов оба параметра интеллекта равны нулю. Это соответствует ситуации, когда интеллект уже позволяет иногда изобрести какую-то полезную хитрость, повышающую социальный статус, но еще недостаточно силен, чтобы перенять такую хитрость, наблюдая за поведением другого самца. Это не так уж неправдоподобно. Например, известен случай, когда молодой низкоранговый самец шимпанзе быстро поднял свой социальный статус, украв у антропологов две пустые канистры и научившись громко колотить ими друг об друга. Оглушительный грохот произвел такое впечатление на высокоранговых самцов, что они признали новатора равным себе. Однако никто не перенял полезную уловку (один самец, кажется, попытался обучиться трюку с канистрами, но дело у него не заладилось).

Но вернемся к модели Гаврильца и Воуза. Каждый мем характеризуется двумя параметрами: сложностью (от нее зависит вероятность того, сумеет ли самец с данным уровнем обучаемости выучить этот мем) и "макиавеллиевской приспособленностью" — величиной, на которую выученный мем повышает конкурентоспособность самца. В модели эти два параметра положительно коррелируют друг с другом, то есть более полезные мемы в среднем более сложны для выучивания.

Как можно видеть из приведенного описания, в модельной популяции параллельно происходят две эволюции: биологическая (мутации и отбор генов) и культурная (появление и отбор мемов). Биологическая эволюция идет значительно медленнее, чем культурная. Состав и численные соотношения (частоты) мемов в "мемфонде" (культурной среде) популяции успевают измениться на протяжении жизни одного поколения, а генам для этого необходима череда сменяющихся поколений.

Поначалу в модельной популяции разум практически не развивается. Эта предварительная "спящая" фаза может продолжаться тысячи поколений. Иногда самцы что-то изобретают и повышают свой репродуктивный успех, но их изобретения никем не перенимаются и умирают вместе с изобретателями. Насыщенность популяции мемами остается близкой к нулю, и культурная эволюция не может стартовать.

Чтобы начался интеллектуальный прогресс, необходимо дождаться, пока у каких-то самцов в результате случайных мутаций способность к выучиванию чужих мемов и емкость памяти станут отличны от нуля.

Для этого требуется сочетание как минимум двух мутаций, каждая из которых сама по себе немножко вредна (увеличивает мозг, не давая преимуществ). Кроме того, самцу — двойному мутанту должно еще повезти: за время своей жизни он должен или сам случайно изобрести полезный мем, или встретиться с изобретателем, у которого такой мем можно перенять.

Если самцу-мутанту хватит его скромных интеллектуальных возможностей, чтобы перенять чужой мем, то его слегка увеличенный мозг даст ему — наконец-то! — репродуктивное преимущество. После нескольких таких случаев события начинают развиваться стремительно. Частота генов, способствующих повышенной обучаемости и увеличенному объему памяти, быстро возрастает, а польза, приносимая этими генами, растет еще быстрее из-за насыщения культурной среды полезными мемами. Чем больше становится "умников", тем больше полезных навыков хранится в их мозгах и тем выгоднее каждому самцу быть умным — ведь теперь в популяции есть чему и у кого поучиться. В результате запускается лавинообразный процесс, который авторы назвали когнитивным взрывом (этот термин используется и в других смыслах — например, для описания определенного периода в развитии детей). Разум в модели эволюционирует с ускорением до тех пор, пока высокая "цена" увеличивающегося мозга не затормозит дальнейший интеллектуальный и культурный прогресс. После этого эволюция интеллекта выходит на плато.

Авторы не упоминают о развитии речи как о возможном детонаторе и усилителе "когнитивного взрыва", но это очевидно следует из их модели. Развитие языковой коммуникации могло бы резко расширить возможности для изобретения полезных мемов, а также радикально облегчить их передачу и усвоение.

Кроме того, из модели следует, что по мере замедления взрывообразного роста интеллекта должны складываться благоприятные условия для развития адаптаций, снижающих "цену" большого мозга. В эволюции гоминид закрепились две важнейшие адаптации такого рода. Во-первых, значительная часть роста мозга была перенесена на постнатальный период. Детеныши стали рождаться с недоразвитым мозгом, что привело к удлинению детства, росту нагрузки на родителей и создало предпосылки для развития более прочных эмоциональных связей между членами семьи (и между семьями в группе). Во-вторых, увеличилась доля мяса в рационе, что потребовало соответствующих изменений поведения и социальной

организации, а также привело к уменьшению кишечника. По мере того как "цена" мозга снижается благодаря выработке соответствующих адаптаций, становятся возможными периоды возобновления роста мозга (конечно, если макиавеллиевские или фишеровские факторы по-прежнему продолжают действовать).

Отупение

Любопытно, что в модели Гаврильца и Воуза сложные мемы неизменно вытесняются из культурной среды более простыми, несмотря на то что первые сильнее повышают репродуктивный успех самцов. Здесь сказывается то обстоятельство, что культурная эволюция идет быстрее биологической, и поэтому "корыстные интересы мемов" берут верх над "корыстными интересами генов". Простые, хоть и менее полезные мемы побеждают в конкурентной борьбе за место в памяти самцов, потому что легче выучиваются. Они быстрее распространяются в культурной среде в течение коротких (социально значимых) отрезков времени. Более сложные мемы приносят больше пользы своим носителям, но это проявляется только на более длительных (биологически значимых) отрезках времени. В итоге культурная среда модельной популяции стечением времени наполняется множеством малоэффективных, но зато простых и доступных хитростей, тогда как высокоэффективные, но сложные навыки вытесняются и забываются.

Модель также предсказывает, что по мере насыщения культурной среды простыми мемами может произойти эволюционное движение вспять, в сторону поглупения (если "цена" мозга достаточно быстро растет с увеличением его объема). Пока в среде не очень много мемов, интеллект резко повышает конкурентоспособность. Однако преимущества высокого интеллекта сглаживаются, когда среда насыщается легкодоступными мемами. Эволюционная редукция интеллекта может иметь место и в том случае, когда зависимость репродуктивного успеха от количества усвоенных мемов становится слабее (то есть когда число потомков, оставленных самцом, мало зависит от количества хитростей и навыков, им усвоенных). По мнению авторов, в современном человечестве наблюдается и то и другое. Поэтому есть все основания ожидать, что если сейчас в человеческой популяции и происходит эволюция разума, то направлена она не в сторону поумнения, а как раз наоборот.

Как ни грустно, но это модельное предсказание подтверждается антропологическими данными. Рекордные показатели среднего объема мозга были достигнуты сапиенсами в начале верхнего палеолита (около 40–25 тыс. лет назад). С тех пор и до сегодняшнего дня средний объем мозга людей если и менялся, то в сторону уменьшения. По данным С. В. Дробышевского, около 27–25 тыс. лет назад средний объем мозга людей начал уменьшаться. Начиная с 10 тыс. лет назад эта тенденция стала особенно заметной. Отчасти это может быть связано с климатическими изменениями, поскольку у нашего вида "имеется хотя и не строгая, но явная закономерность увеличения длины тела и массы мозга в периоды оледенений и уменьшения в периоды потеплений" (Дробышевский, 2010). 10–12 тыс. лет назад как

раз началось очередное межледниковье – теплый период между оледенениями.

Но возможна и иная интерпретация. Верхнепалеолитическая "культурная революция" привела к резкому увеличению объема полезной информации, передающейся из поколения в поколение путем культурного наследования. Иными словами, люди стали получать гораздо больше ценных знаний и навыков от родителей и соплеменников. Культурная среда так насытилась полезными мемами, что в дальнейшем людям для выживания и успешного воспроизводства, по-видимому, уже не требовался такой высокий интеллект, как прежде. Если не нужно до всего доходить своим умом и огромный объем готовых полезных знаний тебе в детстве взрослые скармливают с ложечки, то можно обойтись и мозгом поменьше, раз уж это такой дорогой орган. То же самое можно сформулировать в более оптимистичной манере: благодаря развитию культуры люди стали использовать свой мозг эффективнее, и поэтому его масса стала менее важна, чем "качество наполнения".

Кроме того, по мере развития трудовой специализации знания и навыки распределялись между членами общины. Не обязательно все помнить самому, если в любой момент можно спросить у "специалиста". Все это могло привести к тому, что наметившаяся свыше двух миллионов лет назад эволюционная тенденция к увеличению мозга дала "задний ход" с расцветом культуры.

Так или иначе, следует признать вполне правдоподобной точку зрения, согласно которой упорный, длительный и поэтапный рост мозга и развитие интеллекта у гоминид были обусловлены положительными обратными связями, порождаемыми "макиавеллиевским" и "фишеровским" механизмами.

Ключевое различие найдено?

И все-таки, почему именно люди стали самыми умными из всех обезьян? Ведь общественный образ жизни характерен для большинства приматов. К тому же и макиавеллиевское интриганство у них встречается, и интеллект у многих видов, наверное, является достаточно хорошим индикатором приспособленности, так что за него вполне мог бы "зацепиться" механизм фишеровского убегания?

Можно предположить, что для того, чтобы разум смог "уйти в отрыв", чтобы запустился самоускоряющийся процесс лавинообразного поумнения, нужно сначала набрать некий необходимый интеллектуальный минимум "обычными средствами". Какие-то детали экологии и социальной организации ранних гоминид могли подвести их к этой черте, до которой другие приматы так и не добрались.

У нас есть несколько хороших кандидатов на роль таких "деталей": группы из нескольких моногамных семей, пониженная внутригрупповая агрессия (а также, возможно, низкий уровень иерархичности и деспотизма в коллективах), здоровый интерес к тушам крупных травоядных в саванне, острая необходимость быстрой разделки этих туш, что подталкивало гоминид к изобретению самодельных каменных орудий, двуногость, освободившая руки и создавшая тем самым дополнительные предпосылки для развития орудийной деятельности (а заодно и областей мозга, отвечающих за координацию движений рук), острая межгрупповая конкуренция (из которой, возможно, вытекала и необходимость межгрупповых альянсов). Может быть, какие-то из этих факторов — или все они вместе — спровоцировали небольшое увеличение мозга у ранних *Ното*, что как раз и вывело их на рубеж, с которого может стартовать макиавеллиевское или фишеровское убегание.

Есть еще версия, что эволюционный "счастливый жребий" выпал гоминидам в связи с тем, что наши предки в какой-то момент стали экологически доминирующими животными, и с тех пор главными факторами отбора стали для них не внешние, а внутренние, социальные проблемы. Голод и хищники отступили на второй план, а на первый вышли макиавеллиевские факторы.

Возможно, некоторое отношение к причинам "человеческой уникальности" имеет и то обстоятельство, что люди — животные не

просто социальные, а ультрасоциальные. Только люди способны формировать принципиально разные по своей структуре коллективы, различающиеся своими традициями, организацией (например, деспотической или эгалитарной), нормами поведения, способами добычи пропитания, системой внутригрупповых отношений, устройством семьи. Как бы сложно ни были устроены коллективы обезьян, такой гибкости у них все-таки нет (есть ряд исключений, но они не делают погоды (*"У одного и того же вида зачастую могут встречаться моногамные, полигинные и промискуитетные отношения. Какие сексуальные отношения практикуются в данной популяции — зависит от экологических условий. Например, павианы анубисы в сезоны с изобилием кормовой базы держатся многосамцовыми многосамковыми группами и практикуют промискуитетные спаривания. А в сухой сезон, когда пищи недостаточно, разбиваются на гаремные единицы"* (Бутовская, 2004))), а культурные различия между группами хотя и встречаются, но не идут ни в какое сравнение с тем, что наблюдается у *Homo sapiens*.

Чтобы эффективно функционировать в сложном и переменчивом социально-культурном окружении, у людей должны были с некоторых пор развиться интеллектуальные способности совершенно определенного плана. Речь идет о способностях к эффективной коммуникации, обучению, а главное — к пониманию не только поступков, но и мыслей и желаний своих соплеменников (такое понимание, как мы помним, называют "теорией ума"). Очевидно, что способности такого рода должны проявляться уже в раннем детстве, в период активного обучения и социальной адаптации, иначе большой пользы от них не будет.

Вопрос, однако, в том, каким образом появились у людей эти способности. На этот счет предложены две альтернативные гипотезы. Либо они возникли в результате равномерного развития интеллекта в целом (**гипотеза общего интеллекта**), либо это было специфическое, узконаправленное развитие именно социально-культурных способностей, а все прочие (например, способности к абстрактному логическому мышлению, выявлению причинно-следственных связей в физическом мире) развились позже, как нечто дополнительное, вторичное (**гипотеза культурного интеллекта**).

Речь идет, таким образом, о магистральном направлении эволюции человеческого разума. Становились ли мы "вообще умнее" (больше коры — больше объем памяти — быстрее и эффективнее обучение; а

культурная эволюция по мере необходимости наполняла это "железо" все более сложным "софтом", то есть полезными мемами) или у нас совершенствовались в первую очередь строго определенные, социально ориентированные умственные способности, а все остальные — постольку поскольку?

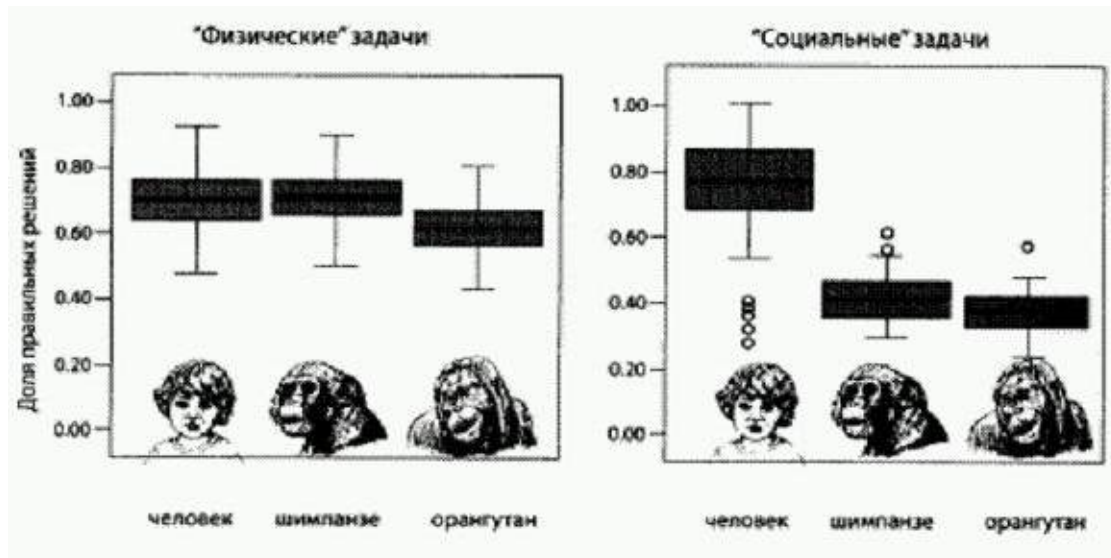
Гипотеза общего интеллекта на первый взгляд кажется более правдоподобной, однако можно привести и доводы в пользу гипотезы культурного интеллекта. Так, известно, что у многих животных специфические умственные способности действительно развиваются очень локально, как бы "на заказ", так что общий интеллектуальный уровень при этом не повышается или повышается слабо (например, уникальные способности к ориентированию у перелетных птиц или феноменальная пространственная память у животных, запасающих пищу в тайниках).

В 2007 году антропологи из Германии, Испании и США опубликовали результаты интересного исследования, целью которого было "столкнуть лбами" две гипотезы и получить прямые доводы в пользу той или другой (*Herrmann et al., 2007*). Авторы рассудили, что если верна гипотеза культурного интеллекта, то в индивидуальном развитии человека должен быть такой возраст, когда по "физическому" интеллекту мы еще не отличаемся от других гоминоидов, а по "культурно-социальному" уже значительно их опережаем. Предположение это блестяще подтвердилось, и соответствующий возраст был найден.

В экспериментах приняли участие представители трех видов человекообразных: 106 шимпанзе (в возрасте от трех лет до 21 года), 32 орангутана (3—10 лет) и 105 человеческих детишек в возрасте двух с половиной лет плюс-минус два месяца. Всем им был предложен большой набор тестов, куда входили задачи двух категорий: физические и социальные. Число подопытных было достаточно велико, чтобы можно было сделать необходимые поправки на пол, возраст и индивидуальный темперамент (который оценивался при помощи дополнительных тестов).

При разработке тестов ученые исходили из следующих соображений. Способность ориентироваться в физическом мире у приматов развивалась преимущественно в контексте добывания пищи. Для этого приматам нужно решать задачи, связанные: 1) с пространством (чтобы находить пищу), 2) с количествами (чтобы выбирать лучшие из множества возможных источников пищи), 3) с

причинами и следствиями (чтобы извлекать пищу из труднодоступных мест, в том числе с использованием орудий). Для адаптации в социальном мире приматы тоже решают задачи трех типов: 1) коммуникативные (чтобы влиять на поведение соплеменников), 2) связанные с обучением, 3) связанные с "теорией ума" (чтобы предвидеть чужие поступки).



Эффективность решения физических и социальных задач у детей, шимпанзе и орангутанов. Кружками обозначены результаты, резко выбивающиеся из "типичного" диапазона для данного вида. По рисунку из Herrmann et al., 2007.

В соответствии с этим комплекс тестов, разработанный исследователями, состоял из шести тематических блоков. Каждая обезьяна и каждый ребенок проходили весь комплекс тестов; это занимало от трех до пяти часов.

Дети и шимпанзе одинаково успешно справились с физическими задачами; орангутаны лишь немного им уступили (см. рисунок). Орангутаны хуже справлялись с пространственными и причинно-следственными задачами, тогда как по "количественным" задачам все три вида показали одинаковые результаты. В некоторых тестах (например, связанных с использованием орудий) шимпанзе опередили детей.

В социальной сфере дети продемонстрировали полное превосходство над обоими видами обезьян. Шимпанзе и орангутаны показали одинаковые результаты. Любопытно, что по социальным

тестам среди детей выявилось несколько "особо тупых", а среди обезьян — несколько "особо гениальных" (кружочки на правой панели).

У всех трех видов оба пола показали одинаковую результативность в решении социальных задач. В решении физических задач у людей девочки оказались чуть-чуть способнее мальчиков, а у шимпанзе — наоборот.

Кроме того, дети в ходе тестирования вели себя в целом более робко и проявляли меньше интереса к новым объектам, чем обезьяны. У детей никакой корреляции между темпераментом и результативностью не обнаружилось, а среди обезьян более смелые лучше справлялись с физическими задачами.

Авторы заключают, что полученные результаты представляют собой весомое свидетельство в пользу гипотезы культурного интеллекта, и с ними трудно не согласиться.

Конечно, это нельзя назвать абсолютно строгим доказательством. Можно допустить, что люди отличаются от обезьян не специфическими социально ориентированными интеллектуальными способностями, а более общим умением разбираться в скрытых от непосредственного наблюдения причинах явлений, в том числе — в мотивации чужих поступков. Но и в этом случае весьма вероятно, что это умение развилось изначально именно для решения социальных задач и уже потом было приспособлено для всего остального.

Это исследование, разумеется, было подвергнуто критике — так всегда бывает с новаторскими научными работами, особенно в области эволюционной психологии. Основной упрек состоял в том, что все тесты проводились людьми, в том числе и тесты социального характера, в которых подопытные должны были правильно интерпретировать поведение экспериментатора. Стоит ли удивляться, что маленькие люди лучше справлялись с этим, чем представители других видов приматов? Авторы, однако, подчеркивают, что некоторые из использованных ими "социальных" тестов ставились и в таких модификациях, что подопытные шимпанзе и орангутаны должны были понимать смысл поступков своих сородичей, а не людей. При этом выяснилось, что данный фактор не влияет на результативность — иными словами, если обезьяна не сделала правильных выводов из наблюдений за поведением человека, то не сделает их и наблюдая за сородичем, совершающим те же действия (*нечеловеческие обезьяны легко приучаются считать "своими" представителей других видов приматов, в том числе людей. Мы все достаточно похожи, чтобы это*

не было большой проблемой. Например, когда изучают на обезьянах работу мозгового центра, отвечающего за распознавание лиц (он находится в веретеновидной извилине височной доли), исследователи порой даже не утруждают себя поиском фотографий обезьяньих лиц — просто берут человеческие фотографии из журналов и показывают обезьянам. Это не влияет на результат: горделиво-ксенофобские области нашего сознания могут сомневаться, но височная доля мозга, отвечающая за классифицирование всего и вся, прекрасно знает, что такое "лицо").

На каком этапе эволюции наши предки приобрели новые, не свойственные другим обезьянам социально ориентированные интеллектуальные способности? Авторы полагают, что это произошло уже после стадии *Homo erectus*. У эректусов, по мнению авторов, этих способностей еще не было. На это указывают два обстоятельства. Во-первых, судя по некоторым косвенным данным, мозг у эректусов рос очень быстро, скорее по "обезьяньему", чем по "человеческому" сценарию. Во-вторых, у эректусов, по всей видимости, социально-культурные различия между группами были выражены существенно слабее, чем у позднейших видов людей.

Впрочем, оба аргумента сомнительны. Выводы об "обезьяньем" характере роста мозга у эректусов, мягко говоря, не являются окончательными (см. главу "Очеловечивание", кн. 1). То же самое относится и к утверждению о культурно-социальном однообразии популяций эректусов. Мне кажется более логичным предположить, что ускоренное развитие социально ориентированных умственных способностей началось еще у эректусов. В этом случае его можно связать с периодом увеличения мозга около 1,8 млн лет назад и с развитием ашельских технологий (которые, кстати, были освоены далеко не всеми популяциями эректусов, что противоречит тезису о культурном однообразии).

"Теория ума" и самосознание

Что такое самосознание? Каким образом сделан из нейронов воспринимающий субъект — наше пресловутое "я"? Некоторые нейробиологи считают этот вопрос самым каверзным в науке о мозге (Кандель, юн). С одной стороны, нет ни малейших оснований предполагать, что в нашей психике есть что-то, сделанное не из нейронов, то есть существующее помимо нейробиологической основы, стандартной нейрохимической "душевной механики". С другой стороны, ощущение себя как некоей реальной самостоятельной сущности, обладающей свободой выбора, свободой воли, — это поистине удивительное и необычное ощущение, и как именно оно зарождается в

хитросплетениях нейронных сетей, пока не ясно.

Но все же кое-какие соображения можно высказать. Скорее всего, эволюционное развитие "я" было тесно связано с развитием "теории ума", умения строить мысленные модели личностей соплеменников, чтобы при помощи этих моделей эффективно предсказывать их поведение. По-видимому, эта задача изначально решалась эволюционирующим мозгом приматов на основе суждения о других по себе. На это намекает, например, наличие зеркальных нейронов у обезьян (см. главу "В поисках душевной грани").

Довольно глупо рассматривать соплеменников как неведомые "черные ящики", понемногу изучая их свойства методом проб и ошибок, если у мозга "под рукой" всегда есть неплохой и потенциально доступный для анализа образчик такого ящика. Сам мозг и является этим образчиком. Особенно те его части, которые непосредственно отвечают за принятие решений. Если бы только он мог научиться анализировать свою собственную работу, свои собственные алгоритмы принятия решений – как это облегчило бы задачу по моделированию поступков сородичей, ведь их мозг устроен очень похоже!

Для этого мозгу нужна работоспособная (пусть и упрощенная) мысленная модель самого себя. Возможно, в ходе эволюции гоминид такая модель (внутренний образ себя) постепенно развивалась – и процесс этот шел параллельно с совершенствованием "теории ума", с развитием понимания и прогнозирования реакций соплеменников на свои собственные поступки. Такое прогнозирование необходимо, если вы хотите успешно манипулировать сородичами, поддерживать с ними хорошие отношения, избегать агрессии с их стороны. Мысленная модель себя использовалась в том числе и для попыток взглянуть на себя со стороны – попытаться рассчитать, как мои действия будут восприняты сородичами.

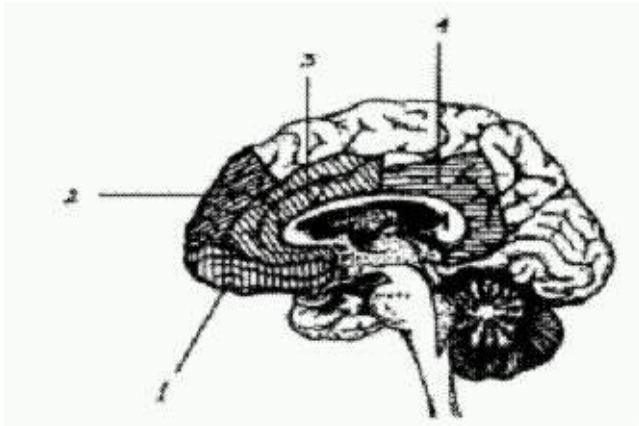
Постепенно развивались замкнутые, кольцевые нейронные контуры, по которым информация могла бегать кругами, постепенно детализируясь и уточняясь: "модель своего планируемого поступка" – "взгляд на себя и на свой планируемый поступок глазами модели соплеменника, построенной на базе модели себя" – "модель реакции соплеменника на этот поступок" – сравнение ее с моделью желаемой реакции" – "внесение поправок в модель планируемого поступка" и т. д. Такие регулярные взгляды на себя со стороны, то есть взгляды на мысленную модель себя глазами мысленной модели соплеменника, которая в свою очередь тоже строится на основе модели себя, – такое циклическое, рекурсивное использование модели себя на каком-то этапе, по-видимому, порождает иллюзию (яркий образ, идею) автономности этой модели, наличия у нее собственного независимого бытия.

Этим смутным догадкам об эволюционном происхождении и природе "я" можно найти опору в философской и психологической литературе, но с экспериментальными подтверждениями тут пока не густо. Конечно, нейробиологи не могли пройти мимо такой темы. Благодаря их усилиям мы уже знаем, какие участки мозга отвечают за формирование мысленной "модели себя". Главную роль в этом, по-видимому, играют области коры, расположенные на внутренней (медиальной) поверхности

полушарий: орбитомедиальная префронтальная кора, дорзомедиальная префронтальная кора, передняя и задняя поясная кора (Northoff, Volkov, 2004). Сюда входят и те участки, которые были повреждены у пациентов, потерявших способность испытывать сопереживание и чувство вины, выносящих моральные суждения на основе холодного расчета, о которых говорилось в главе "Душевная механика".

Но это знание не сильно приближает нас к пониманию того, откуда берется "я". Будем надеяться, что дальнейшие исследования прояснят природу самосознания. Пока же приходится ограничиваться догадками. В том числе – догадками о том, что развитие "я" в ходе эволюции было связано с теорией ума, циклическими нейронными контурами и рекурсией. Возможно, наше "я" по своей природе – такое же социальное явление, как и весь остальной разум.

К этому можно добавить, что впечатление автономности "я", его кажущейся независимости от тела неизбежно переносится и на соплеменников, ведь их поведение просчитывается на основе той же базовой модели. Когда соплеменник погибает, вид его мертвого тела (мало отличающийся, кстати, от вида тела спящего) по-прежнему пробуждает в сознании живой образ. То же самое происходит при воспоминании об умершем и при мысли об отсутствующем. Не говоря о сновидениях, в которых мертвые могут вести себя совсем как живые. Древним людям было трудно разобраться в этой путанице, понять разницу между "он жив" и "он жив в моей памяти". Из путаницы неизбежно должны были развиться равнодушное (эмоционально насыщенное) отношение к мертвецам, странные манипуляции с ними (например, погребальные обряды) и странные идеи (например, вера в бессмертие души и загробный мир).



Участки мозга, отвечающие за формирование мысленной "модели себя" (показана медиальная, т. е. внутренняя поверхность правого полушария). 1 — орбитомедиальная префронтальная кора, 2 — дорзомедиальная префронтальная кора, 3 — передняя поясная кора, 4 — задняя поясная кора.

Коллективный интеллект

Многие живые организмы способны к принятию коллективных решений. Это позволяет группам организмов выполнять координированные, слаженные действия, подобно тому как это постоянно делают клетки многоклеточного организма. Однако в многоклеточном организме слаженность поведения клеток обеспечивается специальными системами централизованного управления (например, нервной и гуморальной системами). В группе отдельных самостоятельных организмов таких централизованных систем управления обычно нет, поэтому согласованность действий обеспечивается иными способами, в том числе при помощи так называемого чувства кворума. Это явление лучше всего изучено на одноклеточных организмах, у которых согласованное групповое поведение, как правило, основано на своеобразном химическом "голосовании". Например, все бактерии в популяции выделяют сигнальное вещество, и когда концентрация этого вещества в среде достигает некоего порогового значения, все клетки дружно меняют свое поведение (например, начинают испытывать "тягу" друг к другу и собираться в большие скопления). На молекулярном уровне изменение поведения микробов обеспечивается резким (иногда скачкообразным) изменением уровня активности определенных генов в ответ на пороговый уровень возбуждения рецепторов, реагирующих на сигнальное вещество. У многоклеточных организмов "чувство кворума" и быстрые согласованные изменения поведения тоже широко распространены, хотя и хуже изучены, чем у одноклеточных. Иногда переход от индивидуальной жизни к согласованному групповому поведению может иметь поистине драматические последствия, как, например, у саранчи.

Экспериментально показано, что принятие коллективных решений стайными животными (например, рыбами) может быть более быстрым и эффективным, чем принятие аналогичных решений отдельными особями. Например, стайка рыб в среднем быстрее и точнее распознает хищника и начинает уплывать от него, чем индивидуальная рыба. По-видимому, здесь имеет значение количество бдительных глаз (или других органов чувств): тем самым повышаются шансы быстро заметить хищника, а также снижается для каждой рыбки зона

необходимого обзора. В результате члены рыбьего коллектива быстрее получают информацию о местонахождении хищника. Теперь важно распространить ее среди членов коллектива. То есть надо не только полагаться на свою внимательность, но и доверять товарищам, отслеживая их действия. Опыты показали, что поведение каждой из рыб в стае действительно строится с учетом действий товарищей. Рыбы, по всей видимости, умеют доверять друг другу, повторяют действия друг друга и получают от этого доверия взаимную выгоду. Движения первого, кто увидит хищника, подхватываются остальными — и стайка в безопасности (*Ward et al., 2011*).

Логично предположить, что у таких высокоинтеллектуальных общественных млекопитающих, как люди, способность к принятию коллективных решений должна была развиваться еще сильнее. Факты это в целом подтверждают, несмотря на серьезные методологические трудности, с которыми сталкиваются исследования в данной области.

Термин "коллективное бессознательное" вошел в обиход человечества еще в начале XX века. Им пользуются для обозначения разных надличностных явлений человеческой психики, таких как мифология, массовые психозы, архетипы и тому подобное. В обыденной жизни, то есть за пределами аналитической психологии К. Г. Юнга, под ним понимается почти любое явление с оттенком сверхъестественного, в которое вовлечено больше одного человека. Научным методом подобные явления изучать чрезвычайно трудно — хотя бы потому, что требуется для начала точно определить предмет исследования. А как его ухватить, это загадочное бессознательное, сформировавшееся в ходе человеческой эволюции и унаследованное конкретным мозгом в ходе индивидуального развития?

Но существуют и более определенные психические явления, присущие группам людей. Один из таких феноменов — повышенная способность коллективов к решению рутинных и творческих задач. Это своего рода "коллективное сознательное", коллективный интеллект. Поставленную задачу коллектив хорошо осознает, участники обсуждают ее между собой в явном виде с помощью слов, решают с помощью логики, мотивация бывает понятна и задана в явном виде. Ни о каком бессознательном, казалось бы, речи не идет, скорее наоборот: в решение задачи вовлечены ассоциативные и логические схемы каждого из участников коллектива, мыслительный процесс идет на сознательном уровне. Решение задачи коллективом — это феномен обобщенной разумной деятельности, "коллективного сознательного".

Интерес к феномену коллективной разумности чрезвычайно высок. Психологи, занимающиеся проблемами работоспособности коллективов, провели тысячи экспериментов, показывающих, насколько успешно в тех или иных условиях коллективы выполняют поставленные задачи и в какой степени и почему одиночки справляются с задачами хуже. Разработаны методы коллективной работы наподобие модного сейчас мозгового штурма. Но, как ни удивительно, до недавних пор никто не пытался количественно оценить интеллект коллектива. Да и возможно ли это?

С отдельными людьми все просто: интеллект оценивается по стандартным тестам. Надежность тестов определяется тем, насколько успешность в решении тестовых заданий коррелирует с успешностью решения других задач, в том числе совсем не похожих на тестовые. Индивидуальные оценки интеллекта учитываются порой при приеме на работу. По аналогии с этими оценками хорошо бы получить возможность объективно судить о потенциале коллективов.

Американские ученые из Университета Карнеги-Меллона (Питтсбург, Пенсильвания), Юнион-колледжа (Скенектади, штат Нью-Йорк) и Массачусетского технологического института ухитрились измерить коллективный разум (одна из лабораторий — участников исследования так и называется — Центр по коллективному разуму, Center for Collective Intelligence). Для этого им пришлось использовать аппарат статистики — факторный анализ. А источником данных для обработки были, конечно, эксперименты, на которых и зиждется научный метод (Woolley et al., 2010).

В экспериментах участвовали 699 человек, каждый из которых проходил тест на интеллект и получал индивидуальный балл IQ. Затем участников распределяли случайным образом на группы от двух до пяти человек. Группе давались различные задания, которые выполнялись с большим или меньшим успехом. Выполнение каждого задания можно было оценить количественно. Использовались специальные психологические тесты для групп — так называемые тесты Макграта (McGrath, 1984). Они включают четыре типа заданий.

В первый тип входят задания на творчество. Коллективам было предложено придумать способы использования обычного кирпича. Второй тип задач определяет способность к правильному выбору, умение различать факты и суждения. Тут нужно было сначала ответить на специальный вопросник и затем решить, какие санкции применить к студенту, давшему взятку преподавателю.

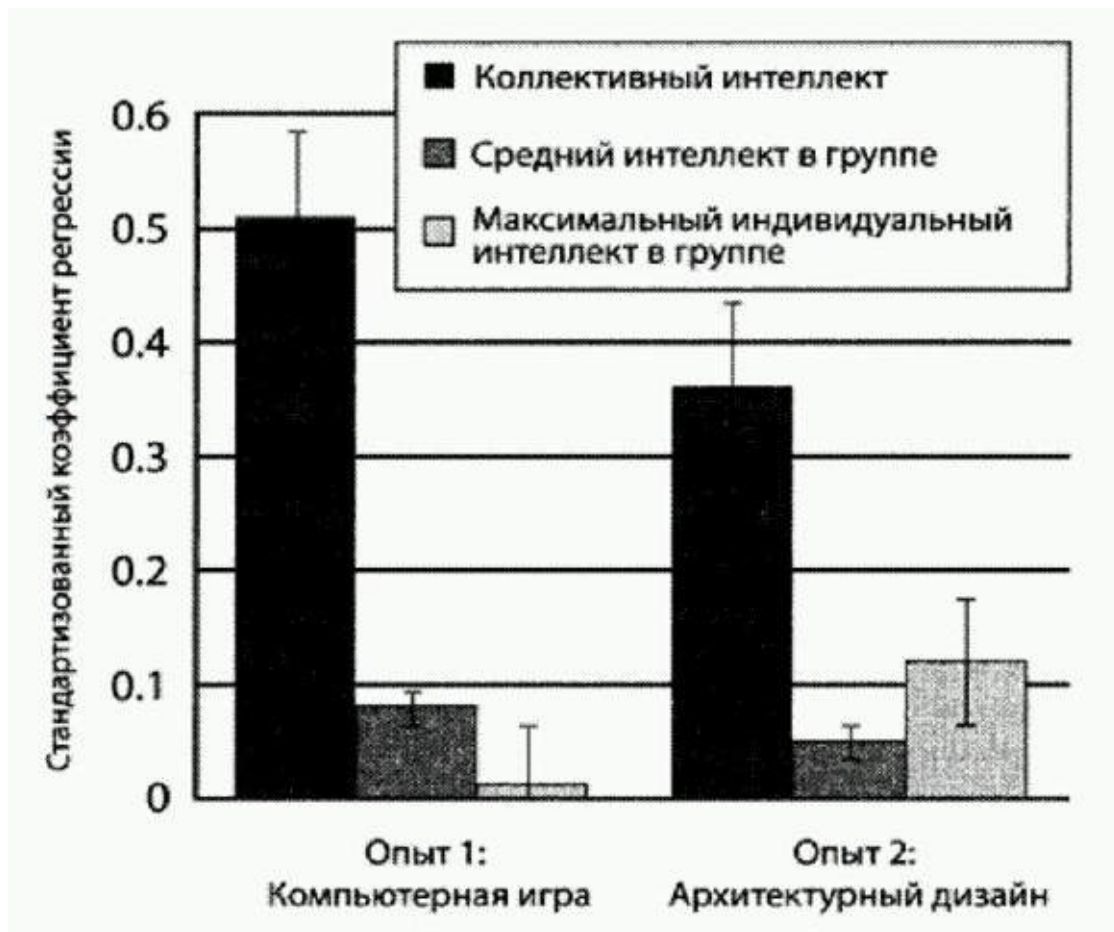
Третий тип тестов призван оценить способность к разрешению конфликтных интересов, как материальных, так и идеологических. Нашим коллективам предложено было запланировать поездки в магазины, если на всех имелась только одна машина (предполагалось, что без машины в магазин не добраться) и каждому был вручен список необходимых продуктов. Они получили карту местности и сведения о примерном времени поездок и качестве продуктов в торговых точках. Коллективный план поездок в результате оценивался по числу закупленных продуктов, их качеству и времени поездок.

Четвертая группа заданий — это проверка психомоторных навыков. Участникам нужно было напечатать текст, допустив наименьшее число ошибок, текстовых пропусков и повторов. Образец виден был у каждого на экране, члены коллектива должны были договориться о том, кто и что будет печатать, учитывая индивидуальные скорость и навыки печатания.

И последнее — проверочное задание: часть коллективов играла в шашки с компьютером, другая часть решала инженерную задачу — из ограниченного числа деталей построить дом, гараж и бассейн. Как видно из приведенного списка заданий, каждое из них вполне можно оценить объективно, то есть количественно.

Полученные результаты показали, что фактор коллективного сознательного существует и работает. Во-первых, имеется значимая корреляция между успешностью прохождения разных заданий. Если коллектив успешно справляется с задачей на суждения, то и с печатанием текста он тоже успешно справится. И наоборот, если группа провалила задание с магазином, то и с кирпичами они, скорее всего, не совладают.

Во-вторых, факторный анализ выявил главный фактор, который определяет 40–50 % всей изменчивости результатов выполнения заданий. Это значит, что успешность решения заданий во всех группах зависит в основном от этого одного фактора. Авторы назвали его фактор с (от слова collective). Следующий по значимости фактор берет на себя лишь 18 % изменчивости. Эта компонента с и была вычислена исходя из факторной статистики.



Коэффициенты показывают, в какой мере три разных фактора — коллективная разумность, или фактор s (темно-серые столбики) усредненный интеллект членов коллектива (серые), максимальный интеллект среди членов коллектива (светло-серые) — позволяют предсказать успешность решения контрольного задания — игры в видеосашки или строительства условной усадьбы. Темно-серые столбики явно выше. Обратите внимание, что высота столбиков отражает не значения показателей (фактора s , среднего и максимального интеллекта), а то, насколько сильно они коррелируют с успешностью выполнения заданий. График из Woolley et al., 2010.

Фактор s на 40–50 % предопределяет успешность выполнения контрольных заданий, однако, как с удивлением увидели исследователи, усредненные оценки индивидуальных IQ, равно как и максимальные индивидуальные IQ, слабо связаны с результативностью группы. Ни на выигрыш в шашках, ни на успех в строительстве индивидуальный вклад почти не влияет.

Этот результат может удивить читателей, и непременно возникает

вопрос: что же это тогда за таинственный фактор с, если не суммированный так или иначе интеллект участников? Оказалось, что гораздо важнее индивидуального интеллекта для успешности группы такие показатели, как социальная восприимчивость, число женщин в группе и стремление к доминированию у членов группы. Первые два фактора взаимосвязаны, поскольку женщины, как правило, восприимчивее к поведению и эмоциям других членов коллектива, чем мужчины. Социальная восприимчивость участников измерялась при помощи специального теста "Прочитай по глазам" (в этом тесте требуется определять эмоции по выражению лиц незнакомых людей).

Третья характеристика — доминирование — была оценена (тоже стандартным методом) по распределению реплик в беседе. Если человек стремится к доминированию, то старается разговаривать больше, чаще выражать свое мнение, оставляя другим меньше возможностей. Поэтому показатель равномерности распределения реплик отражает, с одной стороны, стремление к доминированию одного или нескольких членов коллектива, а с другой — доверие членов коллектива друг к другу. Этот показатель, как можно догадаться, связан с фактором с, определяющим успешность решения задач, обратным образом: чем выше склонность к доминированию, тем ниже успешность выполнения задач. Другие социальные и персональные показатели, например мотивация, удовлетворение, симпатия к членам коллектива, не вносили заметного вклада в коллективный интеллект.

Авторы подчеркивают два наиболее важных, на их взгляд, вывода. Первый — доказанное существование "коллективного сознательного", коллективной разумности, которая определяет потенциал коллектива примерно так же, как индивидуальный интеллект определяет потенциал одиночки. Второй вывод состоит в том, что коллективный интеллект можно и нужно оценивать объективно. Эти оценки могут пригодиться при планировании управленческих акций: кого разогнать, а кого свести вместе. Работоспособный творческий коллектив, по-видимому, должен включать социально восприимчивых персон, женщин или мужчин, а начальник, дав задание, может самоустраниться вместе со своим доминированием.

Особенно важен этот вывод для эволюционных психологов, ведь он показывает, что отбор мог благоприятствовать опережающему развитию культурно-социального интеллекта, "теории ума" и способностей к взаимопониманию даже в том случае, если для выживания коллективов наших предков наибольшее значение имело

успешное решение чисто физических задач. Таким образом, результаты этого исследования можно рассматривать как дополнительный, причем весьма неожиданный, аргумент в пользу гипотезы культурного интеллекта.

Между равенством и деспотизмом

Для многих коллективов современных охотников-собирателей характерны высокий уровень эгалитарности (имущественного и социального равенства) и слабо выраженная иерархия. Типичным примером является народность хадза, проживающая в Танзании и ставшая в последнее время излюбленным объектом изучения для этнографов и антропологов. Это наводит на мысль, что наши предки, возможно, чаще и охотнее склонялись к эгалитарным, чем к строго иерархическим вариантам общественного устройства.

Структура коллективов наверняка была пластичной и менялась в зависимости от множества факторов: в одних условиях гоминиды могли формировать более деспотичные, в других – более эгалитарные общественные структуры (подобно тому как это происходит у некоторых обезьян, таких как вышеупомянутые павианы анубисы).

Это подтверждается тем, что у людей, очевидно, имеются психологические склонности, которые можно интерпретировать как адаптации к борьбе за высокий статус и власть, но есть и склонности противоположного толка, такие как стремление к равенству (см. главу "Эволюция альтруизма"). По-видимому, наши предки динамично балансировали между двумя крайностями – полной эгалитарностью и абсолютным деспотизмом, склоняясь в зависимости от обстоятельств то в одну, то в другую сторону. Решительное преобладание иерархических отношений, возможно, сложилось лишь в последние 10 тыс. лет в связи с развитием сельского хозяйства и появлением материальных ценностей (таких как собранный урожай ячменя или стадо овец), за обладание которыми имело смысл бороться и которые нужно было охранять от соседей.

Некоторые антропологи усматривают в эгалитаризме чуть ли не главный ключ к пониманию эволюции человека (*Boehm, 2001*). Здоровое зерно в этом, несомненно, есть. Но нужно помнить, что у других приматов тоже встречаются варианты общественного устройства с достаточно высоким уровнем эгалитарности и слабо выраженной иерархией. Гоминиды могли быть к этому склонны более других в связи со специфическими особенностями своего поведения. Это и предполагаемое сожителство в одной группе нескольких моногамных пар (что само по себе предполагает значительный уровень равноправия особей) (*у гиббонов – единственных моногамных человекообразных обезьян, помимо человека, – группа состоит только из одной супружеской пары и их детей. Формированию многосемейных, промискуитетных или гаремных групп у гиббонов препятствует высокий уровень агрессии между самками. Когда гиббониха видит, что к ее мужу приближается потенциальная конкурентка, она ее немедленно атакует. Самец же ведет себя пассивно: видимо, понимает, что вмешиваться бесполезно. Дамы сами разберутся*), и

пониженная внутригрупповая агрессия (см. главу "Двуногие обезьяны" в кн. 1), и необычайно далеко зашедшее развитие кооперативного и альтруистического поведения (см. главу "Эволюция альтруизма"). К этому списку следует добавить и развитие эффективных средств коммуникации, что в сочетании с развитым "макиавеллиевским интеллектом" помогало формировать коалиции для противодействия попыткам отдельных зарвавшихся индивидов прибрать к рукам слишком много власти. Способность организовать коллективный отпор потенциальным тиранам – важнейшее условие устойчивого существования эгалитарного социума.

Чтобы отличить искреннюю улыбку от поддельной, нужно стать изгоем

Для многих людей ничего нет страшнее, чем оказаться вне коллектива, почувствовать себя изгоем. Этот страх уходит корнями в далекое прошлое: нетрудно представить, насколько ужасными были для первобытного человека последствия изгнания из общины. Поэтому логично предположить, что в ходе эволюции у человека должны были развиться специальные адаптации, позволяющие минимизировать этот риск (*о некоторых адаптациях, помогающих индивидууму доказать свою лояльность и верность общине, рассказано в главе "Жертвы эволюции"*).

В последние годы психологи активно изучают адаптивные реакции людей на изгнание из коллектива или на угрозу изгнания. В частности, было установлено, что люди, подвергшиеся остракизму, лучше запоминают социально значимую информацию ("кто на кого как посмотрел"), чем те, у кого нет оснований опасаться за свою социальную вовлеченность. Можно предположить, что угроза оказаться в одиночестве должна вести к мобилизации всех ресурсов социального интеллекта. В этой ситуации для человека становится особенно важным умение безошибочно интерпретировать любое слово, жест или взгляд соплеменников, а в особенности те их действия или сигналы, из которых можно извлечь социально значимую информацию. Очень важно не упустить какой-нибудь знак доброго расположения к себе, за который можно ухватиться, чтобы восстановить испорченные отношения. При этом нельзя ошибаться — например, путать угрожающий оскал с дружелюбной улыбкой.

Чтобы проверить гипотезу о том, что чувство отверженности повышает остроту восприятия социально значимых мимических сигналов, психологи из Университета Майами провели простой, но интересный эксперимент (*Bernstein et al., 2008*). В опыте использовали 20 четырехсекундных видеороликов, на которых разные люди улыбались. Десять улыбок из двадцати были фальшивыми, десять — настоящими, или дюшенновскими. Так их называют в честь французского врача Гийома Дюшенна, который открыл, что искренние и фальшивые улыбки формируются за счет сокращения разных мимических мышц. Упрощенный вариант этой классификации улыбок всем известен:

притворно мы улыбаемся одним ртом, а искренне — еще и глазами. Искренние улыбки возникают бессознательно, сами собой, и являются "честными" сигналами, информирующими того, кто на нас смотрит, о нашей радости и благожелательном к нему отношении. Фальшивые, "недюшенновские" улыбки — сознательный мимический акт, служащий обычно для того, чтобы скрыть негативные эмоции или внушить собеседнику, что нам якобы очень приятно его видеть.

Читатели могут посмотреть видеоролики в интернете по адресу <http://www.bbc.co.uk/science/humanbody/mind/surveys/smiles/> и попробовать самостоятельно отличить искренность от фальши. Я угадал шестнадцать улыбок из двадцати (**что касается Елены Наймарк, то она во всех подобных тестах неизменно получает высшие баллы (незвизрая на высокую степень социальной вовлеченности)**).

В эксперименте приняли участие 32 студента. Их случайным образом разделили на три группы: "изгой", "вовлеченные" и "контроль". Студентов из первой группы попросили написать краткое сочинение о каком-нибудь эпизоде из своей жизни, когда они чувствовали себя изгоями. Вторая группа должна была описать эпизод, связанный с чувством вовлеченности и сопричастности, третья группа описывала свое сегодняшнее утро. Это стандартная процедура, при помощи которой психологи-экспериментаторы манипулируют субъективным ощущением собственного социального статуса у подопытных. Эффективность манипуляции была подтверждена результатами краткого опроса испытуемых после сочинения. Затем наконец студентам показали видеоролики с улыбками, попросив отличить фальшивые от настоящих.

Результаты полностью совпали с ожиданиями исследователей. Студенты из первой группы ("изгой") продемонстрировали достоверно более высокое мастерство в различении искренних и поддельных улыбок, чем студенты из второй и третьей групп, которые показали одинаково низкие результаты.

Таким образом, человеку достаточно всего лишь задуматься о собственной отверженности и вспомнить соответствующий эпизод из жизни, чтобы в нем пробудились и обострились спящие способности социального интеллекта — способности, помогающие читать социально значимую информацию на лицах людей.

Немного о различиях мужского и женского мышления

То, что мужчины и женщины думают и ведут себя по-разному, не является секретом ни для широкой публики, ни для ученых. В последнее время психологи все больше внимания уделяют поиску эволюционных корней этих различий. На эту тему написаны и хорошие популярные книги (*Бутовская, 2004*) и учебники (*Жуков, 2007*). Поэтому мы ограничимся лишь несколькими общими замечаниями и парой занятных историй.

Переход гоминид от мирной обезьяньей полувегетарианской жизни к такому опасному и конфликтному занятию, как добыча мяса, неизбежно должен был привести к разделению труда и резкому разграничению социальных ролей между полами. Поэтому и факторы отбора, действовавшие на мужчин и женщин в первобытных коллективах, должны были сильно различаться. Например, репродуктивный успех мужчин сильнее зависел от исхода межгрупповых конфликтов. В случае поражения мужчины могли быть убиты, покалечены или лишены доступа к женщинам. Для женщины последствия такого поражения могли быть менее существенными (не с точки зрения эмоций, а с точки зрения ожидаемого числа детей — ведь для естественного отбора только это и важно). В случае победы мужчины могли захватить пленниц и оставить дополнительное потомство, тогда как женщины от такой победы выигрывали меньше (мы еще вернемся к этой теме в главе "Эволюция альтруизма").

Совсем иначе обстояло дело в случае сильной внутригрупповой конкуренции. Женщинам для успешного выращивания потомства были остро необходимы помощь соплеменников и благоприятная обстановка в коллективе (особенно если учесть, что из-за увеличения размеров мозга дети стали рождаться более беспомощными, и период детства удлинился). Поэтому женщины, возможно, даже в большей степени, чем мужчины, были заинтересованы в поддержании добрых отношений внутри группы и в предотвращении конфликтов между сородичами. Хотя и мужчинам, конечно, нужно было поддерживать дух братской солидарности для коллективных охот и противостояния внешним врагам.

Таким образом, естественный отбор должен был

благоприятствовать развитию у женщин умения и желания улаживать внутригрупповые конфликты. Это подтверждается фактами. Например, антрополог и эволюционный психолог М. Л. Бутовская в статье "Эволюция механизмов примирения у приматов и человека" (2004) пишет, что "девочки... достоверно чаще мальчиков стараются разрядить напряженную обстановку после конфликта в группе и урегулировать конфликт; стараются быть объективными и поддерживать обиженного независимо от дружеских предпочтений. Напротив, мальчики в ситуации конфликта в группе как бы стараются извлечь пользу из происходящего и повысить (укрепить) собственный социальный статус. Они достоверно чаще девочек вмешиваются на стороне агрессора и поддерживают его, не соблюдают объективность и предпочитают поддерживать своих друзей (пример кооперативных альянсов)".

Продолжая эту линию исследований, психологи из Кентского университета (Кентербери, Великобритания) предположили, что указанные различия между мужским и женским менталитетом должны проявляться и в таком важном социальном феномене, как лидерство (*Van Vugt, Spisak, 2008*). У людей, по-видимому, есть врожденная склонность вступать друг с другом в отношения по принципу "лидер — подчиненный". Лидерство играет огромную роль в социальной жизни как у людей, так и у других приматов. Однако задачи, стоящие перед лидером, могут быть совершенно разными в зависимости от того, какие проблемы — внутренние или внешние — являются для группы более насущными. В первом случае востребованными оказываются те способности, которые должны были сильнее развиться у женщин (предотвращение и урегулирование внутренних конфликтов), во втором — те, которыми естественный отбор должен был наделить мужчин (умение координировать действия группы для борьбы с внешним врагом). Исходя из этого авторы предположили, что женщины должны быть более эффективными лидерами в случае острой внутригрупповой конкуренции, а мужчины — в случае конкуренции между группами.

Если все это так, люди должны были в ходе эволюции научиться интуитивно предпочитать лидеров-женщин при обострении внутригрупповых конфликтов и лидеров-мужчин при внешней угрозе. Наблюдаются ли подобные предпочтения в действительности? Чтобы проверить это, авторы поставили ряд экспериментов.

Для начала они протестировали 90 добровольцев, разделенных на две группы по 45 человек. Испытуемых попросили вообразить себя гражданами вымышленной страны Таминии, в которой сейчас проходят

президентские выборы. Первой группе сказали, что Таминия ведет войну с другим государством (межгрупповой конфликт), второй группе поведали о внутренних беспорядках в стране (внутригрупповой конфликт). После этого добровольцев попросили подробно описать, каким они хотят видеть своего президента. Среди прочих качеств идеального кандидата нужно было указать его пол.

В полном соответствии с ожиданиями исследователей, испытуемые из первой группы предпочли избрать в президенты мужчину (91,1 % против 8,9 %), тогда как вторая группа проголосовала за президента-женщину (75,6 % против 24,4 %).

Исследователи, однако, понимали, что эти результаты могут быть не совсем "чистыми". Ведь испытуемые знали, что их выбор не будет иметь реальных последствий. Возможно, они предпочли женщину-президента только для того, чтобы показать свое соответствие принятым на Западе морально-этическим нормам.

Более сложный эксперимент был проведен на 50 добровольцах обоего пола — студентах одного из английских университетов. Участники должны были играть в групповую экономическую игру. Правила игры такие: каждому участнику дают три фунта стерлингов, и он может часть этих денег вложить в общий фонд, а часть оставить себе. В игре участвуют пятеро. Если сумма вложений в общий фонд превысит 12 фунтов, каждый участник получает бонус в размере пяти фунтов, если не превысит — общий фонд пропадает и каждый студент в итоге получает только те деньги, которые он не вложил в общую копилку. Деньги были настоящие. Каждого студента сажали в отдельную комнату, так что во время игры они друг друга не видели.

Всех испытуемых случайным образом поделили на четыре группы. Студентам из первой группы сказали, что эксперимент проводится для того, чтобы "изучить, как разные игроки ведут себя в групповой игре, и сравнить между собой результаты игроков" (внутригрупповая конкуренция).

Участникам из второй группы сообщали, что в игре участвуют команды разных английских университетов и целью исследования является сравнение результатов, показанных разными командами (межгрупповая конкуренция).

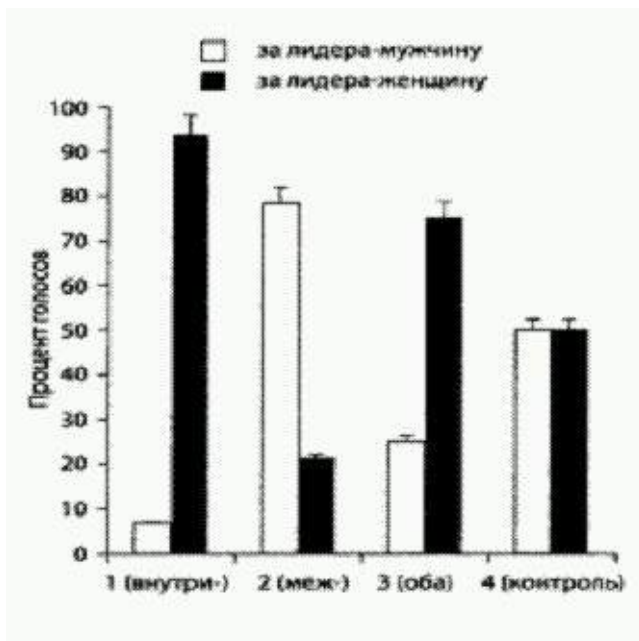
Третьей группе сказали, что ученые будут сравнивать как отдельных игроков между собой, так и командные результаты (оба вида конкуренции).

Наконец, четвертой группе вообще ничего не говорили о том, как

будут анализироваться результаты эксперимента (контроль).

Каждый участник знал, что вместе с ним в группе играют еще четверо, но не видел своих товарищей и не знал, кто они. Перед началом игры каждому участнику предлагалось избрать для своей группы лидера из двух кандидатов, якобы случайно выбранных компьютером из их пятерки. На самом деле это были вымышленные личности. Студентам сообщали только имена кандидатов (Сара и Питер), их возраст (20 лет), увлечения и будущую специальность (Сара собирается стать юристом, Питер изучает английскую литературу).

Каждый студент голосовал за Сару или Питера, а потом ему сообщали "результаты выборов". Половине студентов говорили, что лидером избрана Сара, половине — что Питер. Затем проводилась сама игра.



Процент голосов, поданных студентами за лидера-мужчину и лидера-женщину в разных ситуациях: 1) внутригрупповая конкуренция, 2) межгрупповая конкуренция, 3) оба вида конкуренции, 4) контроль. По рисунку из Van Vugt, Spisak, 2008.

Результаты эксперимента полностью совпали с ожиданиями исследователей. Студенты из первой группы (внутригрупповая конкуренция) почти всегда голосовали за Сару, из второй (межгрупповая конкуренция) — за Питера. Студенты из третьей группы (оба вида конкуренции) чаще голосовали за Сару, но здесь ее преимущество было

выражено слабее, чем в первой группе. Студенты из четвертой, контрольной, группы разделились поровну: половина предпочла лидера — мужчину, половина — женщину. Выбор студентов не зависел от их собственного пола.

Кроме того, пол воображаемого лидера повлиял на результаты игры. В первой группе студенты вкладывали в общественный фонд больше денег, если думали, что лидер у них Сара. Во второй группе, напротив, больше вкладывали те, кто считал лидером мифического Питера.

По мнению исследователей, выявленные предпочтения при выборе лидера являются отголоском ранних этапов эволюции человека (конечно, в сочетании с культурными стереотипами, которые, впрочем, тоже могут иметь отчасти биологическое происхождение). Такие предпочтения могли зародиться очень давно, даже до разделения эволюционных линий людей и шимпанзе. Например, у шимпанзе самцы обычно верховодят военными операциями — рейдами по патрулированию границ территории группы и набегами на земли соседей. В урегулировании внутригрупповых конфликтов (например, в разнимании драчунов), напротив, чаще участвуют высокоранговые самки. Поэтому еще у очень далеких предков людей могли сформироваться и закрепиться в генах (стать врожденными) соответствующие правила принятия решений, например такие: "На войне следуй за лидером, имеющим мужественный вид".

Авторы отдают себе отчет в ограничениях проведенного исследования. Например, в группе 2 межгрупповая конкуренция сводилась к соревнованию между университетами за социальный престиж и не более того — отсюда еще далеко до смертельной схватки между враждующими группами приматов. Размер денежного вознаграждения был не слишком большим, и поэтому нельзя утверждать наверняка, что найденные закономерности сработают в ситуации с более высоким уровнем личной заинтересованности (например, на настоящих президентских выборах). Хотя авторы уверены, что сработают. В любом случае ясно, что для окончательного подтверждения подобных теорий нужно провести еще много экспериментов и наблюдений.

Исследователи особо оговаривают, что их выводы не следует абсолютизировать: бывают и вполне успешные "воинственные" лидеры-женщины, и не менее успешные мужчины-примирители. В качестве примеров они приводят Маргарет Тэтчер, Голду Меир, Нельсона Манделу и Махатму Ганди.

Женщины добрее мужчин (Этот раздел, разумеется, написан Еленой Наймарк)

Милосердие, сочувствие, сострадание – эти качества во все времена считались положительными. Чаще всего этот перечень можно услышать в приложении к той или иной особе женского пола. А иногда люди – рационализаторы чувств – говорят, что все эти качества суть женские прихоти, и рекомендуют для счастья разумный эгоизм. Современные методы нейрофизиологии позволили изучить способность к сопереживанию более конструктивно и содержательно, чем это прежде проделывали философы с помощью умозрительной логики. Мало того что нейрофизиологи наглядно показали, как и в каких отделах мозга возникает сострадание, они еще выяснили, что совесть – необходимый атрибут сострадания (о сочувствии у животных мы говорили в главе "В поисках душевной грани").

Несколько лет назад ученые обнаружили, что сочувствие – это не образное выражение, а вполне буквальное. Оно обусловлено способностью человека реально переживать воображаемые ситуации и ощущения, например те, которые описывает ему собеседник. Несмотря на воображаемость ситуации, в мозге слушателя возникает вполне реальное возбуждение тех самых нейронов, которые возбуждись бы, случись подобное с ним самим. В центрах отвращения возникает возбуждение в ответ на рассказ о неприятных переживаниях товарища, в центрах тактильных ощущений – в ответ на информацию о тактильных ощущениях, то же и с центрами боли. Так что на языке нейрофизиологии сочувствие – это адекватное возбуждение нейронов в ответ на воображаемый сигнал.

Нейрофизиологи из Университетского колледжа в Лондоне Таня Сингер, Крис Фрит (автор замечательной книги "Мозг и душа", недавно изданной на русском языке) и их коллеги для исследования этих тонких материй воспользовались методом фМРТ. Авторы интересовались процессом появления в мозге реакции сопереживания боли, а также появляется ли реакция сопереживания к людям с просоциальным и асоциальным поведением. Критерием социальности считали в эксперименте способность к кооперации, корпоративную честность. В действительности за сложными и скрупулезно точными формулировками ученых стоит простой человеческий вопрос: может ли человек, зарекомендовавший себя как эгоист и мошенник, рассчитывать на простое человеческое сочувствие? (*Singer et al., 2006*).

На первом этапе экспериментов у 32 испытуемых – половина из них мужчины, половина женщины – формировали представление о честности двух подсадных уток (специально нанятых актеров). Каждый испытуемый играл с двумя актерами в корпоративную экономическую игру, в которой один актер играл честно, так что очки или деньги зарабатывал не только он сам, но и его партнер, а другой обманывал партнеров, чтобы самолично обогатиться. В результате после игры испытуемый считал одного актера добрым малым, а второго – отпетым эгоистом и мошенником.

На втором этапе экспериментов испытуемому показывали косвенными сигналами, что честный и нечестный игроки переживают боль. Во время демонстрации сигналов у испытуемого снимали

томограмму мозга. Что же выяснилось? Честному игроку сочувствовали все: и мужчины, и женщины. Иначе говоря, в ответ на косвенный сигнал о переживании боли честным игроком в центрах боли у испытуемых фиксировалось возбуждение.

А как же мошенники? Почти все испытуемые женщины сопереживали нечестным игрокам так же, как и честным. А вот мужчины – нет. Сигнал о переживании боли нечестным игроком не вызывал у них никакого сочувствия! Мало того: вместо болевых центров у большинства мужчин-испытуемых возбуждался особый центр "награды". Зная, что игрок-мошенник испытывает боль, мужчины в большинстве испытывали злорадство, или законное чувство мести и справедливости. У женщин злорадство фиксировалось редко.

В этих экспериментах наше интуитивное представление о милосердии женщин и о мстительности мужчин получило четкое подтверждение. Кроме того, стало очевидно, почему издревле роли судей и карателей брали на себя мужчины: ведь законодательство – это свод правил общественного поведения, нарушители не вызывают у судей-мужчин никакого сочувствия, а приведение приговора в исполнение возбуждает у них центры удовольствия. Женщина же в таком деле может проявить несанкционированное сострадание (**о проблеме борьбы с обманщиками и "социальными паразитами" рассказано в главе "Эволюция альтруизма". По-видимому, у гоминид эту важнейшую социальную функцию пришлось взять на себя мужчинам, потому что эволюционные интересы женщин требовали в первую очередь развития адаптаций для поддержания дружелюбных отношений в группе. Это вступало в противоречие с необходимостью карать нарушителей моральных норм**).

Мужчины и женщины различаются не только по своему социальному поведению и общественным ролям, но и по тому впечатлению, которое их поступки производят на окружающих. Во время одной из последних избирательных кампаний в США некоторые политики отзывались о кандидате в президенты Хиллари Клинтон как о "слишком гневной, чтобы быть избранной". Подобные заявления и их бурное обсуждение в СМИ побудили психологов Викторию Бресколл из Иельского университета и Эрика Ульманна из Северо-Западного университета предпринять специальное исследование с целью выяснить, как влияют проявления гнева у мужчин и женщин на их образ в глазах окружающих и на профессиональную карьеру (Brescoll, Uhlmann, 2008).

Ранее некоторые психологи высказывали предположение, что проявления гнева могут восприниматься публикой как свидетельство высокой компетентности гневающегося и способствовать повышению его статуса. Это было проверено в специальных исследованиях, которые показали, что разгневанные мужчины вызывают у людей больше симпатии и имеют больше шансов быть принятыми на работу или получить повышение, чем те, кто в сходных обстоятельствах

демонстрирует печаль и уныние. На женщинах подобные эксперименты ранее не проводились.

Бресколл и Ульманн восполнили этот пробел, проведя три серии экспериментов с добровольцами. В исследовании приняли участие взрослые образованные белые американцы обоего пола.

В первой серии опытов каждому участнику показали видеозапись интервью о приеме на работу. Профессиональный актер (мужчина или женщина) разговаривал с невидимым на экране работодателем. "Соискатель" рассказывал о том, как однажды на прежней работе они вместе с другим сотрудником потеряли важную бумагу. "Какие чувства вы при этом испытали?" — спрашивал работодатель. На это актер отвечал одно из двух: "Я разозлился (разозлилась)" или "Я был огорчен (огорчена)". При этом актеры интонацией и мимикой изображали в умеренной форме соответствующие эмоции — гнев или огорчение. Таким образом, было всего четыре видеоролика: "гневный мужчина", "грустный мужчина", "гневная женщина" и "грустная женщина". Актер и актриса были одного возраста и по результатам предварительного тестирования имели "одинаковую степень привлекательности". Разумеется, тексты всех четырех роликов были одинаковы, за исключением ответа на последний вопрос "работодателя".

Каждый участник эксперимента просмотрел только один из роликов. После просмотра нужно было выразить отношение к "соискателю", ответив на ряд вопросов.

Полученные результаты подтвердили прежние выводы, касающиеся мужчин. Действительно, разгневанный мужчина выглядит в глазах сторонних наблюдателей более компетентным (и заслуживающим более высокой должности и зарплаты), чем огорченный. Однако в отношении женщин все оказалось наоборот. Грустные женщины по всем параметрам набрали больше очков, чем разгневанные. Более того, грустные женщины опередили грустных мужчин и лишь немного уступили разгневанным.

Кроме того, ответы испытуемых показали, что люди склонны воспринимать мужской гнев как оправданный, вызванный объективными внешними причинами.

Женский гнев, напротив, чаще расценивается как следствие личных качеств женщины — "потому что у нее такой характер".

Это согласуется с психологическими теориями, согласно которым люди, как правило, объясняют чужое поведение внешними причинами, если это поведение соответствует ожиданиям наблюдателя, и

внутренними, если оно этим ожиданиям не соответствует. От мужчин ожидают большей жесткости и агрессивности; от женщин, напротив, ждут мягкости и доброты. Поэтому при виде разгневанного мужчины люди думают: "Кто-то его разозлил", а при виде разгневанной женщины предполагают, что имеют дело со злобной особой, не умеющей себя контролировать.

Первую серию опытов на всякий случай повторили, используя вместо видеороликов распечатки текстов интервью. Результаты получились такие же.

Вторая серия экспериментов была призвана ответить на ряд дополнительных вопросов. Во-первых, нужно было выяснить, не являются ли полученные результаты следствием того, что люди склонны изначально придавать женщинам более низкий статус по сравнению с мужчинами. Считается, что гнев — "статусная" эмоция. Иными словами, высококоранговые особи имеют право гневаться, а низкоранговые — нет. В связи с этим видеоролики были модифицированы. Теперь в начале каждого интервью "соискатель" сообщал свою прежнюю должность. Он объявлял себя либо крупным начальником, либо "младшим помощником старшего дворника".

Это не повлияло на главный результат исследования: оказалось, что проявления гнева отрицательно сказываются на имидже женщины независимо от ее служебного положения.

Иными словами, высокопоставленная начальница, с точки зрения стороннего наблюдателя, имеет ничуть не больше оснований проявлять публично свой гнев, чем низкоранговая работница. Результаты по мужчинам тоже не подтвердили предположения о том, что высокое служебное положение делает гнев более "праведным".

Кроме того, выяснилось, что служебное положение влияет на оценку рабочих качеств только у мужчин (те из них, кто назвал себя крупным руководителем, получили более высокие оценки). У женщин аналогичная зависимость не прослеживается. Женщина-соискатель, объявившая о своем высоком служебном положении, зарабатывала при прочих равных столько же баллов, сколько и низкоранговая работница, и зарплату им тоже назначали одинаковую.

Второе изменение состояло в том, что огорчение заменили на полное отсутствие эмоций. Авторы подумали, что чувство грусти может быть не вполне адекватным контролем для изучения гнева. Грусть — самостоятельная эмоция, имеющая свои собственные коннотации. В новых "контрольных" видеоклипах работодатель не спрашивал актера о

его отношении к инциденту, а тот во время всего интервью старался не проявлять эмоций. Оказалось, что разгневанные женщины так же сильно проигрывают по сравнению с хладнокровными, как и по сравнению с грустными.

А вот у мужчин ситуация изменилась: разгневанные получили немного более высокий "статус" и оценку компетентности, чем хладнокровные, однако первым назначили меньшую зарплату, чем вторым. По-видимому, проявления грусти вредят мужскому имиджу, тогда как гнев и хладнокровие примерно одинаково выгодны. Впрочем, последний результат не подтвердился в третьей серии опытов (см. ниже): там гневные мужчины заработали по всем пунктам больше очков, чем безэмоциональные.

Третье изменение состояло в том, что зрителям задавали дополнительный вопрос: считаете ли вы, что соискатель не умеет держать себя в руках? Это позволило уточнить причины негативной оценки женского гнева. Стало ясно, что гневающимся женщинам приписывают не только злобный характер, но и ослабленный самоконтроль.

В третьей, последней серии экспериментов ученые решили проверить, можно ли устранить негативный эффект женского гнева, если объяснить зрителю, что этот гнев вызван не личными качествами женщины (злобным характером и отсутствием самоконтроля), а объективными внешними причинами. Были изготовлены дополнительные видеоклипы, в которых актеры, изображавшие гнев, объясняли его причину, сваливая вину на напарника. Они говорили, что не просто разозлились, а разозлились на сотрудника, который их обманул, и этот-то обман и стал причиной потери важного документа.

Как ни удивительно, эта простая и естественная мера практически полностью реабилитировала гневных женщин в глазах наблюдателей. Они набрали столько же очков, сколько и "хладнокровные" соискательницы, и гораздо больше, чем гневающиеся без объяснения причин.

Пожалуй, еще более удивителен эффект, который оказало разъяснение причин гнева на имидж мужчин. Он оказался прямо противоположным тому, что наблюдалось у женщин, то есть отрицательным! Таким образом, гневающиеся женщины, чтобы произвести хорошее впечатление, должны объяснять причины своего гнева и валить вину на других, а вот гневающимся мужчинам лучше этого не делать. В этом, по-видимому, опять проявились различающиеся

"стереотипные ожидания" в отношении мужчин и женщин: от первых ждут в целом более активной и ответственной жизненной позиции, а от вторых ожидается более пассивное, зависимое поведение ("я не виновата, меня обманули").

ГЛАВА 5. ЭВОЛЮЦИЯ АЛЬТРУИЗМА

Родственный отбор

Кооперация и альтруизм — краеугольные камни социального поведения *Homo sapiens*. Вряд ли нужно объяснять, что без кооперации (сотрудничества, взаимовыгодного поведения) устойчивое существование социума у приматов невозможно. Очевидно и то, что наши предки эволюционировали именно как социальные, общественные животные. Социальная жизнь часто предполагает и некоторую долю альтруизма, жертвенности. Это не абсолютное правило, но в эволюции гоминид оно, по всей видимости, соблюдалось неукоснительно. Уже 1,7 млн лет назад ранние *Homo* заботились о беззубых стариках (см. главу "Очеловечивание" в кн. 1). А ведь это альтруизм — кормить беспомощного старика, вместо того чтобы съесть эту пищу самим или отдать своим детям.

Поэтому мы не поймем эволюцию человека, пока не разберемся в эволюционных механизмах, ведущих к развитию кооперативного и альтруистического поведения. Это тем более важно, что до сих пор еще приходится иногда слышать от далеких от биологии людей, что эволюция якобы не может объяснить альтруизм. На самом деле эволюция превосходно его объясняет. Каким образом — в этом мы сейчас попробуем разобраться.

Изучение эволюции альтруизма и кооперации — это одно из тех направлений, двигаясь по которым биология — естественная наука — вторгается на территорию, где до сих пор безраздельно хозяйничали философы, теологи и гуманитарии. Неудивительно, что вокруг эволюционной этики (так называют это научное направление) кипят страсти. Об этих страстях мы говорить не будем, потому что они кипят за пределами естественных наук. Пусть себе кипят. Нас, биологов, интересует другое. Нас интересует, почему, с одной стороны, большинство живых существ ведут себя эгоистично, но при этом немало есть и таких, кто совершает альтруистические поступки, то есть жертвует собой ради других.

Альтруизм у дрожжей? Да как вы смеете!

Часто приходится слышать, что такие понятия, как альтруизм (а еще мышление, желание, планирование, понимание, любовь и многие-многие другие), применимы только к человеку и больше ни к кому. По моему, это просто дело привычки и общественной договоренности. Главное — чтобы было понятно, о чем речь. Слова для людей, а не люди для слов. Было время, даже слово "поведение" кое-кто считал

допустимым применять только к людям. Ну как же: ведь только люди могут вести себя осознанно, осмысленно, то есть по-настоящему. А остальные живые существа себя не осознают, личности у них нет, и поэтому никак "себя вести" они не могут. Сейчас такие рассуждения выглядят историческим курьезом – все давно привыкли, что у нечеловеческих животных тоже есть поведение. Иначе можно договориться до того, что только люди могут есть: ведь мы едим осознанно, а все остальные – неосознанно.

Употребление слова "альтруизм" по отношению к нечеловеческим живым существам имеет в биологической литературе давнюю историю. Но все-таки многие еще не успели к этому привыкнуть. Поэтому нужно немного разобраться с определениями, тем более что общепринятый смысл понятия "альтруизм" в применении к людям (в этике) и другим живым существам (в биологии) не совсем одинаков.

АЛЬТРУИЗМ (ЛАТ. ALTER – ДРУГОЙ) В ЭТИКЕ – нравственный принцип, предписывающий бескорыстные действия, направленные на благо других людей; способность приносить свою выгоду в жертву ради общего блага.

АЛЬТРУИЗМ В БИОЛОГИИ: поведение, ведущее к повышению приспособленности (репродуктивного успеха) других особей в ущерб своим собственным шансам на успешное размножение.

В этих определениях много общего. В обоих случаях имеется в виду принесение индивидом в жертву своих интересов ("выгоды") ради кого-то другого. Однако интересы могут быть разные. В случае с человеком подразумевается, что у индивида есть какие-то цели, которые он в той или иной степени осознает (и может быть, даже сам себе их поставил, хотя что это значит – "сам поставил" – вопрос очень каверзный; см. раздел "Свободная воля" в главе "В поисках душевной грани"). Причем здесь имеются в виду не любые цели, а корыстные, эгоистические, связанные с личной выгодой (благами, удовольствиями). И наш индивид вдруг берет и отказывается от осуществления своей корыстной цели – жертвует своей "выгодой" ради кого-то другого. Вот вам и альтруизм.

Это определение (как и любое другое) можно при желании свести к абсурду и разрушить всю его слабенькую логику, если начать детализировать и докапываться: а что такое благо, а что такое выгода, а что такое удовольствие, а не получает ли человек удовольствие, совершая добрый поступок, а если получает, то это уже не альтруизм, и т. д.

Центральную роль в принятии решений у нас все-таки играют подкорковые структуры с их контурами боли и награды, кнута и пряника. Кора больших полушарий выполняет сложные калькуляции, строит модели, прогнозирует последствия возможных поступков, сравнивает их с последствиями альтернативных вариантов поведения. Но эмоциональная оценка результатов всех этих вычислений зависит от подкорковых структур. Это они в конечном счете определяют, что делать следует, а что нет. Какой из вариантов даст в итоге больше пряников-эндорфинов. Хвостатое ядро капризно виляет хвостиком: хочу – не хочу, буду – не буду. Если вам хочется совершить добрый поступок (и получить на свою голову все его предполагаемые

последствия) сильнее, чем хочется его не совершать (тоже со всеми вытекающими), то вы его совершите. Если мысленная модель планируемого доброго поступка активирует нейронную сеть "кнута" сильнее, чем нейронную сеть "пряника", то вы его не совершите.

Так что при желании можно привести аргументы в поддержку тезиса, что альтруизма вообще не бывает: что хотим, то и делаем. Можно порассуждать о том, что моральные нормы, законы, системы запретов и табу как раз для того и выработаны обществом, чтобы наши хвостатые ядра чаще склоняли хвост в сторону поступков, полезных окружающим. Но лучше не будем погружаться в эти демагогические пучины. Остановимся на том, что большинству людей интуитивно понятно, что такое "эгоистический интерес", когда дело касается человека.

Перейдем к биологическому определению. Какие цели, какие интересы могут быть у дрожжевой клетки? Строго говоря, никаких интересов у нее нет и целей тоже. Но нам удобно думать, что у нее есть одна, совершенно определенная цель: размножиться, растиражировать свои гены в следующих поколениях. Нам удобно приписать ей такую цель, потому что если приглядеться внимательно к любому живому существу, то мы увидим, что оно замечательно приспособлено для выполнения именно этого действия – размножения, тиражирования своих генов.

Так получается само собой, потому что так работает естественный отбор. Если случайная мутация повышает эффективность тиражирования данного фрагмента ДНК, то (как можно догадаться) данный фрагмент ДНК будет тиражироваться эффективнее. Причем, что важно, тиражироваться он будет вместе с этой самой мутацией, которая повысила эффективность его размножения. Число копий гена с такой мутацией будет расти. Если другая мутация снизит эффективность размножения своего кусочка ДНК, этот кусочек – вместе с этой мутацией – будет размножаться хуже, и число его копий в этом мире будет снижаться.

В результате мир неуклонно наполняется фрагментами ДНК, все более эффективно себя тиражирующими. Ни у кого нет никаких целей. Однако выглядит все так, как будто у фрагментов ДНК (генов) есть цель: размножаться как можно эффективнее. На самом деле они просто автоматически, в силу слепых законов природы, накапливают изменения, повышающие эффективность их размножения. Но нам – в силу некоторых особенностей нашей психики – удобно рассматривать этот процесс как целенаправленный.

В действительности он просто направленный, без "целе-". Естественный отбор придает ему направленность в сторону роста эффективности размножения генов. А цель ему приписываем мы. Нам так удобно, потому что мы так устроены: мы любим приписывать цели направленным процессам, результаты которых можно в какой-то мере предвидеть. Или объектам, от которых можно ожидать более-менее определенных действий.

Философ Дэниел Деннетт объяснил, почему это нам удобно, в книге *The Intentional Stance* ("Интенциональная установка"). Это ценная психическая адаптация, удобное "срезание угла", кратчайший

путь к практическому выводу, лихой прыжок через длинную цепочку "лишних" логических рассуждений – нейронных калькуляций. Если в джунглях на нас бросается хищник, глупо размышлять о природе его поведенческих реакций, о его рецепторах, лимбической системе и гормональном статусе. "Он хочет меня сожрать!" – вот как должен осмыслить поведение хищника жизнеспособный, адаптированный к реалиям этого мира двуногий примат. В некоторых языках даже будущее время формируется на основе глагола "хотеть": говорят не "поезд придет через пять минут", а "поезд хочет прийти через пять минут".

Нам удобно использовать интенциональную установку, потому что у нас великолепно развита "теория ума". У нас есть хорошая мысленная модель себя, и нам легко судить о внешних объектах по себе. А мы-то сами постоянно занимаемся планированием и ставим себе цели (по крайней мере так нам кажется).

Раз нам это удобно, то давайте так и поступим. Будем считать понарошку, что у генов и организмов есть цель – как можно эффективнее размножиться. Пусть это будет их "корыстным интересом". А когда организм вдруг начинает вести себя в ущерб своему корыстному интересу, да притом еще так, что это идет на пользу интересам другого организма, мы будем называть такое поведение альтруистическим. Вот и ладно, вот и договорились.

Итак, перед нами стоят два основных вопроса. С одной стороны, ясно, что многие жизненные задачи легче решать совместными усилиями, чем в одиночку. Почему же тогда биосфера так и не превратилась в царство всеобщей дружбы и взаимопомощи? Это первый вопрос.

Второй вопрос противоположен первому. Как вообще может в ходе эволюции возникнуть альтруизм, если движущей силой эволюции является естественный отбор — процесс, как представляется на первый взгляд, абсолютно эгоистический?

Все дело в том, что этот "первый взгляд" — неправильный. Ошибка здесь в смещении уровней, на которых мы рассматриваем эволюцию. Эволюцию можно рассматривать на разных уровнях: генов, индивидов, групп, популяций, экосистем, всей биосферы. На каждом уровне свои закономерности и правила. На уровне генов в основе эволюции лежит конкуренция разных вариантов (аллелей) одного и того же гена за доминирование в генофонде популяции. На генном уровне никакого альтруизма нет и быть не может. Ген всегда эгоистичен. Если появится "добрый" аллель, который в ущерб себе позволит размножиться другому аллелю, то этот альтруистический аллель будет вытеснен из генофонда и просто исчезнет.

Но если мы переведем взгляд с уровня генов на уровень организмов, то картина будет уже другой. Потому что интересы гена не всегда

совпадают с интересами организма. Ген, или, точнее, аллель, — это не единственный объект, он присутствует в генофонде в виде множества одинаковых копий. "Интерес" у всех этих копий один и тот же. Ведь они — просто молекулы, и они абсолютно идентичны. И им, и нам, и естественному отбору совершенно все равно, какая именно из одинаковых молекул размножится, а какая нет. Важен только суммарный итог: сколько копий аллеля было и сколько их стало.

Организм, напротив, — это единственный объект, и в его геноме могут присутствовать, говоря упрощенно, только одна или две копии интересующего нас аллеля.

Иногда эгоистичному гену выгодно пожертвовать одной-двумя своими копиями для того, чтобы обеспечить преимущество остальным своим копиям, которые заключены в других организмах.

К этой мысли биологи стали подходить уже в 30-е годы прошлого века. Важный вклад в понимание эволюции альтруизма внесли Рональд Фишер (*Гениальный биолог-теоретик, один из создателей генетической теории эволюции и современной статистики. У него были свои недостатки: рассказывают, что он заставлял жену рожать ребенка за ребенком, потому что считал, что у него шикарные гены, которые необходимо растиражировать. Фишер был поклонником евгеники*), Джон Холдейн (*Тоже великий биолог. Прославился своими афоризмами. Однажды в ответ на заявление некой дамы, которая не могла поверить, что "из одноклеточного организма даже за миллиарды лет может развиться такое сложнейшее существо, как человек", Холдейн сказал: "Мадам, вы сами это проделали. И у вас ушло на это всего девять месяцев". В другой раз на вопрос одного богослова, какая черта личности Создателя наиболее ярко проявилась в его Творении, Холдейн ответил: "Необычайная любовь к жукам" (жуки — самая разнообразная группа живых существ, их известно более 300 000 видов)*) и Уильям Гамильтон (*Тоже гений. Возможно, величайший биолог-теоретик XX века. Разработал и математически обосновал теорию родственного отбора, эволюционную теорию старения и много других замечательных идей*).

Теория, которую они построили, называется теорией родственного отбора. Суть ее образно выразил Холдейн, который однажды сказал: "Я бы отдал жизнь за двух братьев или восьмерых кузенов". Что он имел при этом в виду, можно понять из формулы, которая вошла в науку под названием "правило Гамильтона".

Вот эта формула. "Ген альтруизма" (точнее, аллель, способствующий

альтруистическому поведению) будет поддержан отбором и распространится в популяции, если

$$RB > C,$$

где **R** — степень генетического родства жертвователя и "принимающего жертву" (на самом деле родство важно не само по себе, а только как фактор, определяющий вероятность того, что у "принимающего" имеется тот же самый аллель альтруизма, что и у жертвователя); **B** — репродуктивное преимущество, полученное адресатом альтруистического акта; **C** — репродуктивный ущерб, нанесенный "жертвователем" самому себе. Репродуктивный выигрыш или ущерб можно измерять, например, числом оставленных или не оставленных потомков.

С учетом того, что от акта альтруизма может выиграть не одна, а много особей, формулу можно модифицировать следующим образом:

$$NRB > C,$$

где **N** — число принимающих жертву.

Обратите внимание, что правило Гамильтона не вводит никаких дополнительных сущностей, не требует специальных допущений и даже не нуждается в экспериментальной проверке. Оно чисто логически выводится из определений величин **R**, **B**, **C** и **N** — точно так же, как геометрические теоремы выводятся из аксиом. Если $NRB > C$, "аллель альтруизма" будет совершенно автоматически увеличивать свою частоту в генофонде популяции.

Посмотрим, как это работает, что называется, на пальцах. Допустим, наш аллель альтруизма заставляет своего носителя пожертвовать жизнью, если эта жертва спасает жизнь трех его родных братьев (с двумя Холдейн погорячился: два брата — это шило на мыло; почему, будет объяснено ниже). Допустим, это действие совершается в молодом возрасте, когда никто из участников еще не имеет детей, и допустим, что в среднем каждый самец в этой популяции оставляет троих детей.

Подсчитаем значения переменных.

Число адресатов (**N**) равно трем (три брата).

Родство (**R**) равно 0,5. Жертвователь получил свой аллель альтруизма от одного из родителей. С каждым из братьев он имеет в среднем 50 % общих генов. В данном случае "общих" означает "идентичных по происхождению", то есть представляющих собой точные копии одного и того же родительского гена. Поэтому вероятность того, что данный брат имеет копию того же самого аллеля

альтруизма, равна в среднем 0,5.

Репродуктивный выигрыш (**B**) равен трем. Брат оставит троих потомков, если выживет, и ни одного, если погибнет.

Репродуктивный ущерб (**C**) тоже равен трем. Совершив альтруистический акт, жертвователю погибает и не оставляет троих детей, которых он оставил бы, не совершив самопожертвования.

Подставив эти числа в неравенство, получаем выражение: $NRB = 4,5 > 3$. Неравенство истинно, значит, аллель альтруизма при данных условиях должен распространяться.

Проверим, так ли это.

Если жертва будет принесена, спасенные братья оставят по три потомка. Каждый брат имеет аллель альтруизма с вероятностью 0,5. Каждому из их детей этот аллель, если он у них есть, достанется тоже с вероятностью 0,5. Всего, таким образом, получится девять потомков, каждый из которых имеет аллель альтруизма с вероятностью 0,25. В среднем в следующее поколение перейдет $9 \times 0,25 = 2,25$ копии аллеля альтруизма.

Если жертва не будет принесена, в следующее поколение перейдет в среднем $C \times 0,5 = 1,5$ копий аллеля. Мораль: аллелю выгодно, чтобы жертвователю совершил альтруистический акт. Благодаря этому акту аллель передаст в следующее поколение не 1,5, а 2,25 своей копии. Следовательно, аллель альтруизма с течением времени будет наращивать свою частоту, вытесняя из генофонда конкурирующий "аллель эгоизма". Подставив двух братьев вместо трех, получим равенство: $1,5 = 1,5$.

С точки зрения самого аллеля никакого альтруизма тут нет, один сплошной эгоизм. Аллель заставляет своих носителей — то есть организмы — жертвовать собой, но тем самым аллель блюдет свои корыстные интересы. Он жертвует небольшим числом своих копий, чтобы дать преимущество большему числу точно таких же своих копий. Естественный отбор — это автоматическое взвешивание суммы выигрышей и проигрышей для аллеля — для всех его копий вместе, и если выигрыши перевешивают, аллель распространяется. Вот, собственно и вся теория.

Глупая чайка

Правило Гамильтона обладает замечательной объясняющей и предсказательной силой. Например, оно помогает объяснить типичную сцену, которую можно наблюдать на берегах водоемов (я ее часто наблюдаю летом на Белом море). Поймал рыбак рыбку и начинает ее на берегу потрошить, бросая потроха в воду. Это замечает чайка, она прилетает и начинает хватать потроха из воды. Но она делает это не

молча, а сначала издает несколько громких призывных криков. На эти крики быстро слетается еще десятка два чаек, которые тут же набрасываются на первую чайку и начинают отнимать у нее добычу. Та не отдает, отбивается, разыгрывается целый спектакль с вырыванием друг у друга из клюва рыбьих потрохов. Странное поведение! С одной стороны, почему бы чайке не есть молча? Зачем она позвала других, создав тем самым себе проблемы? Второй вопрос: если уж она их позвала, то почему тогда не хочет поделиться, а дерется и не отдает?

В этой сцене, как и во многих других ситуациях в живой природе, мы видим причудливое сочетание альтруистического и эгоистического поведения. Призывный пищевой крик чайки – типичный пример альтруизма. От этого крика чайка не получает никакой выгоды. Выигрыш достается другим чайкам: они получают шанс пообедать. Вторая часть сцены – драка. Здесь уже, конечно, мы видим лишь чистый эгоизм со стороны всех участников.

Разгадка – в правиле Гамильтона. Чайки на Белом море питаются в основном стайными рыбами, например селедкой. Если чайка заметила одну рыбку, то, скорее всего, рядом есть много других: на всех хватит. Это значит, что величина **C** – цена альтруистического акта – будет в среднем низкой. Величина **B** – выигрыш тех, кто прилетит на крик, – будет довольно большой: они пообедают. Поскольку рыба стайная, следующую стаю, возможно, придется долго ждать. Величина **R** (родство) тоже, скорее всего, будет высокой, потому что чайки гнездятся колониями, часто возвращаются на одно и то же место после зимовки, и поэтому, скорее всего, рядом с этой чайкой гнездятся ее родственники – родители, дети, братья и племянники.

Величина **N** – число чаек, которые услышат, прилетят и пообедают, тоже довольно высоко. Неравенство $NRB > C$ выполняется. Вот и закрепились в популяции чаек мутации, способствующие "пищевому крику". А почему чайка не делится своей добычей, не отдает то, что уже схватила? Потому что в этом случае величина **C** больше: чайка остается без обеда. Величина **N**, напротив, оказывается меньше. Отдав свою добычу другой чайке, она накормит одну, а не целую стаю. Неравенство не выполняется, и мутации, склоняющие чайку поделиться добычей, не закрепляются, отсеиваются отбором.

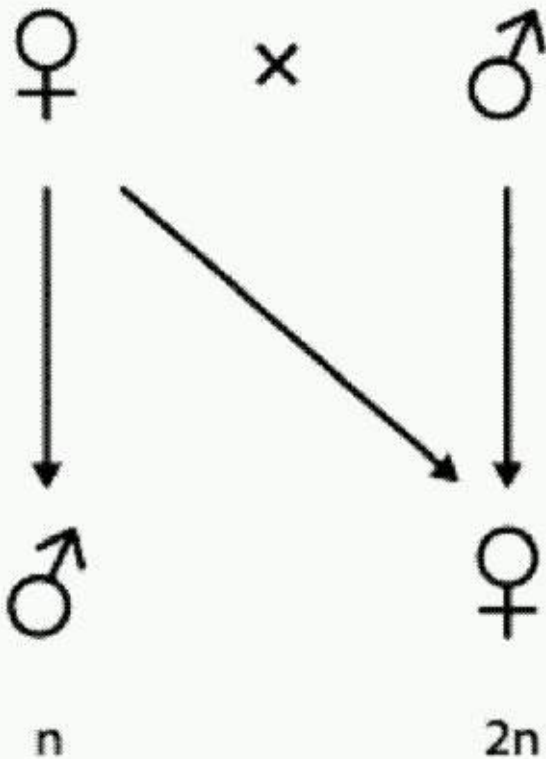
Конечно, выгоднее всего для чайки (точнее, для ее генов) было бы научиться различать ситуацию, когда пищи много и хватит на всех, и когда пищи мало. В первом случае выгодно кричать, а во втором помалкивать. Но для таких калькуляций нужны мозги. А мозг, как мы знаем, дорогой орган. Отбор, как правило, пытается сэкономить на мозгах. К тому же мозги тяжелые. Чайкам надо летать, а не решать алгебраические задачи. Поэтому птица и не может сообразить, когда ей выгодно звать товарок, а когда нет, и ее поведение оказывается нелогичным. Не всегда, а только при недостатке рыбок.

Эволюция альтруизма особенно далеко зашла у перепончатокрылых насекомых: муравьев, пчел, ос, шмелей. У общественных перепончатокрылых большинство самок отказываются от собственного

размножения, чтобы выкармливать сестер. Это высшее проявление альтруизма. Таких животных называют эусоциальными, то есть "истинно общественными". Но почему именно перепончатокрылые?

Гамильтон предположил, что дело тут в особенностях наследования пола. У перепончатокрылых самки имеют двойной набор хромосом, а самцы — одинарный. Из-за этого складывается парадоксальная ситуация: сестры оказываются более близкими родственницами, чем мать и дочь. У большинства животных сестры имеют 50 % общих (идентичных по происхождению) генов. Величина R в формуле Гамильтона равна $1/2$. У перепончатокрылых сестры имеют 75 % общих генов ($R = 3/4$), потому что каждая сестра получает от отца не половину его хромосом, а весь геном полностью. Мать и дочь у перепончатокрылых имеют, как и у других животных, лишь 50 % общих генов. Вот и получается, что самкам перепончатокрылых при прочих равных выгоднее выращивать сестер, чем дочерей.

Гаплодиплоидная детерминация пола



Механизм наследования пола у перепончатокрылых. Самка диплоидная, то есть имеет двойной набор хромосом ($2n$). Она может отложить неоплодотворенное яйцо с одинарным набором хромосом (n), из которого выведется гаплоидный самец. Если же яйцо будет оплодотворено, то его хромосомный набор будет двойным, и из него выведется самка. Самка получает половину хромосом от матери, половину — от отца. Самец получает от матери половину ее хромосом, а отца у него нет. Такой механизм наследования пола называется гаплодиплоидным.

В действительности все несколько сложнее. Кроме сестер есть еще и братья-трутни, которые имеют со своими сестрами лишь 25 % общих генов (если смотреть со стороны сестры) или 50 % (с точки зрения брата). Однако рабочие самки выращивают и братьев тоже (хоть и

недолюбливают их). Мы не будем вдаваться в эту довольно сложную теоретическую область, тем более что приматы, которые нас интересуют, не являются гаплодиплоидами. Но у общественных перепончатокрылых есть (или было в эволюционном прошлом) еще одно важное свойство, резко повышающее вероятность развития альтруизма под действием родственного отбора. Это свойство — моногамия.

Потомки моногамных диплоидных родителей имеют в среднем по 50 % общих генов ($R = 0,5$). У потомков самки, спаривающейся со многими самцами, средняя величина R стремится к 0,25 (если самцов достаточно много). Для родственного отбора это очень серьезная разница. При $R = 0,5$ достаточно любого пустяка, чтобы склонить чашу весов в сторону предпочтения сестер и братьев. При $R = 0,25$ свои дети однозначно дороже. Очень важно, что моногамия свойственна термитам — второму отряду насекомых, в котором эусоциальность получила широкое распространение, причем без всякой гаплодиплоидности. У термитов работают не только самки, но и самцы (они диплоидные, как и их сестры).

Как мы помним, моногамия, вероятно, была свойственна древним гоминидам. Это могло стать мощным стимулом для развития под действием родственного отбора братской (и сестринской) взаимовыручки, внутрисемейной кооперации и альтруизма. И еще, конечно, отцовской любви, а заодно и преданности детей обоим родителям, а не только матери. Возможно, всю эту гамму альтруистических чувств родственный отбор смог поддержать у наших предков именно потому, что они были — хотя бы отчасти — моногамными.

Обманщики

Кроме родственного отбора существуют и другие механизмы и факторы, помогающие или, наоборот, препятствующие эволюции альтруизма. Главной помехой является проблема так называемых "обманщиков", проблема социального паразитизма.

Вспомним, например, социальную жизнь бактерии *Pseudomonas fluorescens*, о которой говорилось в книге "Рождение сложности". Эта бактерия — удобный объект для изучения эволюции в пробирке.

В жидкой среде бактерии *Pseudomonas* развиваются сначала как одиночные клетки и постепенно занимают всю толщу бульона. Когда в среде становится мало кислорода, получают преимущество бактерии-мутанты, которые выделяют вещества, способствующие склеиванию клеток. Такие бактерии после деления не могут "отклеиться" друг от друга. Фокус тут в том, что одиночные клетки плавают в толще бульона, а склеившиеся всплывают на поверхность, где кислорода гораздо больше. Производство клея — дело дорогостоящее, однако общая награда (кислород) с лихвой покрывает расходы.

Возникновение таких колоний — само по себе большое достижение. Но до настоящей социальности, а тем более до настоящего многоклеточного организма тут еще очень далеко. Эти колонии недолговечны, потому что естественный отбор в такой колонии благоприятствует размножению клеток-"обманщиков", то есть мутантов, которые перестают производить клей, однако продолжают пользоваться преимуществами жизни в группе. В этой системе нет никаких механизмов, которые препятствовали бы такому жульничеству. Безднаказанность ведет к быстрому размножению обманщиков, и колония разрушается. Дальнейшее развитие кооперации в такой системе оказывается невозможным из-за социального паразитизма.

В этом и состоит главное препятствие на пути эволюции кооперации и альтруизма. Таково общее правило: как только начинает зарождаться кооперация, тут же появляются всевозможные обманщики, нахлебники и паразиты, которые могут лишить кооперацию всякого смысла.

Чтобы социальная система могла развиваться дальше, ей необходимо выработать механизм борьбы с обманщиками. Иногда такие механизмы действительно вырабатываются. Часто это приводит к

эволюционной "гонке вооружений": обманщики совершенствуют способы обмана, а кооператоры совершенствуют способы борьбы с обманщиками.

Вот еще один пример из жизни микробов. Для бактерий *Mucosoccus xanthus* характерно сложное коллективное поведение. Например, иногда они устраивают коллективную "охоту" на других микробов. Охотники выделяют токсины, убивающие "добычу", а затем всасывают органические вещества, высвободившиеся при распаде погибших клеток.

При недостатке пищи миксококки образуют плодовые тела, в которых часть бактерий превращается в споры. В виде спор микробы могут пережить голодные времена. Плодовое тело формируется путем самосборки за счет согласованного поведения множества индивидуальных бактерий. При этом лишь часть бактерий получает прямую выгоду, а остальные жертвуют собой ради общего блага. Дело в том, что не все участники коллективного действия могут превратиться в споры и передать свои гены следующим поколениям. Многие особи выступают в роли "стройматериала", обреченного умереть, не оставив потомства.

Как мы уже знаем, где альтруизм, там и паразиты-обманщики. Среди миксококков обманщики тоже есть: это генетические линии (штаммы) миксококков, не способные к образованию плодовых тел, но умеющие пристраиваться к чужим плодовым телам и образовывать там свои споры.

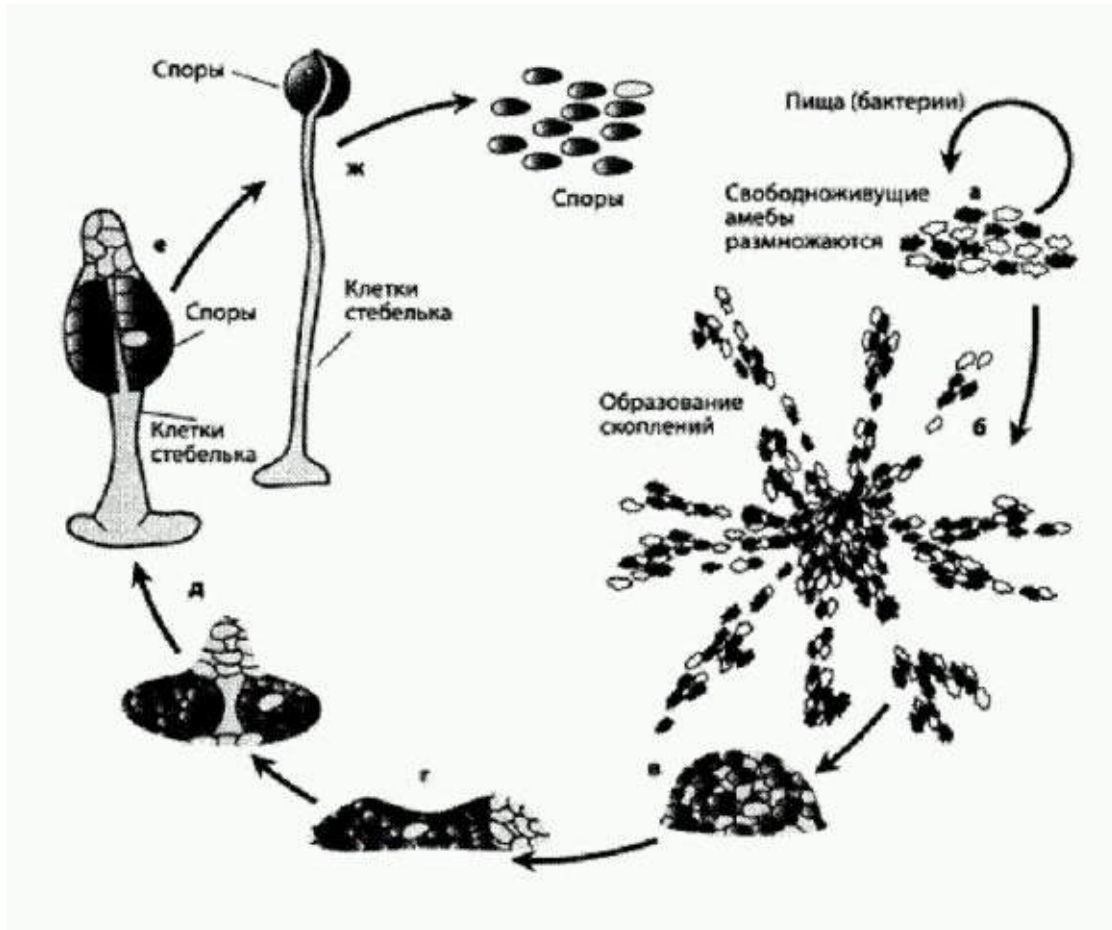
Были проведены интересные эксперименты со смешанными культурами бактерий-альтруистов и бактерий-эгоистов. Такие культуры медленно, но верно деградируют, потому что доля паразитов неуклонно растет и в конце концов альтруистов остается слишком мало, чтобы обеспечить себя и других плодовыми телами. Но оказалось, что у миксококков в результате случайных мутаций может развиваться устойчивость к нахлебникам, то есть способность не позволять им занимать выгодные позиции в плодовом теле. Причем иногда для появления такой устойчивости достаточно одной-единственной мутации (*Fiegna et al., 2006*).

Проблема обманщиков хорошо знакома и более сложным одноклеточным организмам, таким как социальные амебы *Dictyostelium*. Как и некоторые общественные бактерии, эти амебы при недостатке пищи собираются в большие многоклеточные агрегаты (псевдоплазмодии), из которых затем образуются плодовые тела. Те

амебы, чьи клетки идут на построение ножки плодового тела, жертвуют собой ради товарищей, которые получают шанс превратиться в споры и продолжить род.

Как и общественные бактерии, амебы страдают от социального паразитизма. У них тоже встречаются штаммы обманщиков и нахлебников. Эксперименты показали, что вероятность развития устойчивости к обманщикам в результате случайных мутаций у диктиостелиума тоже довольно высока, как и у миксококков (*Khare et al., 2009*).

В природе идет постоянная борьба между альтруистами и обманщиками. Поэтому геномы таких организмов "настроены" естественным отбором так, что случайные мутации с большой вероятностью могут приводить к появлению защиты от той или иной разновидности обманщиков. Скорее всего, у них есть специализированные молекулярные системы "обмана" (помогающие проникать в чужие плодовые тела, не строя своих) и системы "защиты от обмана" (позволяющие опознать обманщика и не пустить его в плодовое тело). Между этими системами идет эволюционная гонка вооружений. Когда у какой-то амебы возникает полезная мутация в системе обмана, такая амеба дает начало новому штамму эффективных обманщиков. Когда у другой амебы возникнет полезная мутация в системе защиты, она даст начало штамму, защищенному от новых обманщиков. И так далее. Это очень похоже на нескончаемую гонку вооружений, идущую между патогенными микробами и генами иммунной защиты.



Жизненный цикл и социальный паразитизм у *Dictyostelium*. Темным и светлым обозначены два штамма (разновидности) амёб — "обманщики" и "честные". а — при избытке пищи амёбы живут поодиночке, растут и размножаются бесполом путем (делением); половое размножение у них тоже иногда происходит, но на схеме оно не показано, б-в — при недостатке пищи амёбы собираются в большие скопления, г — в результате образуются многоклеточные агрегаты длиной в несколько миллиметров, которые могут некоторое время ползать на манер слизней; их так и называют — slugs, д-ж — в конце концов многоклеточный агрегат превращается в "плодовое тело" на ножке; при этом около 20 % клеток жертвуют собой, образуя ножку, а 80 % превращаются в споры и получают шанс продолжить свой род. Видно, что темные клетки ("обманщики") захватили почти все лучшие места в плодовом теле и превратились в споры, предоставив всю неблагоприятную работу по созданию ножки светлым клеткам ("честным"). По рисунку из Kessin, 2000.

Создается впечатление, что эволюция неоднократно "пыталась"

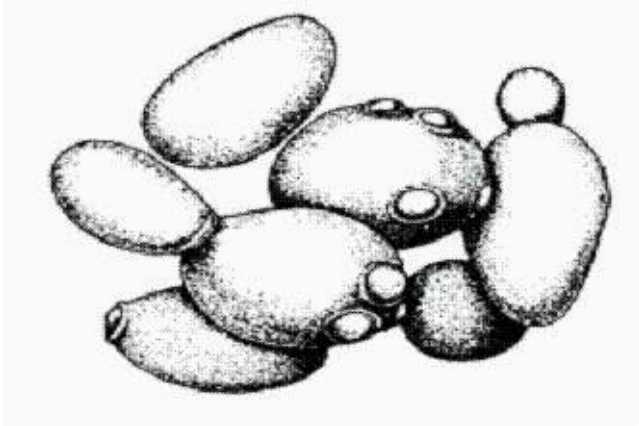
создать из социальных бактерий или простейших, умеющих собираться в плотные скопления, многоклеточный организм, но дело почему-то не пошло дальше плазмодиев и довольно просто устроенных плодовых тел. Все по-настоящему сложные многоклеточные организмы формируются иным путем — не из множества индивидуальных клеток со своими особенными геномами, а из потомков одной-единственной клетки. Это гарантирует генетическую идентичность всех клеток организма. Величина **R** становится равной единице, что создает идеальные условия для родственного отбора.

Некоторые социальные системы, основанные на альтруизме и при этом вроде бы не защищенные от социальных паразитов, ухитряются выживать за счет разных маленьких хитростей. Недостойных, прямо скажем, высокого звания альтруиста.

Например, в популяциях дрожжей одни особи ведут себя как альтруисты: они производят фермент инвертазу, расщепляющий сахарозу на легко усваиваемые моносахариды — глюкозу и фруктозу. Дрожжи могут поглощать и нерасщепленную сахарозу, но моносахариды усваиваются ими легче (то есть используются более эффективно). Некоторые дрожжевые клетки, однако, не производят инвертазу, хотя с удовольствием поедают глюкозу, добытую чужими трудами. Ведь инвертаза расщепляет сахарозу не внутри клетки, а снаружи, поэтому получившиеся моносахариды становятся доступны не только той клетке, которая произвела фермент, но и всем окружающим.

Теоретически это должно было бы приводить к полному вытеснению альтруистов эгоистами. Но в реальности численность альтруистов не падает ниже определенного уровня. Дело в том, что альтруизм дрожжей при ближайшем рассмотрении оказался не совсем бескорыстным: дрожжи-альтруисты помогают всем окружающим, но 1 % произведенной ими глюкозы они все-таки берут себе сразу, в обход общего котла. За счет этого однопроцентного выигрыша они, как выяснилось, могут мирно сосуществовать с эгоистами. Когда численность "эгоистов" достигает определенного (достаточно высокого) уровня, количество доступной глюкозы в популяции снижается настолько, что быть "альтруистом" становится просто-напросто выгоднее, чем эгоистом. Альтруисты начинают размножаться чуть быстрее эгоистов, и их количественное соотношение стабилизируется. Начинает работать так называемый частотно-зависимый отбор (он действует, когда приспособленность генотипа — в данном случае генотипа "альтруистов" — растет по мере снижения его

частоты: ген выгоден, пока редок).



Дрожжи в последние годы стали излюбленным объектом ученых, занимающихся поведением социальных систем (на рисунке видны круглые шрамы, остающиеся на месте отпочковавшихся дочерних клеток).

Но если альтруизм выгоднее эгоизма, то это уже как будто и не совсем альтруизм. Да и можно ли на таких мелких хитростях вроде жевания печенья под подушкой построить серьезную, сложную кооперативную систему?

Обманщики могут быть полезны для общества?

До недавних пор считалось, что положение, складывающееся в смешанной популяции дрожжей-альтруистов (производящих фермент инвертазу) и дрожжей-эгоистов (которые фермента не производят и живут на готовеньком) соответствует классической ситуации из теории игр, которая называется "игра в сугроб". Лишь в 2010 году выяснилось, что дрожжи на самом деле "в сугроб" не играют. Все оказалось сложнее и интереснее (Maclean et al., 2010).

В классической "игре в сугроб" условия такие. Два игрока должны решить общую проблему (например, расчистить снежный завал на дороге или расщепить сахарозу). Если она будет решена, оба получают выигрыш b (смогут ехать дальше или получают порцию глюкозы). Чтобы проблему решить, необходимо заплатить некую цену c (например, поработать лопатой или потратить энергию на производство инвертазы).

Если кооператор играет против другого кооператора, они решают проблему сообща и для каждого из них итоговый выигрыш будет равен $b - c/2$. Если кооператор играет против обманщика, то кооператор делает всю работу и в итоге получает $b - c$, а обманщику выигрыш b достается даром. Два обманщика, играя друг против друга, ничего не делают и оба остаются с носом.

Предположение о том, что дрожжи "играют в сугроб", позволило объяснить, почему в популяциях дрожжей обманщики не вытесняют кооператоров. Когда кооператоров остается слишком мало, обманщикам

все чаще приходится играть друг против друга, и в итоге их стратегия становится (в среднем) менее выгодной, чем стратегия кооператоров.

Однако из модели "игры в сугроб" вытекает проверяемое следствие, которое, как выяснилось, не подтверждается фактами. Состоит оно в следующем. Если дрожжи действительно "играют в сугроб", то максимальный общий выигрыш (для всей популяции "игроков" в целом) должен достигаться при полном отсутствии обманщиков в коллективе. В модели "игры в сугроб", как и в большинстве других классических моделей социальных систем, кооператоры всегда приносят коллективу только пользу, а обманщики – один сплошной вред. Иными словами, если дрожжи "играют в сугроб", то популяции дрожжей, сплошь состоящие из кооператоров, должны всегда расти быстрее, чем популяции, в которых есть обманщики.

Крейг Маклин из Оксфордского университета и его коллеги решили это проверить и получили парадоксальный результат. Оказалось, что некоторая примесь обманщиков не только не вредит популяции, но и идет ей на пользу! Иными словами, в среде, где единственным источником пищи является сахароза, смешанные популяции дрожжей растут быстрее и используют ресурс эффективнее (то есть производят больше новых дрожжевых клеток на единицу съеденной сахарозы), чем популяции, состоящие из одних кооператоров.

Этот результат противоречит не только модели "игры в сугроб", но и всем общепринятым представлениям о динамике социальных систем. На первый взгляд может показаться вообще невероятным, что наличие обманщиков и эгоистов, которые не производят общественно-полезного продукта, а только пользуются плодами чужих трудов, может идти на пользу коллективу. Хотя, с другой стороны, подобные ситуации были описаны и раньше (например, скорость роста колонии бактерий в присутствии антибиотика может оказаться максимальной, когда не все, а только часть бактерий вырабатывает вещество, обезвреживающее антибиотик).

Чтобы разобраться в причинах парадокса, авторы разработали сложную математическую модель, призванную максимально точно отобразить все процессы и взаимодействия в исследуемых дрожжевых культурах. В модели были учтены все известные факты о биохимии, физиологии, поведении и жизненном цикле дрожжей, которые могут иметь отношение к делу. Поскольку дрожжи – классический лабораторный объект, таких фактов набралось немало. Итоговая модель представляет собой систему из 13 дифференциальных уравнений, одного взгляда на которую достаточно, чтобы повергнуть в трепет почти любого биолога, включая автора этих строк. В качестве параметров в модель были подставлены реальные цифры, полученные в ходе изучения подопытных штаммов дрожжей. Затем авторы вывели из своей модели ряд следствий, которые можно было проверить экспериментально, и все они благополучно подтвердились.

В частности, модель предсказывала и тот самый парадокс, ради которого все было затеяно: модельная популяция росла на сахарозе лучше всего, если в ней помимо кооператоров были также и обманщики. Данное свойство не было заложено в модель преднамеренно, оно

получилось "само" из совокупности всех известных фактов о биологии дрожжей, представленных в виде формул.

Модель также предсказывала, что относительная приспособленность кооператоров (то есть эффективность их размножения по сравнению с эффективностью размножения обманщиков) должна снижаться по мере роста доли кооператоров в смешанной культуре. Иными словами, чем кооператоров больше, тем менее выгодно быть кооператором. Это предсказание было проверено экспериментально и тоже подтвердилось, причем с высокой точностью.

Все это позволило авторам заключить, что модель адекватно отображает реальную ситуацию и поэтому ее можно использовать для выявления причин наблюдаемого парадокса. Анализ модели показал, что парадокс проявляется при одновременном выполнении СЛЕДУЮЩИХ ТРЕХ УСЛОВИЙ.

ВО-ПЕРВЫХ, эффективность использования ресурса (в данном случае глюкозы, которая наряду с фруктозой образуется при расщеплении сахарозы ферментом инвертазой) должна снижаться по мере роста его концентрации. Иными словами, в голодные времена пища должна использоваться дрожжами более эффективно (с большим выходом биомассы на единицу съеденной глюкозы), чем в периоды изобилия. Если убрать данную зависимость из модели и сделать так, чтобы эффективность использования пищи была одинаковой при любом ее количестве, парадокс исчезает и модельные популяции, как и положено, начинают расти лучше всего при полном отсутствии обманщиков. Эксперименты подтвердили, что эффективность использования глюкозы у дрожжей действительно снижается с ростом концентрации глюкозы. Это, между прочим, означает, что величина b , то есть выигрыш, получаемый дрожжами от каждой условной единицы произведенной глюкозы, не является постоянной, как должно быть в классической "игре в сугроб", а меняется в зависимости от условий (в данном случае – от концентрации глюкозы). В результате, если в культуре очень много кооператоров, они выделяют большое количество инвертазы и производят много глюкозы сразу – так много, что эффективность использования этого ценного ресурса снижается. В условиях глюкозного изобилия дрожжи растут быстро, но неэффективно, то есть на каждый грамм съеденной глюкозы в итоге производится меньше дрожжевой биомассы, чем при более скудном рационе. Если же "разбавить" культуру кооператоров некоторым количеством обманщиков, сахароза будет переводиться в глюкозу более постепенно и в целом ресурс будет расходоваться бережнее.

ВТОРОЕ НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ состоит в том, что смешанная культура должна иметь некую пространственную структуру, то есть не быть абсолютно гомогенной. В одних областях пространства должно быть чуть больше кооператоров, в других – чуть больше обманщиков. В противном случае все ресурсы в культуре будут распределяться абсолютно поровну между всеми клетками. Модель предсказывает, что в этой ситуации тоже следует ожидать "классического" результата: максимальный групповой выигрыш будет наблюдаться при отсутствии обманщиков. Это предсказание удалось подтвердить экспериментально: если смешанные культуры очень тщательно перемешивать, парадокс

исчезает, и самый быстрый рост наблюдается в культурах, на 100 % состоящих из кооператоров.

ТРЕТЬЕ НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ состоит в том, что клетки не должны обладать способностью точно регулировать производство инвертазы в зависимости от наличия сахарозы в среде. В реальности дрожжи действительно производят инвертазу без оглядки на то, имеется ли в среде сахароза. Они начинают ее производить особенно интенсивно, когда им не хватает глюкозы, и делают это, даже если сахароза в среде отсутствует и от инвертазы нет никакого проку. В экспериментах дрожжи-кооператоры усиленно производили инвертазу еще долго после того, как вся сахароза была расщеплена на моносахариды. В терминах "игры в сугроб" это означает, что они продолжали разгребать снег лопатами, хотя путь уже давно был расчищен. Если в модели дать возможность дрожжам прекращать производство инвертазы, когда вся сахароза кончилась, парадокс немедленно исчезает. По-видимому, дрожжи просто не в состоянии точно определить, сколько в среде сахарозы. У них, правда, есть один рецепторный белок, реагирующий на сахарозу, но этот рецептор, к несчастью, реагирует и на глюкозу тоже. Возможно, дрожжи, как и мы, не могут определить "на вкус" концентрацию именно сахарозы, а просто чувствуют, что сладенько.

Получается, что причины наблюдаемого парадокса в конечном счете сводятся к тому, что методы кооперации, практикуемые кооператорами", довольно неэффективны и негибки.

Авторы предполагают, что все три условия вполне могут выполняться и в других социальных системах. Например, первое условие нам хорошо знакомо (в голодные времена пищу берегут и ею не кидаются), второе характерно для многих природных популяций (например, популяция может подразделяться на семейные группы, члены которых сходны друг с другом в среднем больше, чем с членами других групп). Третье условие с неизбежностью следует просто из того факта, что живые организмы далеко не всегда располагают всей необходимой информацией для оптимальной настройки своего поведения. Поэтому вполне возможно, что некоторая доля обманщиков может идти на пользу не только дрожжам.

Однако нельзя забывать, что речь сейчас идет только о пользе для группы, а не для индивида. Причем польза для группы понимается исключительно как скорость роста этой группы (или средняя скорость размножения входящих в ее состав особей). Ясно, что для людей такое определение "пользы" далеко не всегда является адекватным.

Естественному отбору, как правило, нет дела до пользы для группы. Если предоставить смешанные культуры дрожжей самим себе, то под действием отбора в них установится вовсе не то соотношение кооператоров и обманщиков, при котором скорость роста группы максимальна. Ничего подобного. Установится такое соотношение, при котором "приспособленности" (скорости размножения) обманщиков и кооператоров будут равными. Или, что то же самое, относительная приспособленность тех и других будет равна единице. Это равновесное соотношение, к которому неизбежно приходит смешанная культура дрожжей под действием отбора, не совпадает с оптимальным для

группы. В этом как раз и проявляется безразличие естественного отбора к нуждам коллектива.

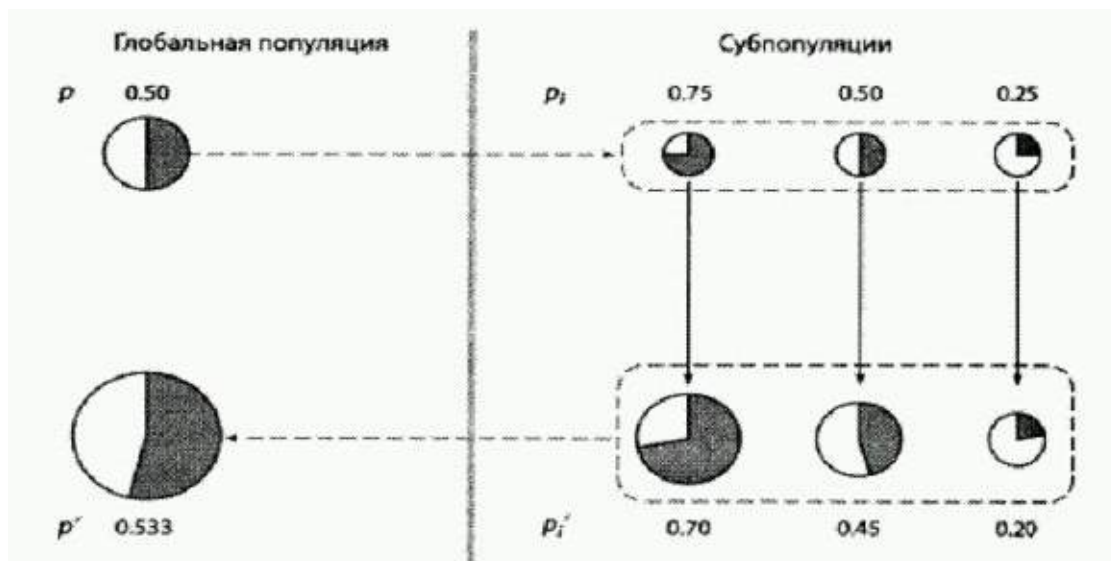
Альтруисты процветают благодаря статистическому парадоксу

Могут ли быть в природе ситуации, когда альтруисты ни прямо, ни косвенно не получают никакой выгоды от своего альтруизма и совсем не умеют бороться с обманщиками, но альтруизм тем не менее развивается и процветает?

Теоретически это возможно, о чем в свое время говорили и Джон Холдейн, и Уильям Гамильтон. Даже если быть эгоистом безусловно выгоднее, чем альтруистом, развитие альтруизма может идти за счет той пользы, которую получает от альтруистов вся популяция в целом, в сочетании со странным статистическим эффектом, который называется парадоксом Симпсона.

В результате совместного действия этих двух факторов может возникнуть ситуация, которая интуитивно кажется невозможной: в каждой отдельной популяции процент носителей "генов альтруизма" неуклонно снижается (альтруисты всегда проигрывают в конкуренции своим эгоистичным сородичам), но если мы рассмотрим все популяции в целом, то окажется, что в глобальном масштабе процент альтруистов растет. Принцип действия парадокса Симпсона показан на рисунке.

Проверить эти теоретические построения на практике довольно трудно, потому что в каждом конкретном случае, когда мы наблюдаем распространение "генов альтруизма" в природных или лабораторных популяциях, очень нелегко доказать, что здесь не замешаны ни родственный отбор, ни какие-то неизвестные нам выгоды, сопряженные с альтруизмом у данного вида живых организмов.



Гипотетический пример действия парадокса Симпсона. В исходной популяции было 50 % альтруистов и 50 % эгоистов (кружок слева сверху). Эта популяция подразделилась на три субпопуляции с разным соотношением альтруистов и эгоистов (три маленьких кружка справа сверху). В ходе роста каждой из трех субпопуляций альтруисты оказались в проигрыше — их процент снизился во всех трех случаях. Однако те субпопуляции, в которых изначально было больше альтруистов, выросли сильнее благодаря тому, что они имели в своем распоряжении больше "общественно-полезного продукта, производимого альтруистами (три кружка справа внизу). В результате, если сложить вместе три выросших субпопуляции, мы увидим, что "глобальный" процент альтруистов вырос (большой кружок слева внизу), p — доля альтруистов. По рисунку из *Chuang et al.*, 2009.

Чтобы выяснить, может ли парадокс Симпсона в одиночку обеспечить процветание альтруистов, американские биологи создали интересную живую модель из двух штаммов генетически модифицированных кишечных палочек (*Chuang et al*, 2009).

В геном первого из двух штаммов ("альтруисты") был добавлен ген фермента, синтезирующего сигнальное вещество N-ацил-гомосерин-лактон (AHL), используемое некоторыми микробами для химического общения друг с другом (подобно тому, как нейроны общаются при помощи нейромедиаторов).

Кроме того, в геном обоих штаммов добавили ген фермента, обеспечивающего устойчивость к антибиотику хлорамфениколу. К этому гену приделали такой промотор (регуляторную

последовательность), который включает ген только в том случае, если в клетку извне поступает АНЛ.

"Альтруисты" получили также ген зеленого светящегося белка, чтобы по силе свечения экспериментаторы могли определять процент альтруистов в популяции. "Эгоисты" ничем не отличались от альтруистов, кроме того, что у них не было гена, необходимого для синтеза сигнального вещества, и гена зеленого светящегося белка.

Таким образом, сигнальное вещество, выделяемое только альтруистами, необходимо обоим штаммам для успешного роста в присутствии антибиотика. Выгода, получаемая обоими штаммами от сигнального вещества, одинакова, но альтруисты тратят ресурсы на его производство, а эгоисты живут на готовеньком.

Поскольку оба штамма были искусственно созданы самими учеными и не имели никакой эволюционной истории, экспериментаторы знали наверняка, что никаких "маленьких хитростей" во взаимоотношениях альтруистов с эгоистами в их модели нет, и альтруисты не получают от своего альтруизма никаких дополнительных выгод. Кстати, авторы этой работы не пользуются "антропоморфными", по их мнению, терминами "альтруисты" и "эгоисты", а называют своих микробов производителями и не-производителями общественно полезного продукта. Ну, это дело вкуса.

В среде с добавлением антибиотика чистые культуры эгоистов, как и следовало ожидать, росли хуже, чем чистые культуры альтруистов (поскольку в отсутствие сигнального вещества ген защиты от антибиотика у эгоистов оставался выключен). Однако они начинали расти лучше альтруистов, как только в среду добавляли либо живых альтруистов, либо очищенное сигнальное вещество. Альтруисты в смешанной культуре росли медленнее, потому что им приходилось тратить ресурсы на синтез АНЛ и бесполезного светящегося белка. Убедившись, что модельная система работает в соответствии с ожиданиями, исследователи приступили к моделированию парадокса Симпсона.

Для этого они посадили в 12 пробирок со средой, содержащей антибиотик, смеси двух культур в разных пропорциях, подождали 12 часов, а затем измерили численность бактерий и процент альтруистов в каждой пробирке. Оказалось, что во всех пробирках процент альтруистов снизился. Таким образом, альтруисты во всех случаях проигрывали конкуренцию эгоистам. Однако размер тех популяций, где изначально было больше альтруистов, вырос сильнее, чем тех, где

преобладали эгоисты. Когда ученые суммировали численности микробов во всех 12 пробирках, то выяснилось, что общий процент альтруистов заметно вырос: парадокс Симпсона сработал!

Однако в природе никто не будет нарочно смешивать альтруистов с эгоистами в разных пропорциях и рассаживать их по пробиркам (ну или, скажем, по пещерам). Какой природный процесс может служить аналогом такой процедуры? Авторы показали, что эту роль могут играть "бутылочные горлышки" — периоды сильного сокращения численности популяции с последующим ее восстановлением. Это может происходить, например, при заселении новых субстратов очень небольшим числом микробов — "основателей". Или новых охотничьих районов небольшими группами переселенцев-гоминид. Если число основателей невелико, то среди них в силу простой случайности может оказаться повышенный процент альтруистов. Популяция, которую образует эта группа основателей, будет расти быстро, тогда как другие популяции, основанные группами с преобладанием эгоистов, будут расти медленно. В итоге парадокс Симпсона обеспечит рост "глобальной* доли альтруистов в совокупности всех популяций.

Чтобы доказать действенность этого механизма, авторы смешали альтруистов с эгоистами в равной пропорции, сильно разбавили полученную культуру и стали ее высевать в пробирки порциями разного объема с приблизительно известным числом микробов в каждой порции. Размер порций оказался главным фактором, от которого зависела дальнейшая судьба альтруистов. Как и следовало ожидать, когда порции были большими, парадокс Симпсона не проявился. В большой порции, то есть в большой выборке из исходной культуры, соотношение альтруистов и эгоистов по законам статистики не может сильно отличаться от исходного, то есть 1:1. Популяции, основанные этими выборками, растут примерно с одинаковой скоростью, и альтруисты оказываются в проигрыше не только в каждой популяции по отдельности, но и во всех популяциях в целом.

Однако если порции были настолько малы, что в каждой было всего несколько (не более десятка) бактерий, то среди этих порций обязательно оказывались такие, в которых альтруисты резко преобладали. Такие группы основателей давали начало быстро растущим колониям, и за счет этого общий процент альтруистов в совокупности всех популяций увеличивался.

Авторы также показали, что, повторив несколько раз эту последовательность действий (разбавление культуры, расселение

маленькими группами в пробирки, рост, соединение популяций в одну, опять разбавление и т. д.), можно добиться сколь угодно высокого процентного содержания альтруистов в культуре. В одном из опытов они начали со смеси, содержащей лишь 10 % альтруистов, и всего за пять циклов разбавления и расселения довели их долю до 95 %.

Авторы указывают еще на одно условие, необходимое для распространения генов альтруизма в их модельной системе: смешанным популяциям нельзя позволять расти слишком долго. Разбавление и расселение нужно проводить до того, как растущие популяции достигнут стабильного уровня численности, заселив всю питательную среду в пробирке, потому что тогда различия по уровню численности между популяциями с разным процентным содержанием альтруистов сглаживаются, и парадокс Симпсона не может проявиться.

Таким образом, естественный отбор, действуя параллельно на двух уровнях — индивидуальном и популяционном, при соблюдении определенных условий может обеспечивать развитие альтруизма даже тогда, когда в каждой отдельно взятой популяции он благоприятствует эгоистам, а альтруистов обрекает на вымирание.

Полиция нравов у насекомых

Появление многоклеточных, в том числе животных, стало крупнейшим триумфом эволюции альтруизма. В многоклеточном организме большинство клеток — это клетки-альтруисты, которые отказались от собственного размножения ради общего блага.

У животных по сравнению с микробами появились новые возможности для развития кооперации, основанные на сложном поведении и обучаемости. К сожалению, те же самые возможности открылись и перед обманщиками. Эволюционная гонка вооружений продолжилась на новом уровне, и опять ни альтруисты, ни обманщики не получили решающего преимущества.

Одним из важных новшеств в этой бесконечной войне стала возможность физического (а не только химического) наказания обманщиков. У некоторых социальных животных появляется институт "полиции нравов".

У многих видов общественных перепончатокрылых рабочие особи физиологически вполне способны к размножению, и иногда они действительно проявляют "эгоизм", откладывая собственные яйца (неоплодотворенные, из которых могут вывестись только самцы). Однако эти яйца часто уничтожаются другими рабочими, которые таким образом "блюдут чистоту нравов" в своей колонии.

Германские энтомологи решили проверить, какой из двух факторов важнее для поддержания альтруизма в обществе насекомых — закрепленное родственным отбором добровольное следование принципу разумного генетического эгоизма (гипотеза 1) или полицейский надзор (гипотеза 2). Для этого они обработали данные по 10 видам перепончатокрылых (девять видов ос и медоносная пчела). Оказалось, что чем строже "полиция нравов", тем реже рабочие совершают акты эгоизма, откладывая собственные яйца (*Wenseleers, Ratnieks, 2006*).

Ученые проверили также влияние степени родства между рабочими в гнезде на альтруистическое поведение. Степень родства между ними часто бывает ниже идеальных 75 %, поскольку царица может в течение жизни спариваться с несколькими самцами. Выяснилось, что чем ниже степень родства между сестрами-рабочими, тем сильнее полицейский надзор и тем реже рабочие ведут себя эгоистически. Это, как легко

заметить, соответствует гипотезе 2 и противоречит гипотезе 1. При низкой степени родства между рабочими им становится выгоднее уничтожать яйца других рабочих. Низкая степень родства также делает более выгодным "эгоистическое" поведение, но, как видно из полученных результатов, первый фактор явно перевешивает второй.

Особенности механизма наследования пола у перепончатокрылых, по-видимому, сыграли важную роль в становлении альтруистического поведения и социальности, однако у современных общественных видов альтруизм поддерживается в основном не генетической выгодой, получаемой рабочими от такого поведения, а жестким полицейским контролем.

Авторы замечают, что обнаруженная ими закономерность может быть справедлива и для человеческого общества, хоть это и трудно проверить экспериментально. Общественная жизнь у людей, как и у ос, невозможна без альтруизма (индивид должен иногда жертвовать своими интересами ради общества), и в конечном счете от этого выигрывают все. Однако каждой отдельной личности во многих случаях выгодно поступать эгоистически, преследуя свои корыстные интересы в ущерб коллективу. И эффективно бороться с этим можно, к сожалению, только насильственными методами.

Золотое правило

Если в ходе эволюции гоминид роль кооперации и альтруизма увеличивалась (а это наверняка так и было), то у наших предков непременно должны были сформироваться поведенческие и психологические адаптации, направленные на борьбу с обманщиками. Задача эволюционной психологии — их найти.

Например, есть мнение (его высказал Робин Данбар, о котором говорилось в главе "Общественный мозг"), что одним из главных стимулов для развития речи у наших предков была необходимость сплетничать. Сплетни — древнейшее средство распространения компрометирующих сведений о неблагонадежных членах социума, что способствует наказанию обманщиков.

Не мелковат ли повод для развития столь сложной адаптации, как речь? Нет, не мелковат. Джейн Гудолл, первая исследовательница поведения шимпанзе в природе, рассказывает, что однажды в группе шимпанзе, за которой она наблюдала, завелась самка-людоедка. То есть, простите, каннибалка. Она отбирала у других самок детенышей и пожирала их. Одна из матерей едва спасла своего ребенка и, конечно, прониклась к чудовищу сильными отрицательными эмоциями. Но что делать? Бросаться в смертный бой один на один у шимпанзе как-то не принято: ведь так можно и сдачи получить. Спустя некоторое время Гудолл наблюдала следующую сцену. Несчастливая мать гуляла с несколькими дружественными самцами. Компания наткнулась на людоедку. Мать при помощи эмоциональных жестов, мимики и звуков сумела втолковать своим друзьям, что вон та дама — плохая обезьяна. Самцы поняли и устроили людоедке агрессивную демонстрацию. То есть, в переводе на русский язык, обложили в три этажа и погрозили кулаком. Все, конец истории. Никаких оргвыводов. Людоедку даже не выгнали из группы. Вряд ли такое могло случиться у вида, обладающего хотя бы примитивной речью (Бурлак, 2011). Возможность донести до соплеменников внятную сплетню может быть весьма полезной адаптацией, повышающей жизнеспособность коллектива.

Одним из механизмов поддержания высокого уровня кооперации в коллективе у животных с развитым интеллектом, таких как обезьяны, может быть так называемый реципрокный, или взаимный альтруизм (Trivers, 1971). Он основан на принципе "ты мне — я тебе". Оптимальная

стратегия поведения в социуме, основанном на реципрокном альтруизме, выглядит примерно так: "Помоги другому, и он в будущем поможет тебе. А если не поможет, то больше ему не помогай (еще лучше — накажи)"

Реципрокный альтруизм дорог сердцу приматов вида *Homo sapiens*, иначе они не назвали бы "золотым правилом этики" инструкцию, содержание которой столь отчетливо перекликается с идеалом реципрокности: "Поступай с другими так же, как хочешь, чтобы поступали с тобой".

Деспотизм не способствует альтруизму

Швейцарские и бельгийские антропологи, наблюдавшие за поведением нескольких групп шимпанзе и бонобо в неволе, обнаружили, что уровень деспотизма в группе сильно влияет на проявления реципрокного альтруизма. Чем строже иерархия, чем выше уровень деспотизма в группе, тем реже обезьяны занимаются грумингом и делятся пищей на основе реципрокности (взаимности). В группах с эгалитарным, то есть равноправным, общественным устройством и слабо выраженной иерархией обезьяны довольно часто делятся друг с другом пищей (напомню, речь идет об обезьянах, содержащихся в неволе; в природных условиях все может быть несколько иначе). При этом наблюдаются отчетливые признаки реципрокности. Зная, что обезьяна А поделилась пищей с обезьяной Б, можно с достаточной долей уверенности предсказать, что через некоторое время обезьяна Б угостит чем-нибудь обезьяну А. Такая же реципрокность прослеживается и в груминге. Однако если группа организована более деспотично, то есть имеет жесткую многоуровневую иерархию, реципрокный альтруизм проявляется реже или вовсе отсутствует. И угощения, и груминг в этом случае имеют однонаправленный, асимметричный характер. Легко догадаться, в какую сторону направлен "поток услуг" в этой ситуации: разумеется, от подчиненных к начальству. Либо доминантные особи просто отбирают у подчиненных пищу, либо подчиненные сами с ними делятся, чтобы их умилостивить и не нарваться на начальственный гнев. Авторы делают справедливый вывод, что деспотичные варианты общественного устройства, по-видимому, не способствуют развитию реципрокного (да и любого другого) альтруизма. Ведь при деспотизме распределение благ внутри группы регулируется силовыми методами, так что для доброты и взаимовыгодного обмена места не остается.

Большинство современных групп охотников-собирателей практикуют более или менее эгалитарные общественные отношения, и обычай делиться пищей с соплеменниками у них распространен чрезвычайно широко. Авторы предполагают, что в общественном устройстве наших предков — ископаемых гоминид эгалитаризм преобладал над деспотизмом. Иначе у людей вряд ли развилась бы в ходе эволюции столь явная наследственная предрасположенность к альтруистичному поведению (*Jaeggi et al., 2010*).

Для реципрокного альтруизма нужны мозги. Он требует умения

выделять из числа сородичей тех, кто зарекомендовал себя как эгоист, и не иметь с ними никаких дел. Тем самым достигаются сразу две цели: эгоизм оказывается "наказан" (снижается выгода эгоистического поведения), а особь, избегающая общения с эгоистами, повышает свои шансы не быть обманутой.

Исходя из этих соображений эволюционные психологи предполагают, что естественный отбор должен был выработать у наших предков специальные психологические адаптации, помогающие выявлять и запоминать обманщиков. У этой гипотезы есть проверяемые следствия. В частности, она предсказывает, что способность к запоминанию обманщиков у нас, возможно, развита сильнее, чем другие похожие способности — например, к запоминанию людей с хорошей или неизвестной репутацией.

Было проведено несколько исследований с целью проверки этого предсказания. В целом оно подтвердилось; правда, при этом обнаружили неожиданные детали и появились новые вопросы.

"Запоминание обманщика" складывается из двух частей: во-первых, нужно запомнить самого человека, во-вторых, что он обманщик. Это две разные задачи, которые вовсе не обязательно должны всегда выполняться одновременно и согласованно. Можно, например, запомнить лицо человека, но при этом забыть, при каких обстоятельствах мы его видели и какова его репутация. Теоретически эти два аспекта запоминания обманщиков могут быть развиты у людей в разной степени, хотя различить их в эксперименте не так-то просто.

Недавно германские психологи из Института экспериментальной психологии в Дюссельдорфе показали, что люди запоминают лица обманщиков не лучше и не хуже, чем лица добропорядочных граждан. Однако информация о нечестных поступках, совершенных обманщиками, впечатывается в нашу память эффективнее, чем сведения о хороших поступках добрых людей или о нейтральных поступках лиц с неизвестной репутацией (*Buchner et al, 2009*). В принципе это имеет смысл, если учесть, что емкость памяти не бесконечна, а многочисленные и разнообразные социальные контакты — жизненно необходимы. Если бы мы запоминали в первую очередь плохих людей, в памяти осталось бы меньше места для запоминания тех, с кем можно иметь дело. Но если уж мы по той или иной причине запомнили какого-то человека и нам известно, что доверять ему нельзя, то очень важно поставить в памяти соответствующую "галочку", чтобы в дальнейшем по возможности с ним не связываться.

В другом эксперименте те же авторы показали, что запоминание имен людей в зависимости от их репутации подчиняется той же закономерности, что и запоминание лиц. Тем самым, с одной стороны, была подтверждена выявленная ранее закономерность, с другой — получен аргумент против популярной гипотезы, согласно которой механизм запоминания обманщиков имеет особо тесную связь с системой распознавания лиц (*у обезьян, включая людей, есть высокоэффективный нейронный модуль для распознавания лиц, расположенный в веретеновидной извилине височной доли*) (Bell, Buchner, 2009).

В этом последнем эксперименте приняли участие 193 человека (111 женщин и 82 мужчины) в возрасте от 18 до 52 лет. Тестирование проводилось индивидуально. Сначала испытуемому давали прочесть список из 36 распространенных мужских имен, причем каждое имя сопровождалось краткими сведениями о роде деятельности данного человека. Треть людей были охарактеризованы как обманщики, треть — как честные люди, об оставшейся трети сообщались нейтральные сведения, из которых нельзя было сделать вывод о моральных качествах человека. В качестве "компрометирующих" сведений использовались, например, такие истории: "Он торгует старыми автомобилями и при этом часто скрывает от покупателей информацию о серьезных дефектах своего товара". Пример положительной характеристики: "Он торгует сыром, при этом он всегда разрешает покупателям попробовать сыр и не пытается сбыть лежалый товар".

Все характеристики были одинаковой длины (21 слово по-немецки), и все они ранее были испытаны в независимых тестах. Было показано, что отрицательные характеристики действительно вызывают отрицательную реакцию, положительные — положительную.

Для каждого испытуемого используемые имена и характеристики комбинировались случайным образом. Участники должны были указать на основе шестибальной шкалы, насколько им симпатичен данный человек. Как и следовало ожидать, обманщики получили низкие баллы, честные люди — высокие.

На втором этапе испытуемому показывали в случайном порядке 72 имени — 36 "старых", уже знакомых ему по первому этапу тестирования, и столько же новых. Имена на этот раз не сопровождались никакими дополнительными сведениями. Испытуемый должен был указать, является ли данное имя старым или новым. Если он считал, что имя старое, то далее следовал вопрос: является ли этот человек

обманщиком, честным или о его репутации нельзя сказать ничего определенного.

Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке, которая позволила расчленить акт запоминания на две составляющие: запоминание собственно имени и запоминание моральных качеств его носителя. При этом, естественно, была учтена вероятность случайного угадывания.

Оказалось, что запоминание самих имен не зависит от репутации их носителей. Иными словами, имена обманщиков, честных людей и людей с неизвестной репутацией запоминались испытуемыми с одинаковой эффективностью. Однако сведения о моральном облике обманщиков запоминались лучше, чем аналогичные сведения о честных и "нейтральных" личностях. Таким образом, мы не склонны избирательно запоминать обманщиков, но если уж так получилось, что мы запомнили данного человека, то факты, порочащие его репутацию, будут запоминаться с особой тщательностью.

Результаты эксперимента говорят о том, что механизм запоминания обманщиков, по-видимому, является более универсальным и менее "специфичным", чем представлялось ранее. Некоторые эксперты предполагали, что для избирательного запоминания сведений об обманщиках в мозгу существует специальный модуль, тесно связанный с системой распознавания лиц. Этому способствовало то, что до сих пор в большинстве подобных экспериментов испытуемым предлагали запоминать именно лица. Теперь, однако, стало ясно, что дело тут не в лицах — имена работают ничуть не хуже. Следовательно, если особый "модуль запоминания обманщиков" существует, он не привязан строго к системе узнавания лиц и может использовать другие персональные идентификаторы, в том числе имена.

Возможно, повышенная эффективность запоминания компрометирующей информации о людях связана с тем, что такая информация вызывает у нас более сильный эмоциональный отклик (возмущение, гнев), чем сведения о хороших поступках. Такой дифференцированный эмоциональный ответ, в свою очередь, тоже может быть интерпретирован как эволюционная адаптация. Нам выгодно острее реагировать на антисоциальные поступки, чем на хорошие, и лучше запоминать их, потому что они более информативны. В человеческом обществе "хорошее" поведение (кооперативное, альтруистическое) во многих случаях просто-напросто выгоднее, чем антисоциальное (благодаря выработанным в ходе культурно-социальной

эволюции законам и моральным нормам). Поэтому даже люди, от природы склонные к обману и мошенничеству, сплошь и рядом ведут себя по-честному, преследуя свои корыстные интересы, — это мало о чем говорит. Антисоциальные поступки, напротив, выдают эгоиста с головой.

В других экспериментах было показано, что люди лучше справляются с разнообразными тестами и успешнее решают заковыристые задачи "на сообразительность", если условие задачи подается в контексте обмана, жульничества и нарушения моральных норм. Нам легче решить задачу, если в ней говорится, что Вася украл яблоки у Маши, а не что Маша эти яблоки сама ему подарила.

Наша психика — наша созданная эволюцией душа — явно склонна проявлять повышенную чуткость к информации об обманщиках и нарушителях общественных норм.

Дорогое наказание

Одной из психологических адаптаций, развившихся у наших предков для противодействия социальным паразитам ("обманщикам"), по-видимому, является готовность идти на жертвы ради эффективного наказания провинившегося. Такое поведение называют "дорогостоящим наказанием" (costly punishment). Многочисленные исследования показали, что многие люди действительно готовы поступиться своими корыстными интересами ради того, чтобы как следует проучить обманщика.

Это, несомненно, одна из форм альтруистического поведения, потому что человек действует в ущерб себе, но на благо обществу. "Дорогостоящее наказание" (ДН) распространено во всех исследованных человеческих популяциях. Склонность к такому поведению положительно коррелирует со склонностью к другим проявлениям альтруизма.

Проблема эволюционного происхождения ДН еще недавно казалась трудноразрешимой. При помощи математического моделирования было показано, что стратегия ДН легко становится "эволюционно стабильной", то есть прочно закрепляется в популяции, если численность особей, практикующих эту стратегию, уже стала достаточно высокой. В этом случае на каждого отдельного "наказывающего" приходится в среднем мало актов ДН. Поэтому наказывающий теряет совсем немного по сравнению с теми, кто никого не наказывает, зато вся группа выигрывает сильно.

Но всякий новый признак поначалу редок, то есть численность носителей новой стратегии ДН изначально должна была быть низкой. В этом случае каждому из них пришлось бы совершать очень много актов ДН, и они бы сильно проигрывали тем, кто уклоняется от участия в наказании обманщиков.

Решение было найдено в 2007 году командой американских биологов и математиков. Они показали, что стратегия ДН даже при изначально низкой численности ее носителей будет быстро распространяться и обязательно станет доминирующей в модельной

популяции, если сделать модель несколько более приближенной к реальности. Прежние модели допускали только три возможные стратегии: обманщики, кооператоры наказывающие и кооператоры ненаказывающие. Оказалось, что нужно добавить еще одну опцию. Модельная особь должна иметь возможность свободно выбирать, участвовать ей в рискованном коллективном мероприятии или уклониться. Например, пойти на совместную охоту на пещерного медведя или остаться дома собирать корешки и поддерживать огонь. Это будет четвертая стратегия – уклониста.

На охоту пойдут представители трех остальных стратегий. При этом обе группы кооператоров будут честно рисковать здоровьем, а обманщики будут прятаться за их спинами, но после претендовать на долю добычи (уклонист от этой доли заведомо отказался – он будет кушать свои корешки). Размер добычи зависит от количества участвующих в охоте кооператоров. Риск состоит в том, что, если среди охотников окажется слишком много обманщиков, то доля добычи, доставшаяся каждому охотнику, может оказаться такой маленькой, что лучше бы он остался собирать корешки.

Предполагается, что люди могут время от времени менять свой стереотип поведения, перенимая у кого-то из соплеменников его стратегию, если дела у этого соплеменника идут хорошо. Как ни странно, оказалось, что в такой модели "наказывающие кооператоры" оказываются в намного более выигрышном положении, чем при отсутствии "уклонистов". В итоге почти все особи в группе вскоре становятся "наказывающими кооператорами". Дополнительная степень свободы – добровольное, а не принудительное участие в рискованном коллективном действе, парадоксальным образом резко повышает вероятность закрепления новой разновидности альтруизма – стратегии ДН (*Hauert et al., 2007*).

Этот еще один пример общей закономерности: эгалитарное (то есть относительно свободное и равноправное) общество создает больше предпосылок для развития альтруизма по сравнению с обществом, основанном на жесткой иерархии и деспотизме.

Вопросы репутации

Далеко не все альтруистические поступки людей можно объяснить родственным отбором (мы помогаем далеко не только родственникам) или реципрокностью (мы иногда совершаем добрые поступки по отношению к людям, которые заведомо не смогут нам отплатить той же монетой). Даже не модная ныне теория группового отбора не в силах объяснить некоторые акты альтруизма, потому что никакой пользы группе они тоже не приносят. Типичный пример — добровольные пожертвования в фонд помощи голодающим детям какой-нибудь далекой страны. Казалось бы, такое поведение абсолютно бессмысленно и даже вредно как для генов жертвователя, так и для социума, к которому он принадлежит. Могут ли быть у такого поведения эволюционные корни?

По-видимому, все-таки могут. Специальные психологические исследования показали, что в такой ситуации жертвователя, как ни странно, мало волнует, дойдет ли его пожертвование до адресата. Он не проявляет особого интереса к тому, насколько эффективно работает благотворительный фонд, в который он вносит деньги, и какая доля собранных средств уйдет на содержание самого фонда и накладные расходы. С другой стороны, жертвователь, как правило, хочет, чтобы о его поступке узнали окружающие — те, от чьего мнения зависит его социальный статус. А также особи противоположного пола, на которых он хотел бы произвести благоприятное впечатление.

Такой механизм мотивации альтруистических поступков биологи называют непрямой реципрокностью. Выигрыш в данном случае достигается не за счет прямой отдачи по принципу "ты мне, я тебе", как при обычной реципрокности, а за счет демонстрации окружающим собственных качеств, ценимых особями противоположного пола и обществом в целом. В случае пожертвований, например, демонстрируются доброта, щедрость и материальная обеспеченность.

Показные акты альтруизма — более эффективное средство саморекламы, чем "демонстративное потребление" или расточительство, о котором говорилось в главе "Происхождение человека и половой отбор" (кн. 1). Расточительство демонстрирует только материальную обеспеченность. Альтруистический акт — еще и доброте. Поэтому подобные поступки являются превосходными "индикаторами

приспособленности", особенно если они достаточно щедры (дороговизна, то есть обременительность, индикатора защищает его от подделок и обеспечивает "честность сигнала", см. главу "Происхождение человека и половой отбор"). Разумеется, жертвователю должен тщательно скрывать (в том числе, желательно, и от себя самого), что он работает на публику. Нужно, чтобы окружающие подумали: "Ах, какой он добрый, щедрый и богатый". Явная показуха испортила бы весь эффект.

Таким образом, склонность к демонстративным актам альтруизма, направленным на кого попало, может быть поддержана половым отбором. Особенно если дело касается вида, обладающего эффективной системой коммуникации. Сплетни, то есть, простите, эффективные механизмы распространения информации о чужих поступках избавляют альтруиста от необходимости совершать щедрые пожертвования перед носом у всех и каждого. Представляете, как бы он всем надоед и как быстро разорился!

Возможно, именно благодаря наличию языка непрямая реципрокность так распространена среди людей. Но она иногда встречается и у других животных. Самый яркий пример — арабские дроздовые тимелии (*Turdoides squamiceps*), птицы, ведущие общественный образ жизни. Только высокоранговые самцы тимелий имеют право кормить своих сородичей. Если низкоранговый самец попробует угостить кого-то, стоящего выше него в общественной иерархии, он рискует получить взбучку. Самцы всерьез конкурируют за право совершить "добрый поступок": посидеть над гнездами в роли часового, помочь самкам ухаживать за птенцами, накормить товарища. Альтруистические акты приобрели у них отчасти символическое значение и служат для демонстрации и поддержания собственного статуса (Zahavi, 1990).

Осознав важность вопросов репутации, эволюционные психологи стали организовывать эксперименты таким образом, чтобы полностью исключить любой намек на возможность какой бы то ни было реципрокности — как прямой, так и косвенной. Для этого экспериментальную ситуацию стали делать максимально "анонимной". Испытуемых всеми способами убеждали, что никто никогда не узнает об их поведении в ходе эксперимента и что ни о каких "наказаниях" или "наградах" не может быть и речи.

Однако даже в условиях полнейшей анонимности люди все равно продолжали (хотя и далеко не столь активно) совершать

альтруистические поступки. Например, в тесте "Диктатор" (см. раздел "В поисках генов доброты" в главе "Генетика души") при соблюдении строгой анонимности многие испытуемые добровольно отдают часть полученных от экспериментаторов денег незнакомому и невидимому "партнеру" (которого обычно в таких экспериментах вовсе не существует, хотя испытуемый об этом не знает).

В поисках причин подобных "необъяснимых" альтруистических актов психологи обнаружили, что сделать ситуацию по-настоящему анонимной в действительности не так-то просто. Похоже, люди просто не в состоянии до конца поверить, что их поступок не будет иметь никаких социальных последствий. Даже самые слабые, косвенные напоминания о возможности того, что за их действиями наблюдают, резко повышают склонность людей к альтруизму.

В 2005 году американские психологи обнаружили, что люди, проходящие в условиях полной анонимности тест "Диктатор", ведут себя более просоциально (альтруистично), если на рабочем столе компьютера присутствует стилизованное изображение двух глаз (*Haley, Fessler, 2005*). Доходит до смешного: как показали дальнейшие исследования, достаточно разместить где-то в интерьере три точки, расположенные в виде перевернутого треугольника (∇), чтобы испытуемые начали вести себя более альтруистично по сравнению с контрольной ситуацией, когда точки расположены наоборот (∆). Эти результаты впоследствии были воспроизведены несколькими исследовательскими коллективами в разных странах.

Полностью убрать из экспериментальной ситуации элемент непрямой реципрокности едва ли возможно. В конце концов, в реальной жизни палеолитический человек вряд ли когда-нибудь мог быть абсолютно и безоговорочно уверен в том, что о его поступке никто не узнает. И современный тоже. Какая-то доля сомнения в анонимности ситуации всегда остается, и эти сомнения, очевидно, в значительной мере подпитывают наше "врожденное нравственное чувство".

Замечу к слову, что религиозные люди в экономических играх ведут себя более просоциально, если перед игрой их знакомят с текстом, где упоминается что-нибудь божественное. Точно такой же эффект на всех людей независимо от их религиозности оказывает напоминание о светских институтах, контролирующих законность и мораль (подробнее об этом мы поговорим в главе "Жертвы эволюции").

Какие мы хорошие (лирическое отступление)

Подозреваю, что некоторых читателей до глубины души возмущают

такие "циничные" эволюционные объяснения самых благородных и прекрасных сторон человеческого поведения. Неужели мы никогда не делаем ничего хорошего по-настоящему, искренне, без корысти и показухи?

Делаем, конечно! Некоторые люди регулярно совершают добрые поступки, по-видимому, абсолютно бескорыстно и искренне, без всяких эгоистических побуждений. У таких людей даже на бессознательном уровне, скорее всего, нет эгоистических мотиваций. Человек может быть добрым "до глубины души" в полном нейробиологическом смысле этого слова. Аж до базальных ганглиев и лимбической системы. Это просто значит, что такому человеку приятно совершать добрые поступки. У нас действительно есть врожденное "нравственное чувство", на что неустанно указывали философы с незапамятных времен.

Самое главное, что все это ни капельки не противоречит "циничным" биологическим теориям происхождения доброты: родственному отбору, половому отбору, реципрокному альтруизму, непрямой реципрокности. Ведь как работает эволюция поведения? Она работает путем изменения системы мотиваций, а мотивация поведения у позвоночных животных основана на эмоциях. Не на логике, тем более не на научных знаниях – на эмоциях.

В этой главе речь идет о том, что у предков человека сформировалась генетически обусловленная склонность к альтруистическому поведению. Это значит, что под действием отбора закреплялись такие мутации, которые повышали вероятность того, что человеку будет приятно вести себя по-доброму в тех или иных ситуациях. Гену – выгода, нам – радость.

Всю "циничную" часть работы взял на себя естественный отбор. Это он, бессовестный, ориентировался на эгоистические интересы генов. Это им руководили корысть, семейственность и реципрокность. Но он свое дело сделал. Он обеспечил нас генами, которые заставляют нейроны мозга связаться в такие сети, чтобы у нас выделялись эндорфины, когда мы делаем что-то хорошее.

Поэтому нам самим вовсе не обязательно помнить об интересах генов, чтобы поступать хорошо. Мы не должны вычислять коэффициент родства, чтобы определить, за скольких племянников следует пожертвовать жизнью. Нам не обязательно помнить о реципрокности. Мы и вправду можем вовсе не думать о показухе, когда жертвуем деньги голодающим детям или сдаем кровь на донорском пункте. Нам просто приятно, и этого достаточно.

Циничный естественный отбор позаботился о том, чтобы нам было приятно то, что выгодно нашим генам. Но наши чувства не становятся от этого менее настоящими. Как раз наоборот: чем циничнее он работал, тем искреннее мы сами. Мы в самом деле можем быть добрыми, щедрыми, великодушными и гуманными. По-настоящему. До самых базальных ганглиев.

Склонность к альтруизму сильнее у тех, кому нечего терять

Поведенческие адаптации, связанные с альтруизмом, легче и дешевле изучать на насекомых, чем на приматах. Рассмотрим еще одно исследование, показывающее, как далек от идеала бескорыстности альтруизм общественных насекомых.

У многих высокосоциальных видов рабочие особи в принципе не способны к размножению, и поэтому проблемы выбора между личными и общественными интересами для них попросту не существует. Иное дело — те виды, у которых эволюция по пути социализации и "подчинения личного общественному" не зашла столь далеко. У этих видов самка, сегодня хлопочущая над чужими детишками, завтра вполне может обзавестись своими собственными. Именно так обстоит дело у многих ос, в том числе у осы *Liostenogaster flavolineata*, поведение которой изучает Джереми Филд и его коллеги из Университетского колледжа в Лондоне (*Field et al., 2006*).

Эти осы живут семьями, включающими от одной до десяти взрослых самок, из которых только одна — самая старая — откладывает яйца, а остальные заботятся о личинках. Генетический анализ, проведенный исследователями, показал, что все осы в гнезде являются родственницами, однако степень родства царицы и ее помощниц сильно варьирует. Преобладают родные сестры, но есть и кузины, и более отдаленная родня. Когда царица погибает, ее место занимает следующая по старшинству оса. Внешне помощницы ничем не отличаются от царицы, однако жизнь они ведут гораздо более тяжелую и опасную: если царица почти не покидает гнезда, то помощницам приходится все время летать за кормом для личинок, изнашивая крылышки и рискуя попасться на глаза хищнику. Неудивительно, что с переходом помощницы в ранг царицы ожидаемая продолжительность ее жизни резко увеличивается.

Проблема, которую попытались решить исследователи, состоит в том, что и у этого вида, и у многих других осы-помощницы сильно различаются по степени "трудового энтузиазма". Если одни, не жалея себя, проводят в поисках пищи до 90 % времени, то другие предпочитают отсиживаться в безопасном гнезде и вылетают за кормом на порядок реже. Эти различия трудно объяснить с позиций теории родственного отбора, поскольку, как показали генетические тесты,

степень трудового энтузиазма помощниц не коррелирует со степенью их родства с царицей и личинками, о которых они заботятся.

Ученые предположили, что каждая помощница, возможно, дозирует свой альтруизм в зависимости от того, насколько велики ее шансы стать царицей и оставить собственное потомство. Если эти шансы туманны и зыбки (как у низкоранговых молодых ос, последних в очереди на царский престол), целесообразно работать поактивнее, чтобы хоть через чужих детей передать свои гены следующим поколениям. Если же помощница имеет высокий ранг (определяемый исключительно возрастом — самая старшая из помощниц после смерти царицы занимает ее место в 90 % случаев), ей выгоднее поберечь себя и поменьше рисковать. Кроме того, энтузиазм помощниц может зависеть и от размера семьи. Чем больше семья, тем больше потомства она сможет выкормить, поэтому быть царицей в большой семье выгоднее, чем в маленькой. В большой семье помощнице выгодно воздержаться от трудовых рекордов (надорвешься — много потеряешь), в маленькой — можно и поднапрячься, а если не доживешь до коронации — невелика потеря.

Для начала исследователи оценили величину "трудового энтузиазма" (измеряемую как процент времени, проводимого вне гнезда) у ос разного ранга и в семьях разного размера. Выяснилось, что, в полном соответствии с ожиданиями, в маленьких семьях помощницы работают интенсивнее, чем в больших, а высокоранговые старые помощницы работают меньше, чем молодые.

Затем были проведены эксперименты, позволившие вычлнить влияние отдельных факторов. В первой серии экспериментов из одной семьи удаляли осу, занимающую второе место в иерархии (то есть первую по старшинству после царицы), а из другой, такой же по размерам, семьи удаляли низкоранговую молодую осу. После этого следили за поведением осы, до начала эксперимента занимавшей в иерархии третье место. В первом гнезде эта оса после удаления старшей помощницы повысила свой ранг, переместившись с третьего места на второе, во втором — осталась на третьем месте. Размер обеих семей остался одинаковым. Выяснилось, что в первом случае оса начинает работать примерно вдвое меньше, а именно столько же, сколько в контрольных (нетронутых) гнездах обычно работают осы "второго ранга". Попутно было установлено, что ключевую роль играет именно ранг, а не абсолютный возраст осы, потому что в контрольных гнездах средний возраст осы номер два составлял 116 дней, а в

экспериментальных, где осы номер три были искусственно переведены на второе место, их средний возраст был равен всего лишь 55 дням.

Во втором случае, когда из гнезда изымалась низкоранговая помощница, оса номер три продолжала работать столько же, сколько и раньше.

Вторая серия экспериментов показала, что резкое сокращение размеров группы приводит к повышению трудовой активности помощниц даже в том случае, если не меняется ни их ранг, ни число личинок, приходящихся на одну помощницу. Исследователи в данном случае просто изымали из гнезд всех ос, кроме царицы и старшей помощницы, а также часть приплода, соответствующую доле изъятых помощниц. Оставшаяся в гнезде помощница начинала работать активнее, несмотря на то что ее шансы на "престолонаследование" несколько не ухудшились, а число личинок, находящихся на ее попечении, вроде бы не увеличилось... *(хотя тут, как мне представляется, эксперимент получился не совсем чистый. Ведь старшая помощница, как известно, самая ленивая, то есть в нетронутом гнезде она обеспечивает кормом меньше личинок, чем любая из младших помощниц. А экспериментаторы, изымая "лишних" личинок, как будто забыли об этом и оставляли ей равную долю. Если бы она продолжала работать с той же интенсивностью, что и раньше, часть личинок погибла бы с голоду)*

Тем не менее полученные результаты показывают, что величина "альтруистического усилия" у ос действительно регулируется в зависимости от шансов данной осы на собственный репродуктивный успех. Кому нечего терять, тот старается для общего блага, кто рассчитывает сорвать большой куш, тот себя бережет.

А вот если бы мы все были клонами...

Можно ли создать общество, в котором альтруизм будет поддерживаться без насилия и при этом не будет обманщиков? Ни осам, ни людям это пока не удалось. Но некоторые кооперативные системы, существующие в природе, указывают на то, что в принципе можно не допустить самого появления обманщиков.

Для этого нужно свести генетическое разнообразие особей в коллективе к полному нулю. Тогда симбионты просто не смогут конкурировать друг с другом за то, кто из них ухватит себе больший кусок общего пирога. Если все симбионты генетически идентичны, эгоистическая эволюция внутри системы становится невозможной, потому что из минимального набора условий, необходимых для эволюции, — дарвиновской триады "наследственность, изменчивость, отбор" — исключается один из компонентов, а именно изменчивость.

Именно поэтому эволюции так и не удалось создать нормальный многоклеточный организм из генетически разнородных клеток, но удалось создать его из клонов — потомков одной-единственной клетки.

Если кооперативная система состоит из крупного многоклеточного "хозяина" и множества маленьких "симбионтов", то для хозяина самый простой путь обеспечить генетическую идентичность симбионтов — это передавать их вертикально, то есть по наследству, причем заниматься этим должен только один из полов — либо самцы, либо самки. Именно так передают из поколения в поколения свои сельскохозяйственные культуры муравьи-листорезы. При такой вертикальной передаче генетическое разнообразие симбионтов автоматически поддерживается на близком к нулю уровне за счет генетического дрейфа и "бутылочных горлышек" численности.

Существуют, однако, и симбиотические системы с горизонтальной передачей симбионтов. В таких системах симбионты у каждого хозяина генетически разнородны, они сохраняют способность к эгоистической эволюции, и поэтому среди них то и дело появляются обманщики. Например, известны штаммы обманщиков среди светящихся бактерий (симбионтов рыб и кальмаров), азотфиксирующих бактерий-ризобий (симбионтов растений), микоризных грибов, зооксантелл (симбионтов кораллов). Во всех этих случаях эволюции "не удалось" обеспечить генетическую однородность симбионтов, и поэтому хозяевам

приходится бороться с обманщиками иными методами, или просто терпеть их присутствие, полагаясь на те или иные механизмы, обеспечивающие баланс численности обманщиков и честных кооператоров. Все это не так эффективно, но что поделаешь: естественный отбор замечает только сиюминутную выгоду и совершенно не интересуется отдаленными перспективами.

В общем, если бы не проблема обманщиков, порождаемая отсутствием у эволюции дара предвидения и заботы о "благее вида" (а не гена), наша планета, вероятно, была бы похожа на рай земной. Но эволюция слепа, и поэтому кооперация развивается только там, где то или иное стечение особых обстоятельств помогает обуздать обманщиков или предотвратить их появление.

Межгрупповая вражда способствует внутригрупповому сотрудничеству

Если у какого-то вида животных кооперация уже развилась настолько, что вид перешел к общественному образу жизни, если сформировались компактные социальные группы с относительно постоянным составом, то появляется новый фактор, который может подстегнуть развитие внутригрупповой кооперации. Этот фактор — межгрупповая конкуренция. Теперь уже не только индивиды конкурируют между собой за ценные ресурсы, но и группы. Шансы одиночек (и маленьких, слабых групп) резко снижаются. "Корыстные интересы" индивида оказываются неразрывно связаны с интересами коллектива. При острой межгрупповой конкуренции индивид может успешно размножиться, только будучи членом успешной группы.

К чему это приводит, показывает модель, которую разработали американские этологи Керн Рив и Берт Холлдоблер (*Reeve, Holldobler, 2007*). Непосредственной целью исследователей было найти объяснение некоторым закономерностям, наблюдаемым в социальном устройстве общественных насекомых. Авторы упоминают четыре таких закономерности:

1. самая развитая кооперация (и наивысший уровень альтруизма, когда большинство особей отказывается от размножения ради заботы о чужом потомстве) характерна для коллективов, связанных близким родством;

2. у видов с большими колониями кооперация обычно развита лучше; в маленьких колониях чаще наблюдается эгоистическая "грызня" между соплеменниками за право оставить потомство;

3. у видов с мелкими и средними колониями общая производительность (отношение числа произведенных потомков к численности колонии) снижается с ростом колонии;

4. острая межгрупповая конкуренция, усиливающаяся при неравномерном пространственном распределении дефицитного ресурса, обычно коррелирует с высокоразвитой внутригрупповой кооперацией.

В модели Рива и Холлдоблера каждый индивид эгоистически расходует часть "общественного пирога" на то, чтобы увеличить свою долю этого пирога. Эта потраченная на внутригрупповые склоки часть называется "эгоистическим вкладом" или "эгоистическим усилием"

данного индивида. Доля, доставшаяся в итоге каждому индивиду, зависит от соотношения его собственного "эгоистического усилия" и суммы "эгоистических усилий" остальных членов группы — подобно тому как в перетягивании каната итог определяется соотношением сил, приложенных к двум концам каната. Нечто подобное наблюдается у общественных насекомых, когда они осуществляют "взаимный надзор" — мешают друг другу откладывать яйца, стараясь при этом отложить свои (см. выше).

На тех же принципах строятся в модели и взаимоотношения между группами. Таким образом, получается вложенное, двухуровневое перетягивание каната. Чем больше энергии тратят индивидуумы на внутригрупповую борьбу, тем меньше ее остается для межгруппового перетягивания и тем меньше получается "общий пирог" группы.

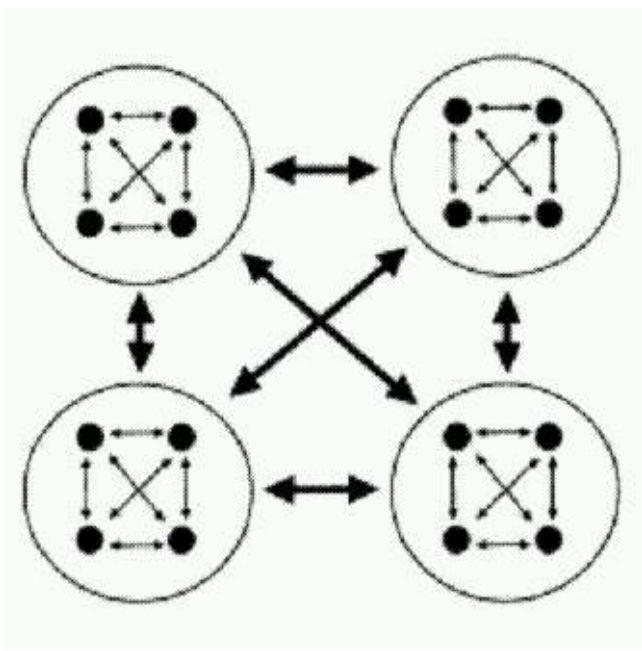
Исследуя эту модель, авторы показали, что она неплохо воспроизводит (а значит и объясняет) все четыре перечисленные закономерности.

Мы не будем глубоко погружаться в математические дебри, но пару формул я все-таки приведу — хотя бы для демонстрации образа мысли авторов. Читатели, не любящие формул, могут их смело пропустить (тем более что все объясняется в тексте).

Если в группе есть редкие "мутанты", отличающиеся от сородичей величиной своего эгоистического усилия, то полученная мутантом персональная доля "общественного пирога" (ресурса, добытого группой) вычисляется по формуле:

$$S = x / (x + r(n - 1)x + (1 - r)(n - 1)x^*),$$

где x — эгоистическое усилие мутанта ($x = ft$, где t — изначальный "запас энергии" индивида, f — доля этого запаса, которую он потратит на эгоистические цели); r — это величина из формулы Гамильтона: степень внутригруппового родства, варьирующая от 0 (нет общих генов) до 1 (все гены общие); n — число особей в группе; $x^* = f^*t$ — эгоистическое усилие немутантных членов группы. Здесь учитывается, что если в группе есть мутант и есть заданная внутригрупповая степень родства (r), то соответствующая фракция всей группы (r) будет иметь "мутантный ген" и проявлять "мутантное поведение", то есть демонстрировать эгоистическое усилие, равное x , а не x^* .



Вложенное перетягивание каната. Члены группы соревнуются друг с другом за свою долю "общественного пирога". Размер "пирога" в свою очередь зависит от успешности группы в соревновании с другими группами. Чем больше сил тратят особи на внутригрупповую борьбу, тем меньше их остается на общественно-полезную деятельность. По рисунку из Reeve, Holldobler, 2007.

Конкурентоспособность этой группы (G) в соревновании с другими группами вычисляется как сумма всех индивидуальных "неэгоистических" усилий, направленных на рост благосостояния колонии (неэгоистическое усилие равно $(1 - f) t$ для мутантов и $(1 - f^*) t$ для не-мутантов).

Доля ресурса, отвоеванная группой в борьбе с другими группами (тот самый "общий пирог", который делят между собой члены группы), вычисляется по формуле:

$$S = G / (G + r' (N - 1) G + (1 - r') (N - 1) G^*),$$

где r' — степень межгруппового родства, N — число групп, G^* — конкурентоспособность тех групп, в которых нет мутантов.

Затем, играя с этими уравнениями по законам теории игр, авторы нашли эволюционно стабильное значение f^* , то есть такую величину индивидуального эгоистического усилия, при которой никакой новый мутант не сможет распространиться в популяции при данных значениях четырех переменных (N , p , r и r').

Решение получилось такое:

$$f^* = N(n - 1)(1 - r) / (Nn - 1 - r(n - 1) - (N - 1)r'(1 + r(n - 1))).$$

Величина $(1 - f^*)$ отражает интегрированность, или "сверхорганизменность" колонии. Когда $1 - f^* = 0$, никакой кооперации нет, и группы как таковой тоже, это полный индивидуализм. Когда величина $1 - f^*$ близка к единице, колония становится настоящим сверхорганизмом, аналогом многоклеточного животного.

Модель предсказывает, что внутригрупповая кооперация (эволюционно стабильное значение $1 - f^*$) должна расти с ростом внутригруппового родства (r). Это наблюдается в природе (см. выше закономерность № 1) и полностью соответствует теории родственного отбора. Данный результат говорит о том, что степень родства между членами группы — отнюдь не второстепенный фактор, как считают некоторые, а мощный регулятор развития кооперации. Максимальная кооперация, согласно модели, должна наблюдаться в колониях, где большинство индивидуумов — родные братья и сестры, то есть дети одной пары насекомых-основателей (царя и царицы). "Многоцарствие" должно снижать кооперацию и способствовать внутригрупповым конфликтам, однако этот эффект, согласно модели, может быть сглажен острой межгрупповой конкуренцией, то есть большим числом конкурирующих колоний (N) (закономерность № 4).

Кроме того, модель предсказывает нечто весьма удивительное и из теории родственного отбора не вытекающее. Она предсказывает, что "гены кооперации" могут быть поддержаны отбором даже при полном отсутствии родства между членами группы. Из последней формулы следует, что при отсутствии родства ($r = r' = 0$) внутригрупповая кооперация $(1 - f^*)$ будет больше нуля при наличии хоть какой-то межгрупповой конкуренции ($N > 1$).

Модель предсказывает, что при неизменном числе конкурирующих колоний (N) рост размера колонии (n) должен снижать кооперацию. Казалось бы, это противоречит закономерности № 2. По мнению авторов, тут все дело в том, что и размер колоний, и их количество на единицу площади зависят от неравномерности распределения дефицитных ресурсов и от богатства участков, где ресурс есть. Чем богаче участок, тем обычно больше на нем колоний общественных насекомых и тем крупнее каждая колония. Таким образом, один и тот же фактор (богатство участка) положительно коррелирует с обеими переменными (n и N). Когда богатство участка растет, одновременно увеличиваются и n (что ведет к снижению кооперации), и N (что ведет к ее росту). Но в модели степень кооперации чувствительнее к изменениям

N , чем n . Поэтому в итоге кооперация все-таки растет.

Само по себе снижение кооперации при росте размера колонии (n) соответствует закономерности № 3 и говорит о том факте, верно отраженном моделью, что в больших коллективах вольготнее чувствуют себя обманщики, паразитирующие на чужом альтруизме (в модели это "мутанты" с повышенным значением f).

Авторы полагают, что их модель может быть приложима не только к насекомым, но и к другим социальным животным, включая человека. Особенно интригующим выглядит предсказание модели, согласно которому кооперация должна снижаться с ростом межгруппового родства (r'). Модель предсказывает, что кооперация должна быть развита сильнее у тех видов, у которых дочерние колонии закладываются далеко от материнских. Кроме того, межвидовая конкуренция должна лучше способствовать сплочению колонии, чем внутривидовая (так как в первом случае межгрупповое родство нулевое: $r' = 0$).

Предельный случай альтруизма и "сверхорганизменности" у насекомых — это полная утрата рабочими особями способности к размножению. Согласно модели, это должно происходить либо при чрезвычайно острой межгрупповой конкуренции, либо при очень высокой степени внутригруппового родства.

Главный вывод, который можно сделать из этой работы, состоит в том, что межгрупповая конкуренция — мощнейший стимул для развития внутригрупповой кооперации и альтруизма.

Аналогии с человеческим обществом вполне очевидны. Ничто так не сплачивает коллектив, как совместное противостояние другим коллективам. Множество внешних врагов (N) — обязательное условие существования тоталитарных империй и надежное средство "сплочения" населения в альтруистический муравейник.

Альтруизм, стремление к равенству и нелюбовь к чужакам

В подавляющем большинстве случаев альтруистическое поведение у животных либо направлено на близких родственников (что хорошо объясняется теорией родственного отбора), либо основано на принципе реципрокности (взаимности). По-настоящему бескорыстная забота о неродственниках в природе встречается очень редко (см. главу "В поисках душевной грани"). Люди тоже охотнее помогают "своим", чем "чужим", хотя понятие "свой" для нас не всегда совпадает с понятием "родственник". И все же, почему у людей альтруизм, как представляется, получил большее развитие, чем у других обезьян?

Многие антропологи считают, что важную роль в эволюционном развитии альтруизма у наших предков могли сыграть войны. Идею о связи межгрупповых конфликтов с эволюцией альтруизма высказал еще Чарльз Дарвин в книге "Происхождение человека и половой отбор", где он написал буквально следующее:

Когда два племени первобытных людей, живущие в одной стране, сталкивались между собой, то племя, которое (при прочих равных условиях) заключало в себе большее число храбрых, верных и преданных членов, всегда готовых предупредить других об опасности и защищать друг друга, без всякого сомнения, должно было иметь больше успеха и покорить другое... Племя, обладающее перечисленными качествами в значительной степени, без всякого сомнения, распространится и одержит верх над другими племенами. Но с течением времени оно, как показывает история всех прошедших веков, будет в свою очередь покорено каким-либо другим, еще более одаренным племенем. Таким образом общественные и нравственные качества развиваются и распространяются мало-помалу по всей земле (Дарвин здесь рассуждает как групповой селекционист, то есть сторонник теории группового отбора, которая сейчас не в чести (см. выше). Многие эксперты сомневаются, что группы людей можно рассматривать как "единицы отбора". Нужно ведь еще объяснить, почему эгоисты не распространялись внутри каждой группы за счет обычного, индивидуального отбора, и почему такой индивидуальный отбор не "пересилил" гипотетический групповой, который по своей эффективности в общем случае должен сильно уступить

индивидуальному. Современные модели, поддерживая основную идею Дарвина, обосновывают ее более аккуратными и изощренными аргументами, о которых пойдет речь ниже).

Старая идея о связи межгрупповых конфликтов с эволюцией нравственности активно развивается в последние годы (правда, в несколько ином ключе) в рамках новой теории "сопряженной эволюции парохиального альтруизма и войн" (Choi, Bowles, 2007). Согласно этой теории, альтруизм у наших предков изначально был направлен только на членов своей группы. Такой альтруизм называют парохиальным, то есть местническим, узким, "только для своих". При помощи математических моделей было показано, что альтруизм мог развиваться только в комплексе с ксенофобией — враждебностью к чужакам. В условиях постоянных войн с соседями сочетание внутригруппового альтруизма с враждебностью к чужакам обеспечивает наибольшие шансы на выживание и успешное размножение индивидуума. Получается, что такие, казалось бы, противоположные свойства человека, как доброта и воинственность, развивались в едином комплексе: ни та, ни другая из этих черт по отдельности не способствовала бы репродуктивному успеху их обладателей.

Хотя эта теория оформилась совсем недавно, выглядит она солидно и вообще очень похожа на правду. Для ее проверки психологи и антропологи уже успели провести несколько специальных исследований, с результатами которых нам будет полезно познакомиться.

Швейцарские и германские психологи изучили становление альтруизма и парохиализма (предпочтения "своих") в ходе развития детей (Febr et al., 2008). В эксперименте приняли участие 229 швейцарских детей в возрасте от трех до восьми лет, среди которых не было близких родственников. Каждого ребенка просили выполнить ТРИ ПРОСТЫХ ЗАДАНИЯ.

В ПЕРВОМ СЛУЧАЕ ребенок должен был выбрать один из двух вариантов: либо он сам получит конфету, а другой ребенок нет, либо обоим дадут по конфете (распределение 1,1 или 1,0). Здесь проверялось желание сделать добро другому без всякого ущерба для себя (поскольку сам испытуемый получал одну конфету независимо от сделанного им выбора).

Во ВТОРОМ СЛУЧАЕ нужно было выбрать между вариантами 1,1 и 1,2. Испытуемый и на этот раз получал одну конфету независимо от принятого им решения, однако от него зависело, сколько конфет дадут другому — одну или две. Этот тест "на завистливость" был нужен, в

частности, для того чтобы вскрыть истинные мотивы тех детей, которые в первом тесте выбрали вариант 1,1. Почему они "присудили" другому конфету? Те дети, которые просто желали другому добра, выберут во втором тесте вариант 1,2 (это можно интерпретировать как стремление максимизировать выгоду, получаемую другим). Те же, кто выбрал в первом тесте вариант 1,1 из-за любви к равенству и справедливости, во втором тесте тоже должны выбрать вариант 1,1. Ведь это нечестно, если мне дадут одну конфету, а ему две.

В ТРЕТЬЕМ СЛУЧАЕ выбор был самым трудным: взять две конфеты себе или поделить их поровну (1,1 или 2,0). Здесь ребенок мог обеспечить ближнего конфетой только с ущербом для себя, а это уже настоящий альтруизм.

Все тесты были анонимными: ребенок не знал, с кем именно ему предлагают поделиться. Ему показывали фотографию группы детей и объясняли, что конфета достанется кому-то из них. Кроме того, ребенка убеждали, что о его решении никто не узнает и поэтому не будет ни обид, ни благодарности. Таким образом ученые старались исключить любые мотивы, связанные с реципрокностью (такие как боязнь испортить с кем-то отношения), которыми может руководствоваться ребенок, делаясь конфетами в реальной жизни.

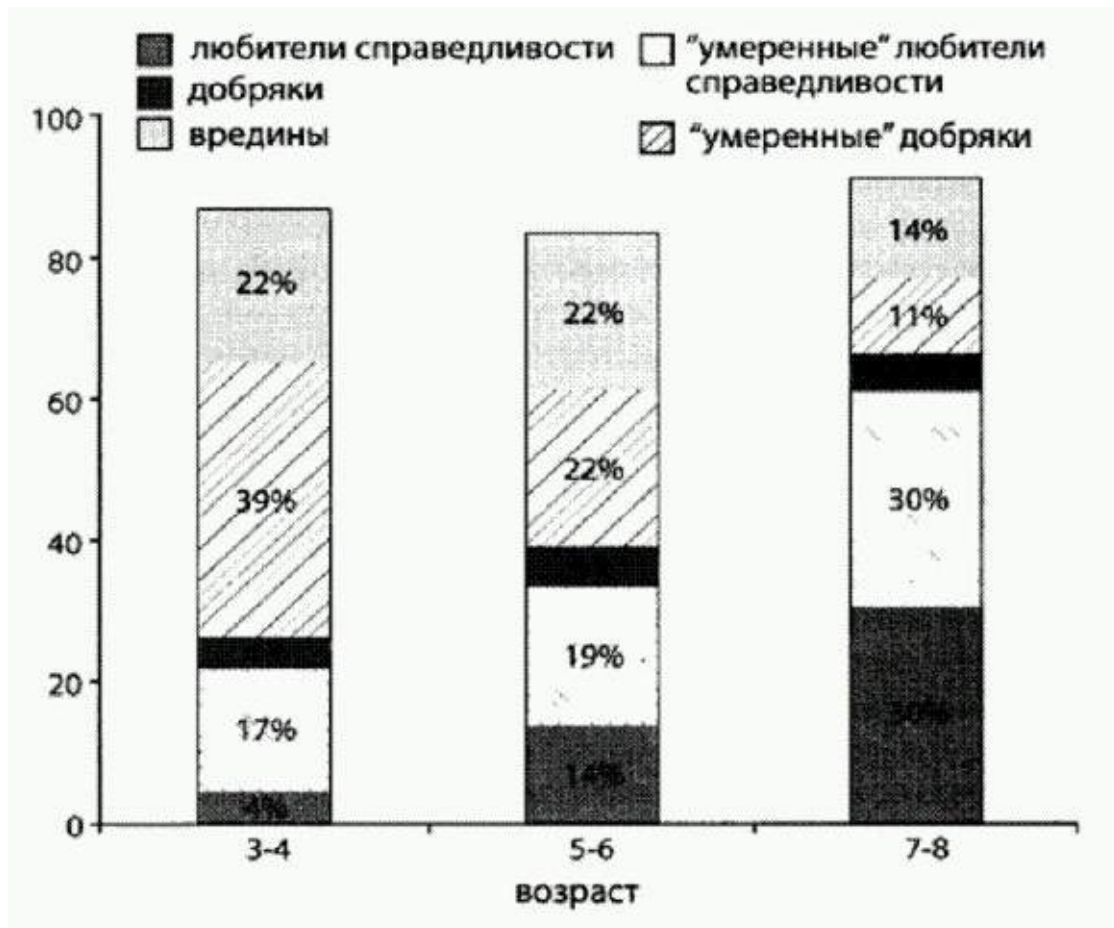
Чтобы выяснить ситуацию с парохильностью, исследователи использовали два типа групповых фотографий. В одном случае на снимке были дети из того же класса или группы детского садика, что и испытуемый (ситуация "свой"). В другом случае использовали фотографию незнакомых детей (ситуация "чужой").

Такая комбинация тестов позволила получить детальную и достоверную информацию о мотивах социального поведения детей.

Сначала исследователи проанализировали результаты тестов для ситуации "свой". Выяснилось, что большинство трех- и четырехлетних детей ведут себя как абсолютные эгоисты. Делая выбор, маленький ребенок обращает внимание только на то, сколько конфет достанется ему самому. Судьба анонимного "партнера" ему безразлична. В первом и втором тестах ребенок-эгоист выбирает один из двух вариантов наугад, случайным образом, а в третьем всегда берет обе конфеты себе. В соответствии с этим у трех- и четырехлетних детей частота выбора любого из двух вариантов в тестах 1 и 2 статистически не отличалась от 50 %, а в тесте 3 только 8,7 % детей выбрали вариант 1,1, то есть поделились с партнером.

Для детей в возрасте 5–6 лет результаты первого теста оказались

такими же. Во втором тесте намечилось небольшое увеличение доли детей, выбирающих вариант 1,1 (то есть тех, кто, получив одну конфету, не хочет, чтобы другому досталось две). Третий тест выявил небольшой рост числа детей, готовых поделиться с анонимным партнером (22 %).



Доля пяти категорий детей в трех возрастных группах (см. пояснения в тексте). По рисунку из Fehr et al., 2008.

Картина оказалась резко иной в старшей возрастной группе (7–8 лет). Почти половина (45 %) детей этого возраста продемонстрировали альтруистическое поведение (поделились конфетой) в тесте 3. В тесте 1 подавляющее большинство детей (78 %) выбрали вариант 1,1, то есть проявили заботу о ближнем без ущерба для себя. Тест 2 вскрыл истинные мотивы этой заботы. 80 % детей во втором тесте выбрали вариант 1,1, то есть не пожелали, чтобы другому ребенку досталась лишняя конфета. Из этого авторы делают вывод, что забота о других, выявленная в тестах 1 и 3, основана не на желании сделать максимум добра ближнему, а на стремлении к равенству и справедливости. Это

стремление проявляется в том, что дети отвергают "нечестную" дележку как в свою, так и в чужую пользу.

До сих пор речь шла о результатах отдельного анализа трех тестов. Дополнительную информацию дало рассмотрение всех трех тестов вместе. Это позволило разделить детей на пять ГРУПП (см. рисунок):

1. "ВРЕДИНЫ", выбравшие во всех трех тестах тот вариант, при котором партнеру достается меньше всего конфет;

2. "ДОБРЯКИ", всегда выбравшие тот вариант, при котором партнер получает максимальное число конфет;

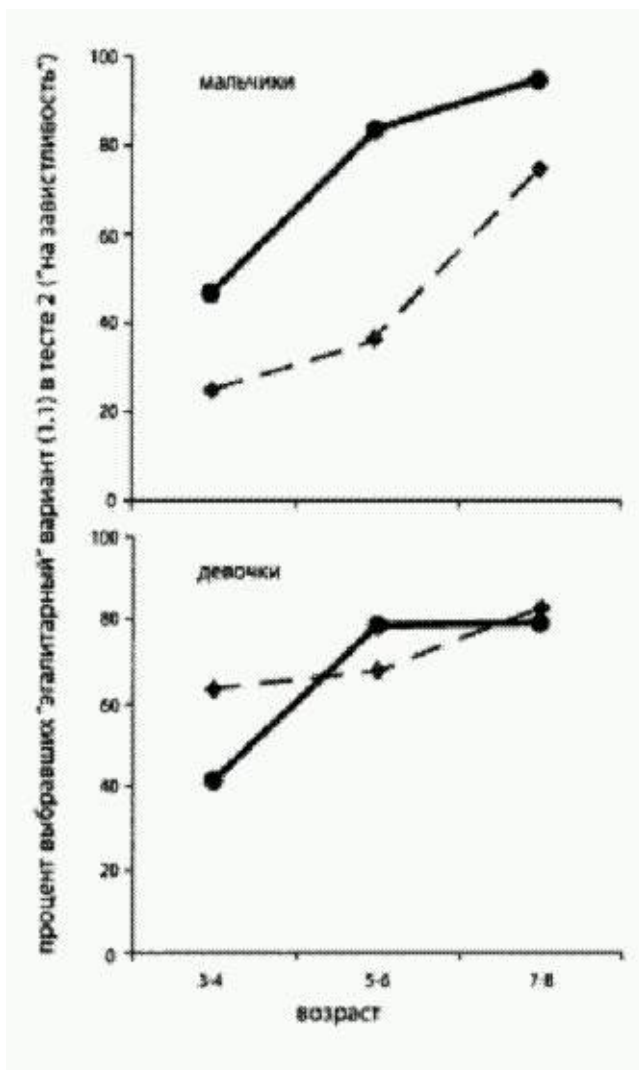
3. дети, выбравшие наилучшие для партнера варианты в тестах 1 и 2, но отказавшиеся поделить в тесте 3, то есть готовые делать добро лишь до тех пор, пока это не требует жертв с их стороны ("УМЕРЕННЫЕ ДОБРЯКИ");

4. "ЛЮБИТЕЛИ СПРАВЕДЛИВОСТИ", которые всегда делят конфеты поровну;

5. "УМЕРЕННЫЕ ЛЮБИТЕЛИ СПРАВЕДЛИВОСТИ" — те, кто выбирает равную дележку в тестах 1 и 2, но поступает эгоистично в тесте 3, когда ради "торжества справедливости" пришлось бы пожертвовать конфетой.

Доля "вредин" среди детей от трех до шести лет составляет 22 %; в возрасте 7–8 лет она сокращается до 14 %. Авторы отмечают, что примерно столько же вредных личностей насчитывается и среди взрослых.

Доля "добряков", как ни странно, не меняется с возрастом: таких беззаветно добрых детей оказалось около 5 % во всех возрастных группах. Доля "умеренных добряков" сокращается от 39 % в возрасте 3–4 лет до 11 % в 7–8 лет.



Результаты теста 2 для мальчиков и девочек в ситуациях "свой" (светлая пунктирная линия) и "чужой" (темная линия). Девочки почти не делают различий между своими и чужими, тогда как мальчики уже в 1–4 года проявляют повышенную ревность к чужакам (темная линия на верхнем графике проходит значительно выше, чем светлая). Кроме того, мальчики, особенно в раннем возрасте, заботятся о своих даже в ущерб "справедливости" (позволяют партнеру получить лишнюю конфету). Это видно из того, что светлая линия на верхнем графике в левой части проходит ниже, чем такая же линия на нижнем графике, и значительно ниже уровня 50 %. По рисунку из Fehr et al., 2008.

Доля "любителей справедливости" стремительно растет с возрастом: от 4 % в младшей возрастной группе до 30 % в старшей. Растет также и доля "умеренных любителей справедливости" (от 17 %

до 30 %).

Эти результаты заставляют задуматься. Какую роль играют в нашем обществе 5 % добряков, не они ли дают нам моральные ориентиры, не на них ли держится мир? А если так, почему их всего 5 %? Может быть, потому, что излишнее размножение беззаветных альтруистов создает слишком благоприятную среду для эгоистов, которые будут паразитировать на чужой доброте?

Что касается "любителей справедливости", то их роль в обществе очевидна: они сдерживают развитие социального паразитизма.

Интересные результаты были получены при анализе тестов, в которых "анонимным партнером" был незнакомый ребенок (ситуация "чужой"). В целом, как и следовало ожидать, дети проявляли меньше заботы о незнакомых партнерах, чем о "своих", причем это справедливо для всех возрастных групп.

Самая контрастная картина получилась при отдельном анализе результатов, показанных мальчиками и девочками в тесте 2 ("проверка на завистливость"). Девочки, как выяснилось, практически не делают различий между своими и чужими в этом тесте (см. рисунок). В 3–4 года им безразлично, сколько конфет получит партнер (частота выбора любого из вариантов около 50 %); в 5–6 лет начинает проявляться эгалитаризм: 70–80 % девочек выбирают вариант 1,1 и отвергают вариант 1,2, то есть не позволяют партнеру получить лишнюю конфету. Никакого предпочтения "своих" при этом не наблюдается.

Мальчики, напротив, уже в 3–4 года по-разному относятся к "своим" и "чужим". "Своим" они охотно позволяют получить лишнюю конфету (около 75 % мальчиков выбирают вариант 1,2). Чужакам такой подарок делают лишь около 50 % мальчиков младшей возрастной группы. В 5–6 лет щедрость по отношению к своим сохраняется, тогда как по отношению к чужакам развивается сильное чувство ревности. В 7–8 лет мальчики начинают "блюсти справедливость" также и по отношению к своим, однако и в этом возрасте они присуждают чужакам лишнюю конфету намного реже, чем своим.

Полученные результаты позволяют выделить стремление к равенству (эгалитаризм) как один из важнейших факторов, регулирующих социальное поведение у людей. Это свойство психики имеет наследственную природу, то есть является отчасти генетически детерминированным (*Wallace et al, 2007*).

Нечто похожее на эгалитаризм обнаружено у американских обезьян капуцинов. Обезьян приучили выменивать лакомства на камни, которые

были у них в вольере. В обмен на камешек экспериментатор давал обезьяне какое-нибудь угощение. Все шло хорошо до тех пор, пока обезьяна не замечала, что ей дали кусочек огурца, в то время как соседка за точно такой же камень получила сладкую виноградину. Обиженное животное устраивало страшный скандал и отказывалось работать (де Ваал, 2005).

Полученные результаты хорошо согласуются с теорией совместного развития альтруизма и парохиализма под влиянием острой межгрупповой конкуренции. Не исключено, что эволюционная история становления этих свойств человеческой психики в общих чертах повторяется в ходе индивидуального развития детей. Характерно, что альтруизм и парохиализм развиваются у детей практически одновременно.

Поскольку главными участниками межгрупповых конфликтов и войн всегда были мужчины, представляется вполне естественным, что парохиализм сильнее выражен у мальчиков, чем у девочек. В условиях первобытной жизни мужчины-воины были лично заинтересованы в том, чтобы не только они сами, но и другие мужчины группы находились в хорошей физической форме: не было смысла "бюсти справедливость" за их счет. Что же касается женщин, то в случае поражения группы в межгрупповом конфликте их шансы на успешное размножение снижались, скорее всего, не так сильно, как у мужчин (см. главу "Общественный мозг").

Разумеется, авторы исследования отдают себе отчет в том, что изученные ими свойства детской психики во многом зависят не только от генов, но и от воспитания, то есть являются продуктом не только биологической, но и культурной эволюции. Что, впрочем, не делает полученные результаты менее интересными и информативными. В конце концов, законы и движущие силы биологической и культурной эволюции отчасти сходны, а сами процессы способны плавно перетекать друг в друга. Например, новый поведенческий признак может поначалу передаваться из поколения в поколение посредством обучения и подражания, а затем постепенно закрепиться и в генах (см. главу "Генетика души").

В следующих разделах мы рассмотрим другие исследования, раскрывающие парохиальную природу человеческого альтруизма и его неразрывную связь с межгрупповыми конфликтами.

Окситоцин и парохиальность

Разумеется, парохиаальный альтруизм не канул в лету: он и сегодня остается весьма характерной особенностью человеческой психики и поведения. Многие люди готовы пожертвовать своими интересами (то есть совершить альтруистический поступок) ради своих. При этом они часто с не меньшей готовностью идут на жертвы и ради того, чтобы причинить ущерб представителям враждебных групп. Действия террористов-самоубийц и военные подвиги — типичные примеры такого поведения. При острой межгрупповой вражде помощь своим и вред, причиненный чужим, в равной мере идут на пользу группе. В человеческих обществах альтруистические действия обоих типов, как правило, высоко ценятся, считаются "патриотическими", "высокоморальными" и "героическими". Положительная связь между репутацией и репродуктивным успехом особей (имеются в виду те, кто выжил после геройского поступка) могла дополнительно подстегивать развитие парохиаального альтруизма у наших предков (это пример непрямой реципрокности, о которой говорилось выше).

Если парохиаальный альтруизм так прочно укоренен в нашей психике и имеет столь глубокие эволюционные корни, то у него должна быть и вполне четкая генетическая и нейрологическая основа. Парохиаальный альтруизм должен быть как-то "закодирован" в нашем геноме и в структуре мозга. Более того, вполне могут существовать специфические нейромодуляторы или гормоны, влияющие на соответствующие аспекты нашего поведения.

По мере того как теория коэволюции войн и альтруизма овладевает умами специалистов, они приступают к целенаправленному поиску химических регуляторов мозговой деятельности, влияющих на проявления парохиаального альтруизма. Читатели вряд ли удивятся, узнав, что первым "подозреваемым" стал окситоцин — вещество, выделяемое нейронами гипоталамуса и играющее ключевую роль в регуляции социальных и семейных отношений у животных.

О влиянии окситоцина на межличностные отношения мы говорили в главе "Генетика души". Напомню, что связь окситоциновой системы регуляции социального поведения с проявлениями кооперации и альтруизма подтверждена множеством экспериментов. Установлено, что окситоцин выделяется при положительно окрашенных контактах между

родственниками (например, между матерью и ребенком), влияет на доверчивость, склонность к добрым поступкам, сочувствие, помогает понимать настроение других людей по выражению лица, побуждает чаще смотреть собеседнику в глаза, повышает чувствительность к положительно окрашенным социальным стимулам (таким как добрые слова).

До сих пор, однако, оставалась неизученной работа окситоциновой системы в контексте межгрупповой конкуренции. Делает ли окситоцин нас такими же добрыми и доверчивыми по отношению к чужакам, как и к своим? Это было бы весьма удивительно, ведь сотрудничество с представителями враждебной группировки ведет к ровно противоположному эффекту по сравнению с внутригрупповой взаимопомощью. Общество, как правило, расценивает такое поведение уже не как подвиг и патриотизм, а как измену и предательство.

Различает ли окситоциновая система эти нюансы? По идее, она должна их различать, иначе в условиях межгрупповой вражды ее действие стало бы попросту вредным для общества и для индивидов, в него входящих. А межгрупповая вражда, скорее всего, была "нормой жизни" на протяжении почти всей человеческой истории.

Некоторые установленные ранее факты подкрепляют предположение о том, что окситоцин стимулирует не альтруизм вообще, а именно парохильный альтруизм. В частности, известно, что у некоторых животных окситоцин активизирует территориальное поведение и агрессию против "нарушителей границ". В опытах на людях было показано, что в условиях напряженного соревнования окситоцин может усиливать чувство зависти к сопернику и злорадство в случае победы.

Для проверки этой гипотезы голландские психологи провели три эксперимента (*De Dreu et al., 2010*). Все они проводились на мужчинах (как мы помним, на женщинах влияние окситоцина не изучают, потому что окситоцин, помимо прочего, стимулирует маточные сокращения при родах). За полчаса до начала эксперимента каждый испытуемый должен был закапать себе в нос выданный ему препарат. В половине случаев это был раствор окситоцина, в половине — водичка (плацебо).

В первом эксперименте всех участников разделили на команды по три человека. Команды попарно участвовали в экономической игре, основанной на классической "дилемме заключенного" (так называют ситуацию, когда каждому выгодно вести себя эгоистично вне зависимости от действий партнеров, однако совокупный выигрыш всей

группы оказывается максимальным при альтруистическом поведении участников) (классическая "дилемма заключенного" выглядит примерно так. Задержаны двое подозреваемых в совершении тяжкого преступления, но у полиции недостаточно доказательств. Каждому из задержанных следователь предлагает следующие условия: "Если ты согласишься свидетельствовать против сообщника, а он будет молчать, мы тебя сразу отпустим, а его посадим на десять лет. Ему мы предложили то же самое. Если он тебя заложит, а ты будешь молчать, получишь десять лет, а его мы отпустим. Если вы оба друга заложите, оба получите по пять лет. Если оба будете молчать — оба отсидите по полгода и пойдете на свободу, так как у нас нет доказательств"). Каждому игроку выдали по 10 евро, и он должен был по своему усмотрению разделить эту сумму на три части. Первая часть доставалась ему целиком, вторая шла в "общественный фонд", третья — в "межгрупповой фонд". За каждый евро, внесенный в общественный фонд, все три члена команды получали по 0,5 евро. Таким образом, максимальный общий выигрыш достигается в том случае, если игроки отдадут в общественный фонд все свои деньги: тогда каждый заработает по 15 евро. За каждый евро, внесенный в "межгрупповой фонд", все члены команды тоже получали по 0,5 евро; кроме того, у каждого игрока другой команды отнимали такую же сумму. Вкладывание денег в общественный фонд рассматривалось как показатель "внутригрупповой любви". Деньги, внесенные в межгрупповой фонд, служили мерилom "межгрупповой ненависти".

После введения плацебо 52 % испытуемых больше всего денег оставили себе (проявили "эгоизм"), 20 % самую большую сумму внесли в общественный фонд ("любовь к своим"), 28 % отдали предпочтение межгрупповому фонду ("ненависть к чужим"). Под действием окситоцина только 17 % участников поступили как "эгоисты", 58 % проявили "любовь к своим", 25 % — "ненависть к чужим". Обработав полученные результаты несколькими статистическими методами, авторы заключили, что окситоцин усиливает "внутригрупповую любовь", но не влияет на "межгрупповую ненависть".

Кроме того, испытуемых попросили оценить, чего они ожидают от своих партнеров по команде и от противников в этой игровой ситуации. Их ответы позволили понять, как влияет окситоцин на доверие к своим и недоверие к чужим. Оказалось, что доверие к своим (то есть ожидание альтруистического поведения с их стороны) резко возросло под действием окситоцина. Недоверие к чужим, то есть ожидание подлости

с их стороны, не изменилось.

Эти результаты показывают, что окситоцин по-разному влияет на отношение к своим и чужим. Если бы люди под действием окситоцина в равной степени "добрели" по отношению ко всем окружающим, то следовало бы ожидать, что ненависть и недоверие к чужим снизятся. Но этого не произошло. Окситоцин улучшил отношение только к "своим". Это подтверждает гипотезу о том, что окситоцин стимулирует именно парохиаальный альтруизм, а не альтруизм вообще.

Известно, что люди сильно различаются по своей склонности к альтруизму и кооперации. Может быть, окситоцин по-разному влияет на людей с разным характером? Чтобы выяснить это, был поставлен второй эксперимент. Он отличался от первого только тем, что всех участников в начале протестировали, чтобы определить их склонность к альтруизму, и разделили по результатам тестирования на "эгоистов" и "альтруистов". Оказалось, что окситоцин влияет на обе группы одинаково: как у альтруистов, так и у эгоистов введение окситоцина усилило любовь и доверие к своим, но не повлияло на отношение к чужим.

Первые два эксперимента показали, что склонность к немотивированной (не приносящей выгоды) агрессии против чужаков под действием окситоцина не усиливается. Но, может быть, окситоцин будет стимулировать агрессию, если у игроков появится возможность нажать за счет противников? Кроме того, в первых двух экспериментах у игроков не было возможности защититься от агрессии со стороны другой команды. Может быть, окситоцин способствует принятию превентивных мер, своего рода упреждающих ударов, целью которых является защита группы от внешнего врага?

Чтобы ответить на эти вопросы, был поставлен третий эксперимент, в котором каждый игрок должен был от лица своей команды решить, будет ли он сотрудничать с командой соперников. Представитель второй команды, со своей стороны, должен был принять такое же решение. При этом игроки ничего не знали о решениях, принятых другими игроками.

Распределение выигрышей строилось, как и раньше, по принципу "дилеммы заключенного", только на этот раз речь шла о сотрудничестве между командами, а не между членами одной и той же команды. Если представители обеих команд выражали готовность сотрудничать, все получали по 1 евро. Если оба представителя отказывались сотрудничать, все получали по 0,6 евро. Если игрок отказывался сотрудничать, а

представитель другой команды соглашался, то первая команда оказывалась в выигрыше. Величина этого выигрыша могла быть большой (члены первой команды получали по 1,4 евро) или маленькой (1,1 евро). Манипулируя этим показателем, исследователи могли выяснить, в какой степени влияет на решения игроков жадность, то есть желание обогатиться за счет противников. Если игрок соглашался сотрудничать, а представитель другой команды отказывался, то первая команда оказывалась в проигрыше, который мог быть большим (члены команды получали лишь по 0,2 евро) или маленьким (0,5 евро). Сравнение этих вариантов позволяло оценить влияние страха, или желания защитить себя и свою команду от возможных враждебных действий со стороны противников.

Оказалось, что окситоцин повышает частоту "актов агрессии" по отношению к соперникам (то есть отказов от сотрудничества, что всегда ущемляло интересы противников), но не всегда, а только если такое поведение мотивировалось страхом, то есть желанием защитить группу. Окситоцин не стимулировал враждебность к чужакам под действием жадности, но стимулировал ее под действием страха.

Эти выводы подтвердились результатами опросов испытуемых после игры. У участников, находившихся под действием окситоцина, выявилась повышенная готовность нанести "упреждающий удар" по соперникам, чтобы защитить команду от агрессии с их стороны. Без окситоцина стремление к таким действиям было выражено слабее. Окситоцин, однако, не усилил у игроков желание навредить соперникам из соображений "жадности", то есть для того, чтобы поживиться за их счет. Кроме того, окситоцин в этой игре, как и в первых двух экспериментах, повысил доверие к своим, но не повлиял на степень недоверия к чужим.

Исследование показало, что пароксиальный альтруизм действительно находится под контролем окситоциновой системы. Окситоцин улучшает отношение к своим и готовность их поддерживать и защищать, но не меняет отношения к чужакам. Окситоцин может даже стимулировать агрессию, но только в том случае, если она имеет характер "упреждающего удара" и направлена на защиту своей группы от возможных враждебных действий со стороны соперников. Окситоцин, однако, не вызывает у людей желания навредить чужакам "просто так", без всякой выгоды для себя, и не стимулирует агрессивные акты, основанные на корыстных мотивах. Иными словами, окситоцин может провоцировать "оборонительную", но не "наступательную"

агрессию.

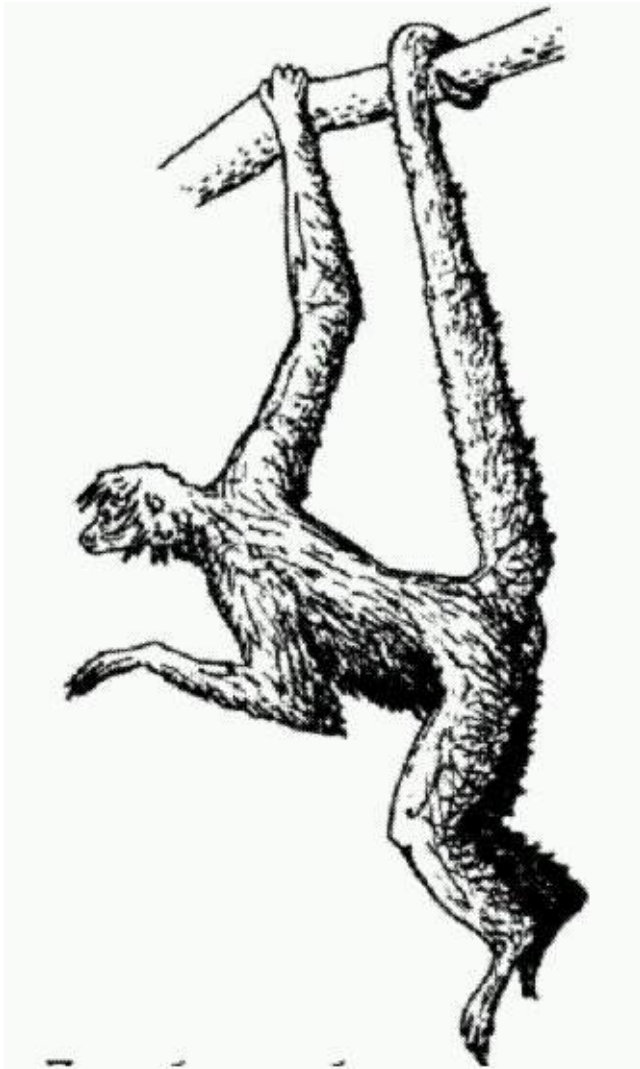
Обезьяньи войны

Групповое, "коалиционное" убийство себе подобных – редкое явление в животном мире. Оно характерно для ряда общественных насекомых (например, муравьев), а среди позвоночных отмечено лишь у нескольких видов: пятнистых гиен, волков, львов, африканских диких собак и некоторых приматов. Несмотря на редкость данного явления, интерес к нему очень велик, поскольку многие антропологи видят в нем истоки человеческой воинственности. Контекст смертоубийственных стычек может быть разным, но чаще всего встречаются три варианта: 1) прямое столкновение двух враждующих группировок; 2) коллективное нападение на чужака, вторгшегося на территорию группы; 3) попытка нескольких пришельцев сообща захватить власть в чужой группе.

Наибольшее внимание привлекают военные рейды шимпанзе, очень похожие на примитивные военные действия многих диких (или, как сейчас принято говорить, "традиционных") человеческих племен. Небольшие сплоченные группы шимпанзе иногда вторгаются на территорию соседней группы, преследуя единственную цель: поймать и избить, порой до смерти, какого-нибудь одиноко бродящего чужака. Не щадят при этом и детенышей.

Шимпанзе не страдают от избытка альтруизма, хотя бы и парохимального, поэтому "геройские" поступки им не свойственны: они предпочитают нападать только при подавляющем численном превосходстве. Дело иногда доходит до каннибализма: убитый "вражеский" детеныш может быть хладнокровно разорван на куски и съеден. Шимпанзе ценят белковую пищу, и непохоже, чтобы во время каннибальского пиршества они испытывали какие-то эмоции, кроме удовольствия от вкусной еды. По словам знаменитой исследовательницы поведения диких шимпанзе Джейн Гудолл, "животные, не относящиеся к группе, не только могут подвергнуться жестокой атаке, но и характер этой атаки может качественно отличаться от характера атаки при внутригрупповой агрессии. К жертвам нападения относятся скорее как к добыче, на которую шимпанзе охотятся; особей из других социальных групп уже не рассматривают как шимпанзе" (Гудолл, 1992).

Про войны шимпанзе написано много. Гораздо меньше известно про аналогичное поведение у других обезьян. Недавно антропологи из Мексики и Великобритании, в течение многих лет наблюдающие за паукообразными обезьянами в дремучих лесах полуострова Юкатан (Мексика), обнаружили, что самцы этих приматов, подобно шимпанзе и "традиционным" *Homo sapiens*, периодически совершают военные набеги на чужую территорию (Aureli et al., 2006). Ученые зарегистрировали семь таких рейдов, и хотя ни одного группового убийства наблюдать не удалось, многие особенности поведения налетчиков говорят о том, что целью набегов является если не убийство, то по крайней мере устрашение иноплеменников.



Паукообразные обезьяны живут на деревьях, а воют на земле.

Наблюдения проводились в лесах на южном берегу озера Пунта Лагуна, где проживают две группы паукообразных обезьян – восточная и западная, примерно по 20–40 обезьян в каждой (численность групп многократно менялась за годы наблюдений).

Вот описание одного из набегов:

Утром 11 октября 2002 года мы следовали за тремя половозрелыми самцами восточной группы. В 7:45 они спустились с деревьев на землю и в полном молчании единой колонной вступили на территорию западной группы. К сожалению, через несколько минут мы потеряли их... В 8:18 мы услышали громкий лай (сигнал тревоги) в отдалении и побежали на звук. Незадолго перед тем в ту сторону направилась самка из западной группы; чужаки могли напугать ее. Прибыв на место, откуда донесся лай, мы не обнаружили самок, зато нашли самцов из восточной группы, идущих по земле (в 8:22). Мы последовали за ними. Они двигались тихо, внимательно оглядываясь и прислушиваясь, затем залезли на дерево отдохнуть и занялись

груммингом, потом двинулись дальше... В 9:28 они встретили самку из западной группы, у которой, как мы знали, был грудной младенец. Самцы немедленно напали на нее. Старший и младший налетчики схватили ее и стали кусать (третий самец почти не участвовал в этом), самка громко кричала. Через несколько минут она была спасена своим взрослым сыном, внезапно появившимся на поле боя. Он прибежал по земле. Старший из разбойников напал на него, а освободившаяся мать бросилась на помощь сыну. Четыре обезьяны (два налетчика и два местных жителя) дрались около семи минут прямо перед четырьмя наблюдателями-людьми, полностью их игнорируя. В 9:35 самка и ее сын ушли прочь; самцы из восточной группы не стали их преследовать и отправились обратно на свою территорию. Младенец, которого было не видеть во время драки, присоединился к своей матери лишь после ухода врагов. Как ни странно, никто не получил серьезных ранений. Самцы вернулись на свою территорию в 10:15. За весь рейд они потратили на еду лишь 3 % времени. (Aureli et al., 2006).

Участники рейдов всегда передвигаются по земле, хотя для паукообразных обезьян характерен древесный образ жизни, и на землю они спускаются редко. Налетчики заходят далеко вглубь вражеской территории; идут они колонной, обычно со страшим самцом во главе, хранят полное молчание и стараются не наступать на ветки и вообще производить как можно меньше шума. Они почти не проявляют интереса к съедобным плодам (которых, впрочем, вполне хватает и на их собственной территории) и редко останавливаются для отдыха. Они держатся настороже, внимательно оглядываются и прислушиваются. Обнаружив "иноплеменников", нападают, хотя в драку вступают не всегда – иногда ограничиваются тем, что прогоняют чужака. Если встретившийся чужак – самка, готовая к размножению, ее обычно не трогают или только пугают, тогда как самка, не способная в данный момент к размножению (например, кормящая мать), может подвергнуться серьезному нападению. Рейд может длиться до трех часов.

Помимо чисто "террористических" целей налетчики, возможно, преследуют отчасти и амурные. В одном из рейдов старший из восточных разбойников после десятиминутной погони тихо скрылся в зарослях вместе с западной самкой; в другой раз западную самку заметили в теплой компании восточных самцов на их территории на другое утро после рейда.

Все это удивительно похоже на поведение шимпанзе – с той лишь разницей, что у паукообразных обезьян в рейдах участвовали только самцы (у шимпанзе иногда к группе самцов-налетчиков может присоединиться самка), и никто из "врагов" не был убит. Впрочем, и у шимпанзе во время боевых рейдов дело редко доходит до убийства: потребовались многие годы наблюдений, прежде чем был зарегистрирован первый случай (к настоящему времени таких случаев описано 11). У менее агрессивных бонобо никто пока не наблюдал не только убийств, но даже и самих рейдов.

Скорее всего, военные рейды паукообразных обезьян могут иногда заканчиваться убийством. Такое вполне могло произойти в описанном

выше случае, если бы на помощь атакованной самке не подоспел ее сын. При виде налетчиков обезьяны демонстрируют сильный испуг, громко зовут на помощь – и их соплеменники действительно спешат им на выручку, с треском проламываясь сквозь заросли. Появление защитников обычно обращает разбойников в бегство.

Одна из возможных причин того, что все семь рейдов закончились без жертв, состоит в том, что нападавшим ни разу не довелось наткнуться на одинокого самца. Им попадались либо самки, либо группы. Между тем шимпанзе во время боевых рейдов убивают почти исключительно самцов (10 случаев из 11). То же самое, кстати, справедливо и для людей из "традиционных" культур.

"Военная активность" у шимпанзе и паукообразных обезьян зависит от числа самцов в группе и от остроты конкуренции за самок. Если самцов мало, они не предпринимают боевых рейдов и не затевают смертоубийственных драк друг с другом.

Почему древесные обезьяны во время рейдов передвигаются по земле? Авторы считают, что так им легче подкрасться к врагу незамеченными. Во всех тех редких случаях, когда самцы передвигаются по земле на своей территории, они делают это с единственной целью – незаметно подкрасться к соплеменнику, на которого они собираются напасть. Ни самки, ни молодые особи никогда не совершают сколько-нибудь длительных прогулок по земле. Кстати, внутригрупповые конфликты у этих обезьян могут быть весьма жестоки: так, в апреле 2002 года, через неделю после первого зарегистрированного рейда, один из младших самцов восточной группы был убит своими сородичами (что свидетельствует о том, что паукообразные обезьяны способны к коллективному убийству). Шимпанзе тоже могут убивать "своих": например, старшие самцы могут забить до смерти молодого, если он не соблюдает субординацию и начинает держаться как высокоранговый. Что значит "держаться как высокоранговый"? Понаблюдайте за поведением обезьян в зоопарке. Даже дети *Ното сарпиенс* без труда, чуть не с первого взгляда, могут определить, кто в группе обезьян главный. Каждое движение вожака исполнено достоинства. Все как у нас, ошибиться невозможно.

Раньше, когда военные рейды были известны только у человека и шимпанзе, многие исследователи полагали, что это поведение унаследовано нами от общих с шимпанзе предков (а бонобо, происходящие от тех же предков, его вторично утратили). Наличие такого же поведения у паукообразных обезьян показывает, что оно могло возникать параллельно в разных группах обезьян. Ранее также считалось, что традиция военных рейдов развилась на основе навыков коллективной охоты, имеющих у человека и шимпанзе, тогда как для бонобо не характерно ни то, ни другое. Однако паукообразные обезьяны не знают коллективной охоты, что говорит о том, что "военные" навыки могли развиваться независимо от охотничьих.

Достаточно ли крови лилось в палеолите, чтобы обеспечить преимущество "генам альтруизма"?

Итак, обезьяны иногда воюют, но к бурному развитию парохильного альтруизма это не приводит. Что и не удивительно: для того чтобы межгрупповая вражда стала серьезным фактором, способствующим закреплению в генофонде популяции "генов парохильного альтруизма", эта вражда должна быть достаточно острой и кровопролитной. По-видимому, на каком-то этапе своей эволюционной истории наши предки начали воевать друг с другом куда более жестоко, чем другие обезьяны.

Можно предположить, что первопричиной обострения межгрупповых конфликтов стал переход от преимущественно растительной диеты к активной добыче падали в саванне. Произошло это, скорее всего, где-то на уровне хабилисов, примерно 2,3–1,8 млн лет назад. Как говорилось выше в разделе "Межгрупповая вражда способствует внутригрупповому сотрудничеству", одним из важных факторов, способствующих обострению межгрупповой конкуренции, является неравномерное распределение ресурсов. Если ресурс не "размазан тонким слоем" по обширной территории (как, например, трава в саванне или листья и в меньшей степени плоды в лесу), а встречается отдельными богатыми "пятнами" — здесь густо, а вокруг пусто, — и если к тому же этот ресурс очень ценный (питательный, как мясо) — конкуренция за такой ресурс может стать крайне острой. Мертвые туши крупных травоядных в саванне — яркий пример именно такого ресурса, очень ценного, распределенного в пространстве и времени исключительно неравномерно и большими порциями.

Кровопролитные конфликты, вероятно, не прекратились и с переходом от добычи падали к охоте на крупную дичь. Иначе наследственные поведенческие признаки, закрепившиеся в связи с острой конкуренцией у падальщиков, были бы быстро, по эволюционным масштабам времени, утрачены охотниками. Можно ли как-то проверить эти домыслы?

Антропологи пытаются это сделать при помощи математического моделирования, привлекая все доступные фактические данные для максимального приближения моделей к реальности. Что же показывают модели? Они показывают, что острая межгрупповая конкуренция

действительно может способствовать развитию внутригруппового альтруизма и кооперации, но только при выполнении определенных условий. Условий этих несколько, но наиболее важными являются три.

Во-первых, репродуктивный успех индивида должен напрямую зависеть от процветания группы (причем в понятие "репродуктивный успех" включаются любые способы передачи своих генов потомству — в том числе и через родственников, которым индивид помог выжить и которые имеют много общих с ним генов). В том, что это условие выполнялось в коллективах наших предков, сомневаться не приходится. Если группа проигрывает межгрупповой конфликт, часть ее членов погибает, а у выживших снижаются шансы вырастить здоровое и многочисленное потомство. Например, в ходе межплеменных войн у шимпанзе группы, проигрывающие в борьбе с соседями, постепенно теряют и своих членов, и территорию, то есть доступ к пищевым ресурсам.

Во-вторых, как мы уже говорили, межгрупповая вражда у наших предков должна была быть достаточно острой и кровопролитной. Доказать это значительно труднее, и среди антропологов бытуют разные точки зрения на сей счет.

Третье условие состоит в том, что средняя степень генетического родства между соплеменниками должна быть существенно выше, чем между группами. В противном случае естественный отбор не сможет поддержать жертвенное поведение (если исходить из предположения, что альтруизм не дает индивидууму никаких косвенных преимуществ — ни через повышение репутации, ни через благодарность облагодетельствованных соплеменников).

В 2009 году Сэмюэль Боулс из Института Санта-Фе (США), один из авторов теории сопряженной эволюции парохимального альтруизма и войн, на основе имеющихся археологических и этнографических данных попытался оценить, достаточно ли сильно враждовали между собой племена наших предков и достаточно ли высока была степень родства внутри группы по сравнению с межгрупповым родством, чтобы естественный отбор мог обеспечить развитие у них внутригруппового альтруизма (Bowles, 2009).

Сделав ряд правдоподобных допущений и упрощений (без которых невозможно никакое моделирование), Боулс вывел формулы, позволяющие оценить достижимый уровень развития альтруизма, то есть максимальное снижение собственного репродуктивного успеха по сравнению с соплеменниками-эгоистами, при котором естественный

отбор будет благоприятствовать распространению генов, обеспечивающих такой уровень альтруизма. Боулс показал, что эта величина (с) зависит от четырех параметров:

1. **K** — интенсивность межгрупповых конфликтов, которую можно оценить по уровню смертности в войнах (точнее, по отношению числа погибших на войне к общему числу смертей за определенный интервал времени);

2. **X** — величина, показывающая, в какой степени повышение доли альтруистов (например, храбрых воинов, готовых умереть за свое племя) увеличивает вероятность победы в межгрупповом конфликте;

3. **F** — "коэффициент инбридинга" (инбридинг — близкородственное скрещивание), показывающий, на сколько родство внутри группы превышает родство между враждующими группами;

4. **n** — размер группы.

Чтобы понять, в каком диапазоне могли меняться эти четыре параметра в популяциях первобытных людей, Боулс использовал множество источников данных. Интенсивность военных конфликтов у первобытных народов оценивалась на основе тщательно отобранных археологических данных по различным группам позднепалеолитических охотников-собирателей, живших от 14–16 тыс. до 200–300 лет назад (в последнем случае это были данные по индейцам Калифорнии и Британской Колумбии). При этом использовались всевозможные поправки (например, были учтены данные, полученные в США во время войн с индейцами, согласно которым лишь около трети стрел, попавших в человека, оставляют следы на костях). Использовались также этнографические данные по тем племенам охотников-собирателей, которые еще не успели испытать на себе влияние цивилизации и не знают ни земледелия, ни животноводства. Многие из этих племен вплоть до недавнего времени вели друг с другом кровопролитные войны (особенно богатый материал такого рода есть по австралийским аборигенам). Имеющиеся данные позволяют заключить, что отношение военных потерь к общей смертности взрослого населения в палеолите колебалось в пределах от 0,05 до 0,3, в среднем — около 0,15. Иными словами, от 5 до 30 % всех смертей приходилось на военные конфликты.

Это чудовищно высокий уровень кровопролитности. Даже в XX веке с его двумя мировыми войнами человечеству, по-видимому, не удалось побить палеолитический рекорд. По некоторым оценкам, в XX веке умерло всего около 4 млрд 126 млн человек, из них погибло во всевозможных крупных и мелких вооруженных конфликтах не более

185 млн, то есть 4,5 %.

Величина F для многих популяций охотников-собирателей известна благодаря усилиям генетиков, изучающих генетическое разнообразие человечества. Приблизительные размеры человеческих коллективов в палеолите тоже известны. В итоге остается только одна величина, которую практически невозможно оценить напрямую, — X , степень зависимости военных успехов группы от наличия в ней альтруистов (героев, храбрецов). Эта величина сильно зависит от характера конфликта, тактики боя (нападение из засады или прямое столкновение), вооружения, степени численного или технического превосходства одной из сторон, и так далее. Поэтому Боулс был вынужден ограничиться очень приблизительными, "интуитивными" оценками величины X и учитывать возможность ее варьирования в очень широких пределах.

Расчеты показали, что даже при самых низких значениях X естественный отбор в популяциях охотников-собирателей должен способствовать поддержанию высокого уровня внутригруппового альтруизма. "Высокий" уровень в данном случае соответствует величинам с порядка 0,02—0,03. Иными словами, "ген альтруизма" будет распространяться в популяции, если шансы выжить и оставить потомство у носителя такого гена на 2–3% ниже, чем у соплеменника-эгоиста. Может показаться, что 2–3% — это не очень высокий уровень самопожертвования. Однако на самом деле это весьма значительная величина. Боулс наглядно показал это при помощи двух несложных расчетов.

Пусть изначальная частота встречаемости данного аллеля в популяции равна 0,9. Если репродуктивный успех носителей этого аллеля на 3 % ниже, чем у носителей других аллелей, то уже через 150 поколений (*для людей это примерно 2000–4000 лет, ничтожный срок по эволюционным меркам*) частота встречаемости "вредного" аллеля снизится с 90 до 10 %. Таким образом, с точки зрения естественного отбора трехпроцентное снижение приспособленности — очень дорогая цена.

Теперь попробуем взглянуть на ту же самую величину (3 %) с "военной" точки зрения. Альтруизм на войне проявляется в том, что воины бросаются на врагов, не щадя своей жизни, в то время как эгоисты прячутся за их спинами. Предположим, что герои-альтруисты не имеют никаких преимуществ в мирное время (что их выживаемость и число детей такие же, как у эгоистов). Все расчеты Боулса строятся на

этом допущении. Предположим также для простоты, что в случае поражения в войне с соседним племенем побежденные — как альтруисты, так и эгоисты — подвергаются полному уничтожению. За победу платят своими жизнями только альтруисты.

На самом деле конфликты между первобытными племенами, по-видимому, далеко не всегда заканчивались полным истреблением побежденных, но Боулс специально пересчитал имеющиеся данные по военной смертности у палеолитических охотников-собирателей в такие тотальные "войны на уничтожение". Естественно, после такого пересчета частота конфликтов оказывается низкой — реже чем раз в поколение. На основе этих допущений можно рассчитать, сколько альтруистов должно погибнуть в победоносной войне, чтобы величина оказалась равной 0,03. Расчеты показали, что в этих условиях военная смертность среди альтруистов должна составлять свыше 20 %, то есть всякий раз, когда племя сталкивается с соседями не на жизнь, а на смерть, каждый пятый альтруист должен пожертвовать жизнью ради общей победы. Надо признать, что это не такой уж низкий уровень героизма.

Таким образом, уровень межгрупповой агрессии у первобытных охотников-собирателей был достаточен для того, чтобы "гены альтруизма" распространялись в человеческой популяции. Этот механизм работал бы даже в том случае, если внутри каждой группы отбор благоприятствовал исключительно эгоистам. А ведь это условие, скорее всего, соблюдалось далеко не всегда. Самоотверженность и военные подвиги могли повышать репутацию, популярность и, следовательно, репродуктивный успех людей в мирное время.

Модель Боулса вполне приложима не только к наследственным (генетическим) аспектам альтруизма, но и к культурным, передающимся путем обучения и воспитания. Она даже лучше объясняет вторые, чем первые, потому что культура и традиции соседних групп охотников-собирателей обычно различаются намного сильнее, чем их гены.

Нравственность основана на эмоциях, а не на рассудке

Достижения генетики, нейробиологии, экспериментальной психологии и смежных наук сегодня уже не оставляют места для сомнений в том, что человеческая нравственность имеет не только культурно-социальную, но и отчасти биологическую природу. Ясно, что отбор зафиксировал в геномах наших предков определенные мутации, склоняющие нас к просоциальному (то есть общественно-полезному) поведению. Найти эти "моральные" мутации в геноме человека генетики по-честному пытаются, но улов пока, как мы знаем, не очень велик. В ходе эволюции гоминид отбор действовал на многие гены, регулирующие развитие и работу мозга, включая систему эмоциональной регуляции поведения. Выше мы говорили о некоторых из них: *ASPM*, микроцефалии, *FOXP2*, продинорфин. Однако биологический смысл закрепившихся в этих генах мутаций выяснить трудно. Шла бы речь о мышах — давно бы все выяснили, но на высших приматах нельзя ставить генно-инженерные эксперименты (и очень хорошо, что нельзя). Пока генетики придумывают обходные маневры, можно подойти к проблеме с другого конца — нейробиологического. Для начала хорошо бы выяснить, какие отделы мозга ответственны за вынесение моральных суждений.

Нейробиологи в последние несколько лет занялись этой проблемой вплотную и уже успели выяснить ряд важных фактов. Например, в 2008 году журнал *Science* опубликовал статью, в которой американские нейробиологи на основе данных, полученных при помощи психологических тестов, магнитно-резонансной томографии и сложной статистики, сумели разрешить один давний философский спор (*пожалуй, "разрешить" — все-таки слишком громко сказано. Давние философские споры, по-моему, вообще невозможно "разрешить" до тех пор, пока они остаются философскими. Но естественные науки тем и прекрасны, что умеют перетаскивать к себе из области философии все интересные вопросы*).

Речь в статье идет о классической проблеме выбора между справедливостью (или равенством) и общей эффективностью (или суммарной пользой) принимаемого решения. Вот типичный пример такой дилеммы. Допустим, вы — водитель грузовика, везущий 100 кг

еды жителям двух голодающих деревень. Вы можете распределить еду поровну между деревнями, но это долго, и 20 кг продуктов успеют испортиться. Однако вы можете сохранить все продукты в целости, если отдадите их жителям только одной из двух деревень. В первом случае пострадает эффективность, но будет соблюдена справедливость, а во втором — наоборот.

Философы-моралисты издавна ломают копья по этому поводу. Одни считают, что превыше всего эффективность, или "суммарное количество пользы", независимо от равномерности распределения благ между людьми. Другие, наоборот, полагают, что решение, максимизирующее суммарную пользу, может быть безнравственным, если оно идет вразрез с принципами справедливости (правды, долга и т. п.) Бурные философские споры идут и по вопросу о роли эмоций в решении подобных дилемм. Одна философская школа (когнитивисты), следуя за Платоном и Кантом, подчеркивает роль рассудка. Понятие о справедливости рассматривается как результат развития абстрактного мышления и формальной логики. Другие (их называют моральными сентименталистами), следуя за Дэвидом Юмом и Адамом Смитом, полагают, что представление о справедливости уходит корнями в эмоциональную сферу и основано на сопереживании и симпатии.

Первый спор трудно разрешить нейробиологическими методами — естественные науки вообще слабо приспособлены для выяснения вопроса, что хорошо, а что плохо. Их главная задача — расшифровка причин и механизмов наблюдаемых явлений, а не вынесение им моральных оценок (*это относится и к эволюционной психологии. Если выясняется, что та или иная особенность нашего поведения имеет эволюционные корни, это абсолютно ничего не говорит о том, хорошим или плохим мы должны считать такое поведение сегодня. Скажем, моногамия и ксенофобия — два человеческих свойства с одинаково глубокими и прочными эволюционными корнями. При этом первое из них, по-моему, довольно хорошее, а второе — отвратительное*). Зато второй спор вполне возможно разрешить естественнонаучными методами. Для этого достаточно выяснить, какие области мозга активизируются при решении этических дилемм — эмоциональные или рассудочные. Именно это и попытались сделать американские нейробиологи (Hsu et al., 2008).

В эксперименте приняли участие 26 добровольцев (17 женщин и девять мужчин) в возрасте от 29 до 55 лет, здоровые и имеющие высшее образование. Испытуемым было предложено принять ряд решений по

распределению денежных средств, выделенных на питание детей в одном из детских домов Уганды. Участников ознакомили с именами и краткими биографиями 60 детей-сирот, причем и детский дом, и дети были настоящие. Испытуемые имели возможность сделать денежное пожертвование в пользу детей, и они пожертвовали в среднем по \$87. Затем испытуемым было объявлено, что решения, которые они примут в ходе тестирования, будут реально учтены при распределении денег между детьми. Для наглядности все денежные суммы переводились в количество порций еды по нынешним угандийским ценам (сумма, необходимая для пропитания одного ребенка в течение месяца, составляет сегодня в Уганде пять долларов США). Тесты были составлены таким образом, чтобы испытуемые, выбирая один из двух вариантов распределения средств, вынуждены были каждый раз делать выбор между эффективностью и справедливостью. В первом случае голодным детям доставалось в сумме больше еды, но распределялась она между детьми очень неравномерно. Во втором — дележка была более честная, но суммарное количество еды уменьшалось.

Одни испытуемые чаще выбирали эффективность, другие — справедливость. Пока они проходили тесты, работа их мозга регистрировалась при помощи ФМРТ. Главный смысл работы состоял в том, чтобы выявить участки мозга, избирательно реагирующие на отдельные составляющие этической дилеммы, обозначенные исследователями как эффективность, справедливость и общая польза (интегральная оценка качества достигнутого результата, основанная на совместном учете двух предыдущих показателей). Чтобы вычлениить эти компоненты и оценить их количественно, результаты тестирования были подвергнуты сложной статистической обработке.

Для каждого испытуемого был вычислен коэффициент a , отражающий степень неприятия несправедливости (или стремления к равенству). Затем для каждого теста были вычислены следующие показатели: 1) эффективность принятого решения, точнее, достигнутый выигрыш в эффективности (dM) — суммарное количество порций, доставшихся детям в выбранном варианте, по сравнению с количеством порций, которое досталось бы им в другом варианте; 2) "проигрыш в справедливости" (dG) — степень неравномерности распределения порций между детьми в выбранном варианте по сравнению с отвергнутым вариантом; 3) общая польза ($dU = dM - adG$, где a — средняя степень неприятия несправедливости испытуемыми).

Затем на основе данных ФМРТ были выявлены участки мозга,

активность которых коррелирует со значениями этих показателей. Вот тут-то и обнаружилось самое интересное и неожиданное. Для каждого из трех показателей нашелся один (и только один!) маленький участок мозга, активность которого в ходе тестирования коррелировала со значением данного показателя.

Для общей пользы (dU) таким участком оказалось хвостатое ядро. Эффективность принятого решения (dM) коррелировала с активностью скорлупы. Для dG — меры несправедливости — ключевым участком мозга оказалась кора островка, область, связанная с чувством эмпатии (сопереживания). Похоже, здесь же формируется и чувство справедливости. Корреляция между dG и активностью коры островка наблюдалась на этапах обдумывания ситуации и принятия решения. Наблюдая за активностью коры островка, можно было предсказать, какое решение примет испытуемый: высокая активность предвещала решительный выбор в пользу справедливости (и в ущерб эффективности).

Все три выявленные области мозга ассоциируются с эмоциональной, а не рассудочной сферой психики. Это, конечно, не значит, что этические решения принимаются без участия рассудка. Рассудок, надо полагать, тоже в этом участвует, но активность соответствующих рассудочных областей мозга оказывается примерно одинаковой в разных ситуациях и не зависит от того, какой будет сделан выбор — в пользу эффективности или справедливости. Рассудок, может быть, что-то там просчитывает, но окончательное решение, по-видимому, строится все-таки на основе эмоций.

Авторы рассматривают полученные результаты как весомый довод в пользу моральных сентименталистов. Ясно, что решение этических дилемм неразрывно связано с эмоциями, причем эмоциональная оценка эффективности, справедливости и общей пользы принимаемого решения осуществляется, как выяснилось, тремя разными отделами мозга. При принятии решения происходит нечто вроде взвешивания баланса сил (то есть эмоций) или судебного разбирательства: кора островка защищает интересы справедливости, а скорлупа "голосует" за эффективность. Баланс противоречивых желаний подводит хвостатое ядро. По той же схеме, путем сопоставления сигналов от разных участков — "представителей" спорящих сторон, мозг, по-видимому, принимает решения и в других спорных ситуациях, например когда нужно сопоставить риск и возможный выигрыш.

Что касается хвостатого ядра и прилегающей к нему области

прозрачной перегородки (septum pellucidum), то новые результаты хорошо согласуются с данными, полученными ранее, согласно которым этот участок мозга играет важную роль в интеграции различных психических "переменных", в вынесении "социально ориентированных" оценок, а также в таких явлениях и поступках, как доверие к другим людям или жертвование на благотворительные нужды.

Мораль и отвращение

Что ж, приходится признать, что многие наши моральные оценки и суждения основаны больше на эмоциях, чем на рассудке. Но хорошо ли это? Могут ли эмоции служить надежной основой благополучного существования и развития социума? Ведь это не обязательно должно быть так. В ходе эволюции гоминид древняя система эмоциональной регуляции поведения подверглась определенным модификациям, направленность которых мы можем определить исходя из чисто теоретических соображений. Эти модификации должны были повышать репродуктивный успех людей каменного века. Они были выгодны генам хабилисов, эректусов, гейдельбержцев и ранних сапиенсов. Вовсе не факт, что они выгодны генам современных горожан. Тем более самим горожанам. Тем более обществу, которое эти горожане образуют.

Эволюция идет медленно, она не может поспеть за быстро меняющейся жизнью. Поэтому большинство адаптаций у всех живых существ ориентированы не на нынешние условия, а на условия более или менее далекого прошлого (и хорошо, если с тех пор условия не сильно изменились). К тому же адаптации всегда ориентированы на интересы генов, а не организмов. Если у нас есть врожденная склонность считать какие-то поступки хорошими, то единственный "высший смысл", стоящий за этой склонностью, вполне может состоять в том, что генам эректусов было почему-то выгодно, чтобы эректусам нравились такие поступки. Гены эректусов от этого лучше тиражировались. На здоровье, но при чем тут мы?

Однако до сих пор не только дилетанты, но и некоторые эксперты твердо убеждены, что эмоции, интуитивные побуждения и прочие природные позывы — вполне надежные критерии истинности в этических вопросах. Эта точка зрения основана на предположении, или, скорее, на интуитивной убежденности в том, что первая, непосредственная, не затуманенная всяческими умствованиями эмоциональная реакция и есть самая верная, потому что она идет "из глубины души" и несет в себе "глубинную мудрость". Голос сердца, одним словом. На это особенно нападают противники клонирования, стволовых клеток, искусственного осеменения и других технологий, "покушающихся на самое святое" и "вызывающих естественное отторжение".

Тем временем дотошные нейробиологи проникают все глубже в пресловутые "глубины души", и то, что они там находят, не всегда похоже на мудрость, которую следует почитать превыше рассудка.

Несколько исследовательских коллективов в последние годы активно изучают природу отвращения — одной из базовых человеческих эмоций, которая, как выясняется, сильно влияет на общественную мораль и социальные отношения (Jones, 2007).

Нельзя сказать, чтобы отвращение было исключительно человеческим чувством: другим животным оно тоже свойственно, но в меньшей степени и в гораздо более простых формах. И обезьяна, и кошка, и новорожденный младенец, взяв в рот что-нибудь неприятное на вкус, могут выплюнуть это с характерной гримасой. Но от "невкусно" до "противно" немалая дистанция. Только человек, вышедший из младенческого возраста, способен отказаться от пищи лишь на том основании, что она не там лежала или не к тому прикасалась. Пол Розин из Пенсильванского университета, один из пионеров в данной области исследований, полагает, что по мере развития разума первичная, унаследованная от далеких предков эмоция резко расширилась, включив в себя, в частности, идею контакта, перенесения "скверны" путем прикосновения. Так, добровольцы, участвовавшие в экспериментах Розина, наотрез отказывались пить сок, к которому прикоснулся усиком простерилизованный таракан, или есть из безупречно чистого ночного горшка. Из этой особенности первобытного мышления, очевидно, выросла так называемая контагиозная магия (См.: Фрезер Дж. "Золотая ветвь", глава 3. <http://www.psylib.ukrweb.net/books/freze01/txt03.htm>). У других животных и новорожденных детей ничего подобного не наблюдается.

Биологический, эволюционный смысл отвращения более-менее понятен: это вполне адаптивное, способствующее выживанию стремление избежать контактов с заразой, не есть негодную и опасную пищу, а также сохранить собственную целостность, удерживая внутри то, что должно быть внутри (например, кровь), и снаружи то, что должно быть снаружи (например, фекалии).

Отвращение у людей отчетливо делится на "первичное" — это практически бессознательная психическая реакция на всякие мерзости — и "вторичное", или моральное, касающееся более абстрактных предметов, таких как идея клонирования. Связь между ними самая тесная. Во всех без исключения человеческих культурах принято распространять слова и понятия, обозначающие объекты первичного

отвращения, на людей, нарушающих моральные и общественные нормы, — например, на лживых политиков и продажных чиновников. Люди, клейменые таким образом, могут даже восприниматься как источник некоей мистической "заразы" вроде каких-нибудь тараканов. К примеру, предложение надеть на себя хорошо выстиранный свитер Гитлера не вызывает у большинства людей ни малейшего энтузиазма. По мнению Розина, это означает, что идея "заразности" в человеческом сознании распространяется и на моральные качества личности, иначе чем объяснить неприязнь к ни в чем не повинному свитеру.

Психолог Пол Блум из Йельского университета настроен более скептически: по его мнению, настоящее отвращение люди испытывают только к тем абстрактным идеям, которые непосредственно ассоциируются с объектами первичного отвращения, а во всех остальных случаях (например, когда говорят об "отвратительных политических технологиях") это не более чем метафора.

Джонатан Хайдт из Вирджинского университета полагает, что нашел доказательство единой физиологической природы первичного и морального отвращения: ему удалось экспериментально показать, что обе эмоции приводят к замедлению пульса, а при особенно острой реакции — еще и к чувству "комка в горле". По мнению Хайдта, это показывает, что моральное отвращение — никакая не метафора, а самое настоящее отвращение.

Бразильский нейробиолог Жоржи Молл пришел к сходным выводам, наблюдая за активностью мозга испытуемых при помощи ФМРТ. Оказалось, что при первичном и моральном отвращении возбуждаются одни и те же области мозга, а именно боковая и средняя орбитофронтальная кора, — эти области отвечают и за некоторые другие неприятные переживания, такие как сожаление об упущенных возможностях. Однако выявились и различия: моральное отвращение связано с более сильным возбуждением передней части орбитофронтальной коры, которая считается более эволюционно молодой и, по-видимому, отвечает за обработку наиболее абстрактных эмоциональных ассоциаций.

Независимо от того, являются ли первичное и моральное отвращение одним и тем же или разными чувствами, первичное отвращение само по себе может оказывать вполне реальное влияние на наши моральные суждения и оценки и, как следствие, на наше отношение к людям и социальное поведение. Психологи из Принстонского университета при помощи ФМРТ показали, что

возбуждение отделов мозга, отвечающих за страх и отвращение, снижает активность тех отделов, которые отвечают за жалость, сочувствие и вообще за восприятие других людей как людей (в отличие от неодушевленных объектов). Иными словами, вид противного грязного бомжа автоматически вызывает чувство отвращения, которое мешает нам помыслить об этом человеке как о личности, заставляя воспринимать его как "кучу мусора".

Отвращение, шерсть и блохи

Шимпанзе и другие наши ближайшие родственники не ночуют две ночи подряд на одном месте, поэтому с гигиеной у них нет проблем и для выживания им не обязательно испытывать чувство отвращения ко всяким пакостям. Они могут с легким сердцем нагадить поутру в собственное гнездо, где провели ночь, потому что возвращаться сюда никто не собирается. Когда у ранних *Ното* в связи с изменением способов добычи пропитания и разделением труда между полами появились постоянные базы, где люди подолгу жили в тесном контакте друг с другом, эти проблемы встали во весь рост. Поначалу несчастные предки, скорее всего, тонули в отбросах и дурели от расплодившихся вшей. Результатом, по-видимому, стали три крупных эволюционных изменения: 1) появился новый вид насекомых — человеческая блоха, *Pulex irritans*. Вши есть и у нечеловеческих обезьян, а вот блохи бывают только у животных с постоянным логовом, потому что большая часть жизни блохи проходит не на теле жертвы, а среди всякой трухи на полу жилища; 2) люди приобрели чувство отвращения, наводившее их обезьяньи мозги на правильные с гигиенической точки зрения мысли; 3) они утратили большую часть волосяного покрова, чтобы ограничить поле деятельности вшей (хотя, конечно, есть и другие гипотезы происхождения человеческой безволосости).

Розин, Хайдт и некоторые их коллеги предполагают, что отвращение может играть существенную — и в основном негативную — роль в жизни человеческих коллективов. Если изначально отвращение выполняло в основном функции гигиенического характера, то в ходе дальнейшей эволюции это чувство, похоже, было "рекрутировано" для выполнения совсем иных, чисто социальных задач. Объект, вызывающий отвращение, должен быть отброшен, изолирован или уничтожен, от него необходимо дистанцироваться. Это делает отвращение идеальным сырым материалом для развития такого мощного механизма поддержания целостности группы, как ксенофобия. Сплоченность группы повышала ее шансы на выживание, а противостояние внешним врагам — наилучший способ добиться максимальной сплоченности.

Возможно, еще на заре человеческой истории наши предки научились испытывать отвращение к разного рода чужакам, "не нашим",

"не таким, как мы". Известный психолог из Гарвардского университета Марк Хаузер (Его книга "Мораль и разум" издана на русском языке в 2008 году) отмечает, что непростые отношения между группами бывают не только у человека, но и у других общественных животных, которые тоже прекрасно умеют отличать своих от чужих. Но люди почему-то особенно сильно заиклены на своих межгрупповых различиях и придают им по сравнению с другими животными непомерно большое значение. Для подчеркивания межгрупповых различий сплошь и рядом привлекаются морально-нравственные оценки, в том числе основанные на чувстве отвращения (к примеру, русское слово "поганый" исходно значило всего-навсего "иноверец, язычник"). По словам Хайдта, если первичное отвращение помогало выжить индивидууму, то моральное отвращение помогало выжить коллективу, сохранить целостность социума — "и именно здесь отвращение проявляет себя с самой отвратительной стороны".

Политики во все времена активно использовали отвращение как инструмент сплочения и подчинения коллективов, натравливания одних групп на другие. Нацистская пропаганда называла евреев крысами и тараканами. Те же эпитеты применяли к своим противникам инициаторы массовой резни в Руанде в 1994 году. Если люди начинают испытывать отвращение к чужакам, они уже не могут воспринимать их как людей, чувствовать жалость или сострадание.

По мнению Молла и других экспертов, отвращение и по сей день служит источником предвзятости и агрессии. Нужно десять раз подумать, прежде чем принимать решения на основе подобных эмоций, идущих "из глубины души". История это подтверждает. Были времена, когда омерзительными, нечистыми считались, к примеру, женщины (особенно во время менструации), психически неполноценные люди или межрасовый секс. Сегодня мало кто в цивилизованных странах будет защищать подобные взгляды, и многие действительно — на физическом уровне — перестали испытывать отвращение ко всему перечисленному. Если в прошлом отвращение не было хорошим моральным индикатором, то с чего бы ему стать таковым сегодня? Во многих случаях то, что кажется нам отвратительным, действительно плохо и вредно, но это не значит, что цивилизованные люди должны строить свои отношения на психологических пережитках далекого эволюционного прошлого.

Известно, что люди сильно различаются по степени выраженности эмоции первичного отвращения: одни чуть в обморок не падают при

виде таракана или неспущенной воды в унитазе, а другим хоть бы что. Блум и его коллеги обнаружили значимую корреляцию между этим показателем и политическими убеждениями. Люди, склонные испытывать сильное отвращение к "первичным" стимулам, чаще придерживаются консервативных взглядов и являются убежденными противниками клонирования, генно-модифицированных продуктов, гомосексуализма, мини-юбок, искусственного осеменения и прочих безобразий. Люди с пониженной брезгливостью, напротив, обычно имеют либеральные взгляды и просто не могут понять, отчего все вышеперечисленное может кому-то казаться отвратительным.

ГЛАВА 6. ЖЕРТВЫ ЭВОЛЮЦИИ

В поисках компромисса

Было время, когда многие биологи на полном серьезе допускали, что каждый признак любого организма имеет адаптивное значение, "для чего-то служит". Они рассуждали примерно так: "Хоть мы и не знаем, зачем этому жуку четыре щетинки на задней лапке (а не три и не пять, как у его родственников), но мы знаем точно, что этот признак появился в результате эволюции под действием естественного отбора. Стало быть, для данного жука такое число щетинок является оптимальным. С любым другим числом щетинок он был бы хуже приспособлен к своей среде обитания".

Сейчас так уже никто не рассуждает. Американский эволюционист Стивен Гульд в шутку назвал такие взгляды панглоссианской парадигмой. Панглосс — литературный персонаж (из романа Вольтера "Кандид"), который был убежден, что все к лучшему в этом лучшем из миров.

Попробуем разобраться, почему не работает панглоссианская парадигма. Но сначала я вкратце напомню кое-какие азы эволюционной теории, которые, я надеюсь, уже вполне ясны читателю, добравшемуся до этой главы.

Эволюция, как мы знаем, процесс направленный. Основное ее содержание состоит в постепенном накоплении таких изменений в генах, которые способствуют их (генов) более эффективному тиражированию. Однако мозг *Homo sapiens* склонен интерпретировать направленные процессы в терминах **целенаправленности**. Поэтому нам удобно думать об эволюции как о процессе, у которого есть "цель", а эволюционирующим объектам приписывать некие "интересы". Помня о том, что все это не более чем удобные метафоры, можно сказать, что целью эволюции является забота об интересах генов. Интересы генов состоят в повышении эффективности своего размножения.

Гены, как правило, живут не поодиночке, а слаженными коллективами — геномами, каждый из которых формирует вокруг себя особую "машину для выживания и размножения" — организм. Все свойства организма, важные для выполнения его главной функции — тиражирования генов, определяются отчасти средой, отчасти самими генами. Поскольку организм у всех генов генома общий, они все одинаково заинтересованы в том, чтобы жизнеспособность организма

была высокой и чтобы он получше помогал им себя тиражировать. Это позволяет нам приписать "интересы" и организму тоже. Организм устроен и ведет себя так, как будто он заинтересован в том, чтобы оставить как можно больше жизнеспособного потомства. "Целью" эволюции является всемерное содействие организму в этом начинании.

Вот тут-то и начинаются проблемы. Дело в том, что возможности эволюции по совершенствованию организмов далеко не безграничны. Механизм, лежащий в основе эволюции — избирательное размножение случайных мутаций, повышающих эффективность тиражирования генов (или попросту естественный отбор), — не умеет заглядывать в будущее. Он крайне близорук. Если возникнет мутация, выгодная здесь и сейчас, отбор ее поддержит. Если возникнет мутация, которая здесь и сейчас вредна, но может стать очень полезной в будущем (после того как возникнут еще две-три подходящие мутации), — такая мутация будет безжалостно отсеяна. Поэтому эволюционирующие организмы часто оказываются в **ловушке локального максимума приспособленности**. Для таких организмов любое небольшое отклонение от их нынешнего состояния вредно. При этом последовательность из нескольких небольших отклонений в определенном направлении смогла бы вывести их в новую область "адаптивного пространства", где для них открылись бы замечательные новые возможности. Но отбор не может просчитать траекторию на шаг вперед, и поэтому все отклонения в любом направлении, в том числе и в этом перспективном, тупо отбраковываются.

Ловушки локальных максимумов приспособленности — лишь одна из причин несовершенства организмов. Есть и другие. Об этом хорошо написал Ричард Докинз в книге "Расширенный фенотип" в главе "Пределы совершенства". Эволюция — бесконечный поиск компромиссов. Невозможно создать организм, который плавал бы в воде как тунец, а по суше бегал как джейран. Невозможно создать организм, который был бы защищен от всех врагов непробиваемым панцирем и одновременно хорошо летал. Прочность панциря положительно коррелирует с его весом, а для полета тело нужно облегчать. За каждую адаптацию приходится платить уменьшением возможностей развития других адаптаций.

Многие признаки "сцеплены" между собой, так что изменение одного признака автоматически приводит к изменению другого. Сцепленность признаков напрямую вытекает из базовых принципов индивидуального развития многоклеточных организмов. Если говорить

совсем упрощенно, дело в том, что у любого организма признаков гораздо больше, чем генов в геноме. Например, в мозге человека примерно 10^{14} - 10^{15} синапсов, каждый из которых вполне можно рассматривать как отдельный фенотипический признак (отчасти приобретенный, то есть зависящий от обучения, но отчасти и врожденный — зависящий от генов). При этом число генов в человеческом геноме — лишь около $2,5 \times 10^4$.

Поэтому большинство генетических мутаций меняют не один, а сразу много признаков. В результате отбор, действующий на один признак, автоматически меняет и другие признаки. При этом только изменения первого признака являются адаптивными (только они "зачем-то нужны"), а все остальное — побочные эффекты.

Например, когда академик Д. К. Беляев и его сотрудники попытались вывести породу черно-бурых лисиц, дружелюбно настроенных к человеку, это удалось сделать, но в "нагрузку" к дружелюбию ученые получили целый букет побочных эффектов: вислые уши, хвост бубликом, низкое качество меха. А ведь "адаптивным" для лисиц было в данной ситуации только дружелюбие: только этот признак влиял на их репродуктивный успех в условиях эксперимента. По-видимому, дело в том, что развитие всех этих признаков контролируется одними и теми же гормонами. Отбор "зацепился" за какие-то генетические варианты (аллели), влияющие на гормональную регуляцию развития эмбриона.

Все эти ограничения распространяются и на эволюцию человека. Естественный отбор не может создать примата с быстрым, объективным, глубоким, никогда не ошибающимся разумом. Такой примат либо не пролезет ни в какие родовые пути, либо будет рождаться настолько недоразвитым и иметь такое долгое детство, что у родителей не хватит сил поставить его на ноги. А если даже и хватит, все равно за свою жизнь они сумеют "поднять" слишком мало таких башковитых детей, чтобы обеспечить устойчивое воспроизводство. В итоге крупноголовые формы будут вытеснены из популяции более эффективно размножающимися мелкоголовыми.

Поэтому вот так и живем. Что есть, тем и думаем. Эволюция выпустила нас в новый мир — мир культуры — с мозгом, размер и возможности которого были, с учетом всех ограничений, оптимальными для эффективного тиражирования генов людьми древнекаменного века. А вы чего хотели?

Лично я решительно не удовлетворен. Мне мало семи регистров рабочей памяти. Я хочу сто регистров, а лучше тысячу. Никому нет дела. Как говорится, хотеть не вредно.

Мы — удивительное и в некотором смысле даже высшее порождение эволюции. Но при этом мы и ее жертвы (*много интересных фактов о несовершенстве нашего мышления читатель найдет в книге Дж. Лерера "Как мы принимаем решения", недавно опубликованной на русском языке, а также в не переведенной пока книге Дэна Ариэли "Predictably Irrational" (2008)*).

Мозг работает на все сто

Не знаю, откуда пошел миф о том, что мозг человека работает не на всю мощность, а только на несколько процентов. Данные нейробиологии не дают никаких оснований предполагать, что в мозге есть неиспользуемые нейроны. Все участки работают, все нейроны время от времени генерируют потенциалы действия. Кровь по сосудам бежит, глюкоза потребляется, мысли шуршат, задачи решаются. Одним словом, процесс идет.

Другое дело, что один и тот же мозг может решать самые разные задачи. Человеческий мозг не абсолютно универсален, но все же он достаточно пластичен, чтобы научиться обрабатывать данные множеством разных способов. И он способен запомнить огромное количество самых разных сведений.

Охотник-собиратель (равно как и современный профессиональный зоолог или ботаник) без труда с первого взгляда различает сотни видов животных и растений. Современный горожанин запросто ориентируется в сотнях сортов колбасы и автомобилей. Скорее всего, они используют для этого одни и те же участки височных долей — верхнюю височную борозду и веретеновидную извилину. Никто из них не умнее другого. Никто из них не использует свой мозг полнее, чем другой.

Чтобы стать профессиональным шахматистом, нужны годы тренировок. Чтобы научиться делать хорошие леваллуазские отщепы, тоже нужны годы тренировок. Я уж не говорю о кловисских наконечниках. Гораздо легче научиться прилично играть в шахматы, чем сделать из куска кремня такой наконечник, не используя металлических инструментов. Палеолитический каменных дел мастер использовал свой мозг так же полно, как и современный шахматист, — на те же 100 %. Причем и ему тоже, я уверен, было бы легче научиться играть в шахматы.

Главное — не путать генетически обусловленные возможности мозга с достижениями культуры. Культура — вот что действительно развивается с огромной скоростью (и ускорением) последние 40 тысячелетий. Багаж знаний, накопленных поколениями, стремительно растет. Эти знания мы тщательно препарировали, переводим в легкоусваиваемую форму и скармливаем друг другу с ложечки: пишем книжки, снимаем телепередачи, рисуем комиксы, даем советы, проводим воспитательные беседы, отвечаем на детские вопросы. Все

меньше и меньше остается таких премудростей, до которых человеку нужно доходить своим умом. Мы получаем необходимую информацию в готовом виде от других людей. Это, собственно, и есть культура.

Если развитие культуры в последние 40 тыс. лет как-то и повлияло на врожденные свойства нашего мозга, то скорее отрицательно, чем положительно. Мозг достиг максимального объема в начале верхнего палеолита, а потом начал понемногу уменьшаться. Ведь мы помним, что мозг – дорогой орган, большеголовых детей трудно рожать, большеголовым людям нужно больше есть. Пока эти минусы перевешивались плюсами, мозг увеличивался. Но верхнепалеолитическая, а особенно неолитическая революция (появление сельского хозяйства), возможно, привели к уменьшению плюсов, преимуществ, обеспечиваемых очень крупным мозгом. Если не нужно до всего доходить своим умом, можно обойтись и мозгом попроще. А минусы остались те же. Вот мозг и начал уменьшаться с течением поколений. Поэтому не исключено, что люди верхнего палеолита были в среднем умнее нас.

В этой главе мы рассмотрим несколько недавних исследований, демонстрирующих те или иные аспекты ограниченности и несовершенства нашего мышления. Постепенно выясняется, что наш мозг, как правило, интерпретирует информацию и принимает решения далеко не самым логичным способом. Он "срезает углы", пытаясь сократить путь к цели (созданию мысленной модели ситуации, принятию решения) и полагаясь при этом на сомнительные с точки зрения логики ассоциации и забавные "маленькие хитрости". Кажется, эволюция пыталась оптимизировать мозг по быстродействию, при этом логичность и надежность выводов порой приносились в жертву. Людям каменного века, наверное, было выгоднее соображать быстро, пусть и с десятипроцентной вероятностью ошибки, чем "тормозить" лишнюю минуту, но зато снизить вероятность ошибки до 1 %. В полном опасностей мире пещерного человека скорость мышления, вероятно, часто была важнее его качества. Да и сегодня, пожалуй, это во многом так и осталось.

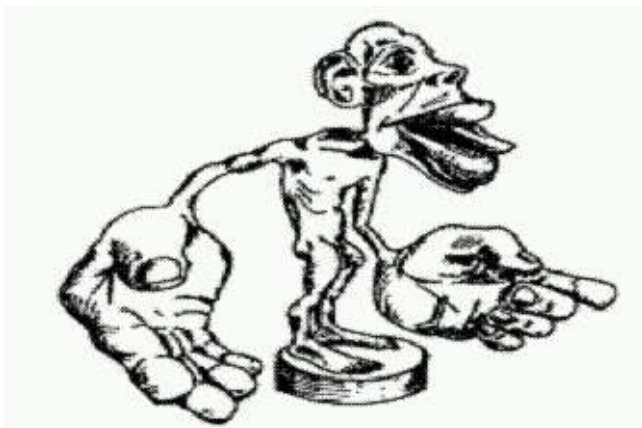
Тяжелые мысли важнее легких

Психологические эксперименты показывают, что человеческое мышление совсем не похоже на работу бесстрастного компьютера. Часто (возможно, даже слишком часто) наши суждения основаны не на логике, а на странных метафорических ассоциациях между совершенно не связанными между собой объектами, идеями и ощущениями. Например, мытье рук порождает в нашем сознании обобщенную идею освобождения от уз прошлого ("начало с чистого листа"), что ведет к снижению беспокойства по поводу былых грехов и ошибок (см. ниже). Было также замечено, что чувство холода тесно связано с идеей одиночества и отверженности.

Недавно американские психологи провели серию экспериментов, показавших роль тактильных (осязательных) ощущений в формировании наших суждений и в выборе стратегии поведения (*Ackerman et al., 2010*). Авторы сосредоточились на осязании, потому что это первое чувство, формирующееся в индивидуальном развитии человека, и некоторые факты указывают на то, что многие абстрактные понятия в ходе развития мышления как бы "вырастают" из этих первичных физических ощущений.

Исследовали три осязательных "измерения": тяжесть/легкость, шершавость/гладкость и твердость/мягкость. О связи этих ощущений с абстрактными понятиями свидетельствуют характерные слова и идиомы, распространенные во многих языках. Например, тяжесть ассоциируется с важностью и серьезностью, что видно из таких слов, как "весомый" и "легковесный". Другие ассоциации тоже вполне очевидны. Шершавость метафорически связана с грубостью и трениями в отношениях, гладкость — с отсутствием затруднений. Твердость ассоциируется со стойкостью, неуступчивостью или упрямством.

"Подопытными кроликами" в экспериментах были прохожие в окрестностях университетского кампуса. Экспериментаторы, просившие прохожих выполнить то или иное задание, сами не знали, какая гипотеза проверяется в ходе данного эксперимента, то есть опыты проводились "слепым" методом.



"Сенсорный гомункулюс": схематическое изображение человека с пропорциями, соответствующими представленности осязательных ощущений от различных частей тела в соматосенсорной коре головного мозга (соматосенсорная кора расположена в постцентральной извилине теменной доли). Чем больше размер участка коры, обрабатывающего тактильную информацию от соответствующей части тела, тем крупнее эта часть у гомункулюса. Видно, что главные наши "органы осязания" — это кисти рук.

В первом опыте прохожих просили оценить резюме одного из авторов статьи. Испытуемым говорили, что это нужно для сравнения оценок, даваемых профессионалами и случайными людьми. Половине прохожих резюме подавали в легкой, 340-граммовой, папке, половине — в тяжелой, набитой бумагами (2,04 кг). Знакомиться с резюме нужно было стоя (те участники, которые все-таки присели на лавочку, были исключены из рассмотрения). В полном соответствии с ожиданиями авторов те люди, которым пришлось держать тяжелую папку, оценили "претендента на рабочее место" как человека с серьезными намерениями, который будет ответственно относиться к своим обязанностям. Испытуемые, которым досталась легкая папка, охарактеризовали "соискателя" как более легковесную личность. Однако на оценку других качеств соискателя, не ассоциирующихся с тяжестью, вес папки не повлиял.

Второй опыт тоже был направлен на выявление связи между ощущением тяжести и идеями серьезности и важности. Прохожим предлагали список социальных проблем, среди которых были "важные" (экономическое развитие, борьба с загрязнением воздуха, финансирование образования) и "второстепенные" (такие как увеличение зарплаты почтовых работников или разработка единого

стандарта электрических розеток). Испытуемые должны были указать проблемы, на которые государству следует выделить больше средств. В данном случае значимая корреляция между весом папки и принятыми решениями обнаружилась только у мужчин: с легкой папкой в руках они выделяли больше средств на "второстепенные" проблемы. Что касается женщин, то они в обоих случаях почти все средства направили на "важные" дела.

Эти опыты показали, что ощущение тяжести активизирует в нашем мышлении идею "важности" и "серьезности" и смещает наши суждения и принимаемые решения в соответствующую сторону. Данная закономерность была независимо открыта голландскими психологами, которые опубликовали свои результаты в 2009 году (*Jostmann et al., 2009*), но американцы утверждают, что провели свои эксперименты еще до появления этой публикации.

В опытах № 3 и 4 изучалось влияние гладкости и шершавости. Сначала всех испытуемых просили собрать простой пазл — якобы для проверки сообразительности. При этом половине участников дали обычный пазл с гладкими детальками, а другим достались детальки, обклеенные наждачной бумагой. После этого в третьем эксперименте участников просили прочесть и оценить короткий текст, в котором был описан разговор двух человек. Эту сцену можно было воспринять по-разному: и как дружелюбную беседу (герои обменивались шуточками), и как враждебную перепалку (было произнесено несколько грубых слов). В соответствии с ожиданиями исследователей участники, собиравшие шершавый пазл, нашли отношения героев более напряженными.

В четвертом эксперименте после собирания пазла участники должны были сыграть в экономическую игру. Одному из испытуемых давали десять лотерейных билетиков, часть из которых он мог отдать второму игроку. Тот, в свою очередь, мог принять предложенное, и тогда каждый забирал свои билеты себе, а мог отказаться (например, обидевшись, что ему предложили слишком мало), и тогда все билеты у них отбирали, и оба оставались ни с чем. Авторы предполагали, что контакт с шершавыми предметами активизирует в сознании испытуемого представление о сложностях человеческих отношений и поэтому он не рискнет предлагать партнеру слишком мало билетов. Так и вышло: люди, собиравшие шершавый пазл, предлагали партнеру в среднем больше билетов, чем те, кто имел дело с гладкими детальками.

Таким образом, ощущение грубой, неровной поверхности активизирует представление о трениях и "шероховатостях" в

человеческих отношениях, что сказывается на наших суждениях и поступках.

В опытах № 5 и 6 испытуемым предлагалось ощупать твердый или мягкий объект. В пятом опыте прохожему говорили, что сейчас ему покажут фокус, а он должен будет разгадать секрет. Вначале ему предлагали ощупать предмет, с которым сейчас произойдет "чудо", и убедиться, что это совершенно обычная мягкая тряпочка (для первой половины испытуемых) или твердый деревянный кубик (для второй половины). После этого фокус откладывали (навсегда), а испытуемого просили прочесть такой же текст, как и в третьем опыте. На этот раз надо было оценить личные качества одного из героев. Как и ожидалось, люди, трогавшие твердый кубик, охарактеризовали героя как более строгого, упрямого и неуступчивого, чем те, кто трогал мягкую тряпочку. На оценки других качеств, не имеющих метафорической связи с твердостью, тактильные ощущения не повлияли.

В шестом опыте проверялось, может ли ощущение твердости/мягкости влиять на принимаемые решения. Человека сажали на стул с жестким или мягким сиденьем и просили вообразить, что он собрался покупать автомобиль, который стоит примерно 16,5 тысяч долларов, но есть возможность поторговаться. Испытуемым задавали два вопроса: 1) какую цену вы предложите продавцу с самого начала; 2) если продавец не примет ваше первое предложение, какую новую цену вы назовете?

Результаты и на этот раз подтвердили ожидания авторов. Жесткое сиденье не сделало людей более бережливыми (начальная цена не зависела от того, на чем человек сидел), но сделало их неуступчивыми, то есть "жесткими". Разница между первой и второй ценой у тех, кто сидел на жестком, оказалась достоверно меньше, чем у сидевших на мягком. Особенно сильной эта разница оказалась у тех испытуемых, которые действительно собирались в течение ближайшего года покупать автомобиль. Шестой эксперимент показал, что наши мысли и поступки зависят от тактильных ощущений, получаемых не только руками (нашим главным "органом осязания"), но и другими частями тела.

Разумеется, эти результаты не являются абсолютно новыми: ученые лишь подтвердили строгими методами то, о чем многие давно догадывались. О том, что осязание играет важную роль в принятии решений, даже если тактильные ощущения не имеют никакого касательства к существу дела, хорошо знают торговцы. Например, известно, что покупатель чувствует больше уверенности в качестве

того товара, который ему удалось потрогать, даже если поверхность упаковки не несет никакой информации о качестве товара. Известно также, что людям кажется более вкусной вода из твердой бутылки, чем из мягкой. Новые открытия американских психологов могут, конечно, быть использованы для манипуляции людьми, но их же можно использовать и для предотвращения таких манипуляций. Главное, что в результате таких исследований мы начинаем немножко лучше понимать сами себя.

С чистыми руками — в светлое будущее

Теория когнитивного диссонанса — одно из классических направлений в социальной психологии. Люди часто избавляются от психологического дискомфорта, порожденного противоречивыми мыслями или желаниями, путем пересмотра своих взглядов. Нам свойственно подводить "рациональную базу" под уже принятые решения и совершенные поступки и придумывать изощренные оправдания своим ошибкам и неудачам. Классической иллюстрацией этого явления является лиса из басни Эзопа, не сумевшая добраться до винограда и поэтому решившая, что он зелен. Не только "народная мудрость" и художественная литература, но и данные экспериментальной психологии убедительно показывают, что человек ведет себя как существо не столько рациональное, сколько рационализирующее.

Так, многочисленные эксперименты показали, что люди, вынужденные сделать выбор из двух равно привлекательных возможностей (например, между поездкой в отпуск в Париж или в Рим), в дальнейшем склонны преувеличивать преимущества того варианта, который они выбрали, и преуменьшать достоинства упущенной альтернативы. Таким способом люди избавляются от диссонанса после принятия решения, то есть от мучительных сомнений в правильности сделанного выбора, которые угрожают их высокому мнению о себе как о разумных существах, способных принимать правильные решения в сложных ситуациях.



Чтобы снять когнитивный диссонанс порожденный недостижимостью желанного лакомства, лисица подводит рациональную базу под свою неудачу: "На взгляд-то он хорош, да зелен — ягодки нет зрелой: тотчас оскомину набьешь".

Психологи из Мичиганского университета (США) обнаружили, что такое простое действие, как мытье рук, значительно ослабляет этот эффект (Lee, Schwarz, 2009). Ранее действие умывания на мышление изучалось в основном в связи с различными аспектами морали. Было показано, что мытье рук уменьшает чувство стыда за совершенные в прошлом дурные поступки, а также снижает влияние чувства отвращения на моральные оценки (Zhong, Liljenquist, 2006) (**о роли чувства отвращения в формировании моральных оценок см. в главе "Эволюция альтруизма"**). Это объясняли существованием в нашем мышлении метафорической связи (ассоциации) между физической и моральной чистотой. Новые данные говорят о том, что метафорический смысл омовения более широк: возможно, мозг воспринимает его как знак освобождения и очищения от прошлых сомнений и неприятных воспоминаний (по принципу "отряхнем его прах с наших ног").

В первом эксперименте участвовали 40 студентов. Их попросили выбрать из тридцати компакт-дисков с музыкой десять лучших, а затем ранжировать их по качеству. Студенты думали, что участвуют в маркетинговом исследовании. После выполнения задания каждому студенту предлагали в подарок — якобы от щедрот "спонсора" — один из двух дисков на выбор. Это были те диски, которые в "рейтинге" данного студента заняли позиции № 5 и 6. Выбрав подарок, каждый участник должен был оценить качество еще одного товара — жидкого мыла. При этом половине участников разрешали только осмотреть бутылочку, а другой половине предлагали испытать ее содержимое в деле, то есть помыть руки. Напоследок студентов просили провести повторное ранжирование тех же самых десяти дисков.

Студенты из первой группы (не помывшие рук) дали достоверно разные оценки качеству выбранного и отвергнутого дисков до и после выбора подарка. Тот диск, который они выбрали, получил при повторной оценке более высокий ранг, чем при первом ранжировании, а отвергнутый диск занял более низкую позицию в рейтинге. Этот результат был ожидаемым. Студенты изменили свое мнение о качестве музыки, чтобы подвести "рациональную базу" под сделанный ранее выбор.

Однако студенты из второй группы (те, которым в ходе выполнения задания пришлось помыть руки) оценили диски в обоих случаях одинаково.

Во втором эксперименте участвовали 85 студентов. Вместо дисков нужно было оценивать сорта фруктового джема, а жидкое мыло заменили антисептическими салфетками. Результаты получились точно такие же: студенты, "испытывавшие" салфетку, не изменили своего отношения к выбранному и отвергнутому джему, а те, кому пришлось оценивать качество салфетки только по ее внешнему виду, зависили оценку выбранного джема и стали хуже относиться к отвергнутому сорту при повторном ранжировании.

Авторы предполагают, что мытье рук порождает в нашем сознании обобщенную идею освобождения от уз прошлого ("начало с чистого листа"), что и приводит к снижению беспокойства по поводу былых грехов или ошибочного выбора. В обоих случаях когнитивный диссонанс, требующий компенсации путем пересмотра собственных взглядов и ценностей, может порождаться тем, что как безнравственные, так и просто ошибочные действия угрожают нашей самооценке. Ведь мы склонны считать себя хорошими и умными, то

есть высокоморальными и способными принимать правильные решения в спорных ситуациях.

Такие исследования наглядно показывают, насколько необъективен и нелогичен наш мыслительный аппарат, для которого чисто внутренние, "технические" потребности (такие как потребность сохранения высокой самооценки) подчас важнее рациональности и объективной картины мира (*чувство собственной важности — это гипертрофированная потребность в поддержании высокой самооценки. Возможно, именно поэтому я меньше доверяю мнению коллег, страдающих повышенной серьезностью и ЧСВ, по сравнению с теми, кто способен пошутить над собой и своими теориями. Н. В. Тимофеев-Ресовский говорил: "Не занимайся наукой со звериной серьезностью, науку надо делать весело и красиво, иначе нечего в нее и соваться". Естественно предположить, что в эгалитарном обществе должно быть меньше предпосылок для развития ЧСВ по сравнению с обществом, основанном на жесткой иерархии. Это одна из причин, в силу которых различия в политической организации общества могут влиять на развитие науки*). Наши на первый взгляд логичные умозаключения порой зависят от физических и физиологических факторов, не имеющих ни малейшего отношения к делу. Именно поэтому, кстати, не следует осуждать тех ученых, которые при помощи хитроумных и дорогостоящих экспериментов порой подтверждают вещи, кажущиеся самоочевидными. Подобная "очевидность" немногого стоит, а научный метод как раз для того и придуман, чтобы преодолевать несовершенства нашего природного мыслительного аппарата.

Проблемы с самооценкой

Особенно много досадных сбоев дает наш мыслительный аппарат в процессе общения с другими людьми. Мы склонны переоценивать себя и недооценивать собеседника, мы систематически неверно судим о способностях, шансах на успех, перспективах карьерного роста и личных качествах — как чужих, так и своих собственных (*Pronin, 2008*).

Некоторые из таких ошибок могут иметь адаптивный смысл: нам может быть выгодно иногда обманываться (или нашим генам выгодно, чтобы мы обманывались). В качестве примера можно привести хорошо известный феномен завышенного оптимизма по отношению к собственным возможностям и перспективам. Это помогает избежать депрессии и не впасть в состояние "выученной беспомощности" (*Жуков, 2007*). Другие сбои "социального интеллекта" не приносят ничего, кроме неприятностей, конфликтов и стрессов.

Каждый человек объективно заинтересован в том, чтобы правильно оценивать впечатление, производимое им на окружающих. Возможно, это одна из главных мыслительных задач, стоявших перед нашими предками с древнейших времен. Без этой способности едва ли можно рассчитывать на повышение собственного статуса (и на репродуктивный успех) в сложно устроенном коллективе приматов (см. главу "Общественный мозг"). И если естественный отбор за миллионы лет так и не сумел "настроить" наши мозги на эффективное решение данной задачи, то объяснить это можно лишь тем, что задача оказалась почему-то крайне сложной. Или, может быть, оптимизация мозга в этом направлении вступает в конфликт с другими важными ментальными функциями.

Обычно мы судим о других по себе, этот принцип лежит в основе нашего социального интеллекта, нашей "теории ума". Во многих случаях такая стратегия неплохо работает, но она оказывается малоэффективной при попытке оценить впечатление, производимое нами на других. Основную причину психологи видят в том, что человек располагает разнокачественными наборами данных о себе и окружающих: себя он воспринимает изнутри, со всеми своими мыслями, желаниями, воспоминаниями и фантазиями, а других видит только "снаружи" и судить о них может лишь по внешним проявлениям — поступкам, словам, манерам. И хотя мы прекрасно понимаем, что часть информации

о нашей личности для собеседника закрыта, тем не менее учесть это при оценке производимого нами впечатления нам удастся, мягко говоря, не всегда. Мы невольно — и порой вопреки всякой логике и очевидности — "перекладываем" в голову стороннего наблюдателя свои собственные знания, которыми тот явно не располагает.

Американские психологи в серии из четырех экспериментов наглядно продемонстрировали этот досадный сбой (как сказали бы компьютерщики, глюк) нашего мыслительного аппарата (*Chambers et al., 2008*). В экспериментах приняли участие четыре большие группы добровольцев — студентов американских университетов.

В первом эксперименте каждому испытуемому предлагали дважды сыграть в дартс: первый раз — потренироваться без свидетелей, второй — проделать то же самое в присутствии зрителей (незнакомых людей). Испытуемый затем должен был оценить по десятибалльной шкале, какое впечатление, по его мнению, он произвел на публику. Он должен был также оценить степень собственной удовлетворенности своим выступлением. Зрители в свою очередь должны были по той же десятибалльной шкале оценить мастерство выступавшего.

Статистическая обработка полученных данных показала, что оценка испытуемым произведенного им впечатления сильно коррелирует, во-первых, с тем, лучше или хуже он выступил перед публикой, чем во время тренировки, во-вторых, с его собственной субъективной оценкой своего выступления (выступил ли он лучше или хуже, чем сам ожидал). Участники, выступившие перед публикой лучше, чем во время приватной тренировки, ожидали от зрителей более высоких оценок независимо от показанного результата. Оценки зрителей, естественно, зависели только от показанного результата и не коррелировали ни с самооценкой выступавшего, ни с его результатом во время тренировки (которую никто из них не видел). Таким образом, испытуемый фактически ожидал от окружающих такой оценки, какую он сам себе вынес на основе информации, доступной только ему.

Второй эксперимент был призван показать, что ожидаемые оценки могут быть не только занижены, но и завышены в том случае, если во время публичного выступления испытуемый чувствует себя увереннее или находится в более благоприятных условиях, чем во время тренировки. На этот раз студентов просили дважды спеть фрагмент популярной песни *It's the End of the World As We Know It*. Первое исполнение было "тренировочным", а второе записывалось. Участникам сказали, что запись потом дадут послушать другим людям, и те

выставят свои оценки. При этом половине "певцов" выдали слова песни во время тренировки, а во время записи они должны были петь по памяти. Вторая половина, наоборот, тренировалась по памяти, а во время записи пользовалась бумажкой со словами. Это, несомненно, должно было прибавить певцам уверенности, потому что слов в этой песне очень много.

Выяснилось, что студенты из второй группы сами оценили свои выступления выше и ожидали более высоких слушательских оценок, хотя это вовсе не соответствовало действительности. Слушатели поставили в среднем примерно одинаковые (то есть статистически не различающиеся) оценки певцам из обеих групп. При этом слушательские оценки оказались значительно ниже тех, которые надеялись получить певцы из второй группы, и выше тех, на которые рассчитывали певцы из первой группы.

Третий эксперимент был особенно интересен, поскольку в нем испытуемые были четко проинформированы о том, что известно и что неизвестно людям, которые будут их оценивать. Испытуемые могли использовать это знание, прогнозируя оценки, но не сумели этого сделать. На этот раз студентов просили найти как можно больше слов в квадрате из 16 букв (эта популярная игра называется *Voggle*). Им удалось отыскать в среднем по 25 слов. Каждый студент работал над заданием в отдельной комнате, но знал, что кроме него такое же задание получили еще трое студентов. Затем испытуемому сообщали, что другие три игрока справились с заданием гораздо лучше: нашли 80, 83 и 88 слов (это был обман, призванный принизить в глазах испытуемого его собственный результат). Цифры были подобраны так, чтобы производить сильное впечатление, но при этом не выглядеть неправдоподобными.

После этого испытуемый должен был предсказать, как, по его мнению, оценит незнакомый посторонний человек по результатам тестирования его (испытуемого) интеллект, сообразительность и умение играть в *Voggle*. При этом половине студентов сказали, что один и тот же человек будет оценивать результаты всех четырех членов группы, а другой — что результаты разных участников будут оцениваться разными людьми. Таким образом, половина студентов знала, что их будет оценивать человек, знающий, что они выступили хуже всех. Вторая половина студентов, напротив, была уверена, что человек, который будет их оценивать, не получит информации о более высоких результатах других участников. Была еще третья, контрольная группа

испытуемых, которым ничего не говорили о результатах других членов группы и которые поэтому не думали, что они выступили очень плохо.

Как и следовало ожидать, контрольная группа "предсказала" себе гораздо более высокие оценки, чем обе "обманутые" группы. Но самое интересное, что обе группы студентов, "знавших", что они хуже всех, ожидали получить одинаково низкие оценки. Между их предсказаниями не было никаких различий. Задумаемся, что это значит. Здесь речь не идет о пере- или недооценке сведений об информированности оценивающего (знает он или не знает, что испытуемый выступил хуже других). Речь идет о том, что люди вообще никак не отреагировали на эти сведения, не смогли их учесть, хотя они были сообщены им в явном виде. Для испытуемых было важно только одно — что они сами знают, что выступили плохо.

Последний, четвертый, эксперимент был поставлен для того, чтобы проверить, можно ли повлиять на представление о собственном образе в глазах окружающих одной лишь игрой воображения. Первую группу студентов попросили мысленно представить себе какую-нибудь ситуацию, в которой они выглядели бы выигрывшно в глазах окружающих, производили бы хорошее впечатление. Второй группе предложили вообразить противоположную ситуацию, какой-нибудь свой поступок, который произвел бы на людей отрицательное впечатление. Третья, контрольная, группа ничего не воображала.

После этого каждый участник должен был в течение шести минут побеседовать один на один с незнакомым студентом. Затем все участники должны были написать, какое впечатление они, по их мнению, произвели на собеседника (и какое впечатление собеседник произвел на них). Впечатление оценивалось по десятибалльной шкале (от 1 — "очень плохое" до 10 — "очень хорошее"). Кроме того, нужно было предсказать, как оценит собеседник такие качества испытуемого, как чувство юмора, дружелюбие, очарование, грубость, скучность, ум, честность, скрытность, душевность и заботливость.

Выяснилось, что та игра воображения, которой занимались испытуемые перед беседой, оказала сильнейшее влияние на то впечатление, которое, по их мнению, они произвели на собеседника. Однако она не оказала ни малейшего влияния на реальное впечатление, которое они произвели. Вообразившие плохое думали, что произвели дурное впечатление, воображавшие хорошее были убеждены, что очень понравились своим собеседникам. При этом и те и другие были весьма далеки от реальности.

Авторы оптимистично отмечают, что людям свойственно так жестоко ошибаться лишь при общении с незнакомыми людьми, как это было в проведенных экспериментах. С близкими друзьями и родственниками общаться все-таки легче. Почему? Может быть, потому что мы лучше их знаем и понимаем, то есть точнее моделируем их мысли и реакции? Нет, считают авторы, скорее потому, что друзьям известно многое из нашего "персонального контекста", того самого, знание о котором мы невольно "вкладываем" в головы окружающих, оценивая их отношение к нам. Даже когда точно знаем, что окружающим эти сведения недоступны.

Ведущий отечественный этолог З. А. Зорина в беседе с автором как-то отметила, что не то удивительно в мышлении обезьян, что они чего-то не могут, а то, что они так много могут, по ряду параметров интеллекта достигая уровня двух- трехлетних детей. По-видимому, к человеческому мышлению тоже приложима такая оценка. Не то удивительно, что мы соображаем плохо, а то, что мыслительный аппарат, сделанный из нейронов и синапсов слепой природной силой — естественным отбором — вообще оказался способным хоть что-то понять о мире и о самом себе.

Чем сложнее задача, тем крепче вера в правильность ошибок

В главе "В поисках душевной грани" говорилось о том, что некоторые животные, такие как крысы и обезьяны, умеют с грехом пополам оценивать вероятность ошибочности собственных решений. Люди тоже это умеют, и тоже, как выясняется, не очень хорошо.

Так, психологи из Флорентийского университета, проведя серию экспериментов на людях, установили, что иногда по мере усложнения задачи растет не только число ошибок, но и уверенность в собственной правоте у тех, кто эти ошибки совершает (*Baldassi et al, 2006*). Испытуемым в течение 200 миллисекунд показывали рисунок, на котором среди нескольких одинаковых вертикальных отрезков был один наклонный. Требовалось определить, в какую сторону (влево или вправо) он наклонен, а также оценить величину наклона. Сложность задачи регулировалась числом вертикальных "отвлекающих" отрезков, среди которых нужно было отыскать один наклонный.

Исследование выявило две закономерности. Первая из них — вполне предсказуемая — состояла в том, что с ростом числа вертикальных отрезков на рисунке испытуемые чаще ошибались, то есть говорили, что наклонный отрезок был наклонен вправо, когда он в действительности был наклонен влево, и наоборот. Вторая закономерность оказалась более неожиданной. Выяснилось, что по мере усложнения задачи росла уверенность испытуемых в правильности своего ответа. Причем эта уверенность, как ни странно, совершенно не зависела от того, прав был испытуемый или ошибался.

Степень уверенности в своей правоте оценивалась двойко. Во-первых, испытуемые должны были сами оценить ее по четырехбалльной шкале. Во вторых, они должны были указать величину наклона отрезка. Выявилась четкая положительная корреляция между этими двумя оценками. Чем более наклонным показался испытуемому отрезок, тем выше он оценивал собственную уверенность в правильности ответа.

В тех тестах, в которых отвлекающих вертикальных отрезков было мало, испытуемые практически не делали ошибок — они всегда правильно определяли, в какую сторону наклонен наклонный отрезок, не были склонны преувеличивать величину наклона, да и оценки степени уверенности в своей правоте давались умеренные. По мере усложнения

задачи росли как число ошибок, так и уверенность в собственной правоте (в том числе у тех, кто ошибался), а степень наклона наклонного отрезка все более преувеличивалась.

Психологические механизмы, лежащие за этими фактами, пока еще не вполне ясны. Авторы считают самым правдоподобным объяснение, основанное на так называемой теории обнаружения сигнала. Когда искомый объект требуется найти среди других похожих на него, приходится оценивать все множество объектов, причем каждый объект вносит в суммарную картину свою долю "шума" (реальных или ожидаемых вариаций по ключевым признакам). Поэтому, если искомый объект все-таки удастся найти, мозг расценивает отличительные характеристики этого объекта как более выраженные, а само узнавание — как более надежное и достоверное. Мы думаем (неосознанно, конечно) примерно так: "Раз уж я в такой огромной толпе его разглядел, значит, это уж точно он" — и бросаемся обнимать незнакомого человека.

Так или иначе, эти результаты показывают, что уверенность в собственной правоте — штука обманчивая. Мы запросто можем "увидеть" то, чего не было в действительности, особенно если что-то нас отвлекало, и степень убежденности очевидца никак не может служить критерием подлинности его свидетельства. Порой наша уверенность в своей правоте свидетельствует как раз об обратном — о запутанности рассматриваемого вопроса и о высокой вероятности ошибки.

Сколько полушарий, столько и целей

Сколько целей может человек преследовать одновременно? Похоже, эволюция решила, что хватит с нас двух. По числу рук, наверное. Правую руку тянем к одной цели, левую — к другой. Уже и от двух-то глаза разбегаются.

Однажды во Вьетнаме, в каком-то придорожном кафе, я познакомился с веселым гиббоном. Гиббон висел на решетке, уцепившись за нее всеми четырьмя конечностями. Иногда он внезапно высовывал руку — невообразимо длинную руку, ну просто никак не ожидаешь, что у такой маленькой обезьянки такая километровая рука — и сбивал шляпку с какой-нибудь туристки. Он так развлекался. Туристки не ожидали, что гиббон с такого расстояния до них дотянется, и все очень смеялись.

У меня в руках как раз был пакетик сушеных бананов. Я протянул один гиббону. Он взял его рукой. Держится теперь за решетку рукой и двумя ногами. Я протянул ему второй банан. Гиббон взял его ногой. Висит теперь на руке и ноге. Я ему третий. Гиббон взял его второй ногой. Висит на одной руке, держит три банана, вид озадаченный. И вот настал момент истины. Я протянул ему четвертый банан. Ну и что вы думаете? А ничего особенного. Гоминоид просто выронил один из взятых ранее бананов и освободившейся конечностью взял новый.

Три свободных хваталки, три мысли, три цели. Больше не помещается (*надеюсь, читатели не воспримут это как серьезный анализ психологии гиббонов. Эту историю я рассказал просто так, для забавы*).

У людей в связи со специализацией нижних конечностей для ходьбы число свободных хваталок сократилось до двух. Полушарий в мозге тоже два — очень удобно.

Нейробиологические исследования показали, что при помощи своих двух полушарий мы можем следить за двумя целями параллельно. Но третью уже, по-видимому, вставить некуда.

Самый передний участок лобных долей — передняя префронтальная кора (ППК) — один из главных аналитических центров, участвующих в принятии решений и планировании поведения. К сожалению, возможности этого мыслительного устройства ограничены, о чем свидетельствует не только повседневный опыт общения с

близкими, но и результаты нейробиологических исследований. Как правило, ППК в состоянии параллельно обрабатывать информацию, связанную с двумя разными целями или планами действий, но когда целей оказывается больше двух, эффективность принятия решений резко снижается. По-видимому, ППК не может обрабатывать информацию о множестве альтернативных мотивов и вариантов поведения (*Koechlin, Hyafil, 2007*).

Ранее было показано, что мотивация наших решений тесно связана с активностью другой области лобных долей — медиальной фронтальной коры (МФК). Именно здесь отображается (кодируется) информация о награде, которую мы рассчитываем получить в случае успешного решения стоящей перед нами проблемы (в чем бы эта награда ни заключалась). До недавних пор было неясно, что происходит в МФК, если перед человеком стоят сразу две цели, каждая из которых соотносена со своей собственной наградой.

Чтобы это выяснить, французские нейробиологи при помощи ФМРТ проследили за работой мозга 32 добровольцев, выполнявших задания, связанные с преследованием одной или двух целей одновременно (*Charron, Koechlin, 2010*). За правильное выполнение каждого задания испытуемые получали денежную награду. Награда могла быть большой (1 евро) или маленькой (0,04 евро).

Испытуемым одну за другой показывали на экране буквы, составляющие слово *tablet*. Буквы демонстрировались в произвольном порядке. Испытуемый должен был определить, соответствует ли позиция данной буквы в демонстрируемой последовательности ее положению в слове *tablet*, и нажать одну из двух кнопок ("да" или "нет"). Например, при появлении первой буквы нужно нажать "да", если это буква *t*, и "нет", если это любая другая буква. При появлении второй буквы нужно нажать "да", если это *a*, и т. д.

После демонстрации трех — пяти букв испытуемые должны были прекратить выполнение первого задания и перейти ко второму (об этом им сообщали при помощи специальных символов на экране). Второе задание было таким же, как и первое, но за него назначалась отдельная награда. Величину награды испытуемые могли определить по цвету букв.

Тесты подразделялись на две группы. В первом случае (ситуация "переключение") при переходе ко второму заданию о первом можно было забыть. После завершения второго задания снова начиналось первое, но не с того места, где было прервано, а самого начала. Таким

образом, в этой ситуации испытуемый в каждый момент времени мог держать в голове только одну цель и помнить только об одной награде.

Во втором случае (ситуация "разветвление") по завершении второго задания требовалось продолжить выполнение первого с того места, где оно было прервано. В этой ситуации в ходе выполнения второго задания испытуемому приходилось удерживать в голове информацию сразу о двух задачах и двух наградах.

Для каждой из двух ситуаций использовались разные комбинации наград. За каждое из двух заданий награда могла быть большой или маленькой, поэтому комбинаций было всего четыре, а общее количество вариантов тестов было равно восьми.

Как и следовало ожидать, величина награды существенно влияла на качество выполнения заданий в обеих ситуациях. За 1 евро люди старались на совесть, реагировали быстро и допускали мало ошибок. За 0,04 евро они реагировали медленнее и ошибались чаще. Величина награды за второе задание не влияла на эффективность выполнения первого. Второе задание, однако, выполнялось хуже, если награда за первое задание была высока. Иными словами, вторая награда обесценивалась в глазах испытуемых, если они уже рассчитывали на хорошее вознаграждение за первое задание.

В ситуации "разветвление", когда нужно было помнить о первом задании в ходе выполнения второго, испытуемые совершали больше ошибок и во втором задании, и при возвращении к первому заданию. Это тоже вполне понятный и ожидаемый результат, свидетельствующий об ограниченности наших способностей к "многозадачному" мышлению.

Дизайн эксперимента позволил выявить области мозга, отображающие информацию об ожидаемой награде. Это те области, активность которых зависела от величины награды. Измерения производились во время выполнения второго задания.

Оказалось, что активность ППК зависит от того, какое задание выполняется — двойное или одиночное. Определенные участки ППК в обоих полушариях возбуждались сильнее при выполнении двойного задания, чем одиночного. При этом выявились также небольшие участки ППК, интегрирующие информацию об обеих наградах: активность этих участков положительно коррелирует с суммарной величиной обеих наград. Избирательное реагирование на отдельные награды в ППК не было зарегистрировано.

В медиальной фронтальной коре (МФК) обнаружилось две области,

избирательно кодирующие информацию о первой и второй награде. В ситуации "переключение", когда нужно было помнить только об одной награде, эти области возбуждались примерно одинаково слева и справа. В ситуации "разветвление" левое полушарие кодировало первую ("основную") награду, правое — вторую ("дополнительную").

Таким образом, когда человек имеет в голове только одну цель, информация об ожидаемой награде отображается симметрично в левой и правой МФК. Когда же приходится иметь в виду сразу две цели, происходит разделение функций между полушариями: левая МФК отображает первую мотивацию, правая — вторую. Что касается ППК, "высшей аналитической инстанции", то она интегрирует информацию об обеих одновременно преследуемых целях.

В свете этих данных становится легче понять, почему мы удобно можем одновременно учитывать и держать в голове две цели, но не более. Разделение функций между полушариями позволяет хранить один мотив в левой, другой — в правой МФК. Если появится третья цель, адекватно отобразить ее уже будет негде: третьим полушарием эволюция нас не обеспечила.

Такая ограниченность функциональных возможностей лобных долей может вредить нам на современном этапе культурно-исторического развития, когда наш мозг, "спроектированный" естественным отбором исключительно для нужд охотников-собирателей, оказался востребован для решения более сложных задач. Нашим предкам, возможно, двухзадачности вполне хватало. Это позволяло эффективно защищать составленные долгосрочные планы от сиюминутных отвлекающих факторов и даже придумывать новые планы, обещающие большее вознаграждение. Но для полноценной системы принятия решений, основанной на комплексном анализе множества альтернативных целей и мотивов, дизайн нашего мозга, очевидно, не оптимален.

Красивые сказки или достоверное знание?

О том, как наш мозг то и дело вводит нас в заблуждение, о разнообразных оптических обманах и тому подобном подробно рассказано в книге К. Фрита "Мозг и душа" (2010).

В какой мере мы можем, зная все это, доверять самим себе, своему мозгу? Вдруг все, что мы принимаем за окружающий мир — или за адекватную мысленную модель окружающего мира, — в действительности лишь призраки и обман?

Не беспокойтесь, ситуация не так трагична. Наше мышление порождено не произвольной фантазией неведомого разумного дизайнера (который мог бы так пошутить, если б захотел). Оно порождено естественным отбором, неразумным, но честным и "целеустремленным" тружеником, который неизменно отбраковывал животных, чей мозг порождал неадекватные модели мира — модели, которым нельзя доверять, на которые нельзя положиться в борьбе за выживание. Поэтому мы, будучи одновременно и венцом, и жертвой эволюции, наверняка воспринимаем мир более или менее адекватно.

Но что значит "более или менее"? Какую именно степень адекватности восприятия и понимания мира обязан был обеспечить нам естественный отбор? Читатель, возможно, уже знает ответ. Разумеется, как раз такую, какая требовалась людям каменного века для эффективного тиражирования своих генов. Не более, но и не менее.

Эволюционный психолог Джеффри Миллер, сторонник теории о ведущей роли полового отбора в эволюции мышления гоминид, так развивает эту мысль в замечательной, но пока не переведенной на русский язык книге "The Mating Mind" (которую я уже цитировал в главе "Происхождение человека и половой отбор"):

Естественный отбор снабдил нас "интуитивной физикой", позволяющей нам понимать массу, силу и движение достаточно хорошо, чтобы иметь дело с материальным миром. Есть у нас и "интуитивная биология", обеспечивающая достаточно хорошее (для нашего выживания) понимание животных и растений, и "интуитивная психология", позволяющая понимать людей... Однако, когда дело доходит до выражаемых словами верований, половой отбор подрывает эти аргументы в пользу достоверности нашего знания. В то время как естественный отбор на выживание мог снабдить нас

прагматически точными системами восприятия, половой отбор не обязан был заботиться о достоверности наших более сложных верований. Половой отбор мог отдавать предпочтение идеологиям, которые были занимательны, преувеличены, увлекательны, драматичны, приятны, утешительны, имели связный сюжет (композицию), были эстетически сбалансированы, остроумно-комичны или благородно-трагичны. Он мог сделать наш разум приятным и привлекательным, но склонным к глубоким заблуждениям. До тех пор пока наши идеологии не подрывают более прагматических адаптаций, ложность этих идеологий не имеет никакого значения для эволюции.

Представьте себе компанию молодых гоминид, собравшихся у плейстоценового костра и наслаждающихся недавно приобретенной в ходе эволюции способностью к речи. Два самца вступили в спор об устройстве мира...

Гоминида по имени Карл предполагает: "Мы смертные, несовершенные приматы, которые выживают в этой опасной и непредсказуемой саванне только потому, что держатся тесными группами, страдающими от внутренних склок, ревности и зависти. Все места, где мы бывали, — лишь маленький уголок огромного континента на невообразимо громадном шаре, вращающемся в пустоте. Этот шар миллиарды и миллиарды раз облетел вокруг пылающего шара из газа, который в конце концов взорвется, чтобы испепелить наши ископаемые черепа. Я обнаружил несколько убедительных свидетельств в пользу этих гипотез..." Гоминида по имени Кандид перебивает: "Нет, я считаю, что мы — бессмертные духи, которым были дарованы эти прекрасные тела, потому что великий бог Вуг избрал нас своими любимыми созданиями. Вуг благословил нас этим плодородным раем, жизнь в котором трудна ровно настолько, чтобы нам было не скучно... Над лазурным куполом неба улыбающееся солнце согревает наши сердца. Когда мы состаримся и насладимся лепетом внуков, Вуг вознесет нас из наших тел, чтобы мы вместе с друзьями вечно ели жареных газелей и танцевали. Я знаю все это, потому что Вуг поведал мне эту тайную мудрость во сне прошлой ночью".

Какая из идеологий, по-вашему, окажется более сексуально привлекательной? Победят ли правдоискательские гены Карла в соревновании "гены сочинения чудесных историй" Кандида? Человеческая история свидетельствует, что наши предки были больше

похожи на Кандида, чем на Карла. Большинство современных людей от природы — Кандиды. Обычно требуется много лет смотреть научно-популярные фильмы Би-би-си или Пи-би-эс, чтобы стать таким же объективным, как Карл. Половой отбор на "идеологическую развлекательность" не смог бы произвести правдивые системы верований — разве что по чистой случайности. Если идеологические демонстрации поддерживались отбором в качестве индикаторов приспособленности, то единственная правда, которую они должны были нести, — это правда о приспособленности рассказчика. Они не обязаны быть точными моделями мира — точно так же, как "глаза" на павлиньем хвосте вовсе не обязаны быть точными изображениями глаз...

Половой отбор обычно ведет себя как жадный до безумия издатель газеты, который выбрасывает все новости и оставляет только рекламу. В эволюции человека этот издатель как будто вдруг осознал, что на рынке существует ниша и для новостей (поскольку читатели уже имеют достаточно большие мозги). Он заявил своим репортерам, что требуются новости, но так и не озаботился созданием отдела для проверки публикуемых фактов. В итоге мы имеем человеческие идеологии: "желтогазетную" смесь религиозных верований, политического идеализма, городских легенд, племенных мифов, принятия желаемого за действительное, хорошо запоминающихся анекдотов и псевдонауки...

Большая часть наших мыслительных адаптаций, которые терпеливо направляют наше поведение, остаются интуитивно точными... Половой отбор не повредил нашему восприятию глубины или высоты, узнаванию голосов, чувству равновесия или умению бросать камни в цель. Но он, возможно, нанес тяжелый ущерб достоверности наших сознательных верований. Это тот самый уровень эпистемологии, который становится важным для людей, когда они пытаются оспорить чужие претензии на "знание" в таких областях, как религия, политика, медицина, психотерапия, социальная политика, гуманитарные науки и философия. Именно в этих областях половой отбор подрывает действенность эволюционно-эпистемологического аргумента, превращая наши умственные способности скорее в рекламирующие приспособленность орнаменты, чем в искатели истины.

Эта длинная, но поучительная цитата непосредственно подводит нас к следующей теме — эволюционному религиоведению.

Эволюция и религия

Уже Чарльз Дарвин размышлял о возможности эволюционного объяснения происхождения религий. Вот, например, что он написал в книге "Происхождение человека и половой отбор" о так называемых "вредных суевериях": "Эти печальные и косвенные результаты наших высших способностей можно сравнить с побочными и случайными ошибками инстинктов низших животных". Мысль звучит на удивление современно (что, впрочем, свойственно многим дарвиновским идеям).

Сегодня существуют и развиваются такие научные направления, как нейротеология и эволюционное религиоведение.

Нейротеология изучает нейрологические основы субъективных религиозных ощущений. Выяснилось, что при различных духовно-религиозно-мистических переживаниях (таких как состояние медитации, чувство выхода за пределы тела, утрата представления о границах между собой и другими личностями, чувство единства со Вселенной и т. п.) возбуждаются многочисленные отделы лобных, теменных и височных долей, а также подкорковые области. Специфического "религиозного центра", или "органа религии", в мозге не обнаружено, хотя, как мы знаем, многие другие ментальные функции имеют в мозге свои довольно четко обособленные "представительства". Предрасположенность к мистическим переживаниям складывается из особенностей работы многих участков мозга, а не какого-то одного.

Зато обнаружился компактный участок в задней нижней части левой и правой теменных долей, в задачи которого, похоже, входит обуздание излишней спиритуальности. Итальянские нейробиологи в 2010 году установили, что у людей, которые в результате операции лишились этого участка мозга, заметно возрастает склонность к мистическим и религиозным переживаниям (для оценки этой склонности существуют специальные тесты, а сама склонность на формальном психологическом жаргоне называется самотрансценденцией, *self-transcendence*) (*Urgesi et al., 2010*).

Чтобы это выяснить, большую выборку больных, ожидающих операции на различных участках мозга, протестировали перед операцией, а затем еще несколько раз, с различными интервалами, — после выздоровления. Оказалось, что у больных, у которых в ходе операции пострадал один из двух небольших участков теменных долей,

и только у них, достоверно и надолго увеличилась тяга к потустороннему.

В других исследованиях, основанных на близнецовом анализе, было показано, что склонность к мистике, как и положено любому приличному психологическому признаку, в значительной мере наследственна (примерно на 40 % определяется генами, остальное — различающимися условиями среды; влияние семьи статистически не значимо). Была обнаружена связь между степенью выраженности этого признака и некоторыми аллельными генетическими вариантами.

В рамках эволюционного религиоведения можно выделить две основных идеи или направления мысли:

1. религия — случайный побочный продукт (не обязательно полезный) эволюционного развития каких-то других свойств человеческого мышления;

2. склонность человеческого мозга к генерации и восприятию религиозных идей — полезная адаптация, развившаяся в ходе эволюции наряду с другими адаптивными свойствами мышления.

Эти две идеи не являются взаимоисключающими. Ведь в эволюции нередко бывает, что побочный продукт какого-то адаптивного изменения случайно оказывается (или впоследствии становится) полезной адаптацией. Как мы помним из главы "Мы и наши гены", даже встроившаяся в геном наших предков вирусная ДНК со временем может пригодиться естественному отбору для создания чего-то полезного.

Вирус мозга?

По мнению Ричарда Докинза (2005), распространение компьютерных вирусов, обычных биологических вирусов и различных идей (мемов), в том числе всевозможных суеверий, основано на одном и том же механизме. "Эгоистичный" и вовсе не обязательно приносящий пользу своему носителю фрагмент информации может самопроизвольно распространяться в системах, специально предназначенных для исполнения и копирования определенных инструкций. Главное, чтобы код "информационного паразита" совпадал с тем, к которому приспособлено данное считывающе-копирующее устройство.

Клетка идеально приспособлена для выполнения и копирования инструкций, записанных в виде последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК или РНК. Поэтому живые клетки — идеальная среда для распространения информационных паразитов (вирусов), представляющих собой записанные тем же кодом инструкции: "размножай меня", "синтезируй для меня белки, которые позволят мне проникнуть в другие копируемые устройства".

Компьютер специально предназначен для выполнения и копирования инструкций, записанных в виде условных последовательностей нулей и единиц. Поэтому компьютеры — идеальная среда для распространения паразитических программ, записанных тем же кодом и содержащих инструкции: "размножай меня", "выполни такие-то действия, которые обеспечат мне проникновение в другие копируемые устройства".

Наконец, человеческий мозг (особенно детский) специально приспособлен для усвоения, выполнения и последующей передачи другим людям инструкций, "записанных" при помощи тех средств коммуникации, которые присущи человеку. Дети охотнее верят тому, что говорят им взрослые, нежели собственным глазам (см. ниже). Могут ли в подобном "копируемом устройстве" не завестись вирусы?

Типичный пример вирусов мозга — это всем известные "письма счастья": "Кто разошлет это письмо десяти своим друзьям, у того сбудется самая заветная мечта! Кто этого не сделает, того постигнет несчастье!" Нетрудно заметить, что большинство религий используют схожие средства воздействия на "копируемое устройство": верные спасутся, неверных ожидает жестокая кара.

Дети верят взрослым охотнее, чем собственным глазам

Годовалые дети регулярно совершают одну и ту же ошибку. Если несколько раз подряд положить игрушку или другой интересный предмет в один из двух контейнеров (например, в правый), позволяя ребенку достать игрушку и поиграть с ней, а потом на глазах у малыша спрятать игрушку в левый контейнер, ребенок все равно продолжает искать желанный предмет в правом контейнере. Это любопытное явление впервые было описано в 1954 году и с тех пор психологи предложили ему множество объяснений.

Например, предполагали, что у детей в возрасте 8–12 месяцев еще не сформировалось представление о постоянстве (устойчивости) материальных объектов во времени и пространстве. Может быть, ребенок считает, что игрушка "появляется" в контейнере, когда он туда заглядывает. Другие авторы предполагали, что у ребенка в ходе эксперимента формируется простой двигательный рефлекс – ползти к правому контейнеру.



Так проводились эксперименты. Слева: экспериментатор вступает в непосредственный контакт с ребенком (смотрит на него, улыбается и разговаривает). В центре: экспериментатор не обращает внимания на ребенка и не подает ему никаких сигналов. Справа: экспериментатора вовсе не видно (см. пояснения в тексте). Фото из статьи Toral et al., 2008.

Такое поведение несколько раз было "вознаграждено" (дали поиграть в игрушку), и этого оказывается достаточно, чтобы слабые сигналы рассудка, говорящего, что игрушка уже в другом месте, не могли перебороть устойчивую последовательность рефлекторных двигательных актов.

В качестве альтернативного или дополнительного объяснения указывали на неразвитость кратковременной памяти у детей, а также на возможность активации программы подражания, в работе которой участвуют зеркальные нейроны (см. главу "В поисках душевной грани"). Имеется в виду, что ребенок, видевший несколько раз, как взрослый тянет руку к правому контейнеру, начинает подражать этому движению, а игрушка тут, может быть, вовсе ни при чем.

Недавно венгерские психологи предложили интересную гипотезу "естественной педагогики" (Gergely et al, 2007). По их мнению,

маленькие дети – существа в высшей степени социальные. Сознание малыша настроено на то, чтобы извлекать общую информацию об устройстве мира не столько из наблюдений за этим миром, сколько из общения со взрослыми. Дети постоянно ждут от взрослых, что те поделятся с ними своей мудростью. Когда взрослый передает ребенку какую-то информацию – словом ли, интонацией, мимикой или действием, – ребенок прежде всего пытается найти в ней некий общий смысл, объяснение правил, порядков и законов окружающего мира. Дети склонны обобщать информацию, но не любую, а прежде всего ту, которая получена от взрослого человека при прямом контакте с ним.

Исходя из этой идеи ученые предположили, что причина детских ошибок при поиске игрушки кроется в том, что дети неправильно интерпретируют начальный этап эксперимента – когда экспериментатор несколько раз подряд кладет игрушку в правый контейнер. Возможно, дети воспринимают это как сеанс обучения некоему общему правилу. Дети думают, что экспериментатор своими действиями хочет объяснить им что-то важное. Может быть, он хочет сказать: "Игрушки принято хранить справа, вот в этой коробочке" или: "Если тебе понадобится игрушка, смотри, где ее искать".

Чтобы проверить эту гипотезу, ученые провели три серии экспериментов с детьми в возрасте 8–12 месяцев (*Toral et al., 2008*). В каждой серии участвовало по 14 малышей. В первом эксперименте тест проводился как обычно – при прямом контакте экспериментатора с малышом. Девушка, проводившая эксперимент, смотрела на ребенка, улыбалась ему и разговаривала с ним ("эй, малыш, гляди!"). Сначала игрушку прятали четыре раза под колпачок А (правый), а потом три раза – под колпачок Б (левый).

Накрыв игрушку колпачком, экспериментатор ждал четыре секунды, а потом пододвигал к малышу картонку, на которой стояли оба колпачка. Теперь малыш должен был выбрать один из колпачков. Если в течение 20 секунд он не трогал ни одного, тест не засчитывался. Если выбор был сделан правильно, колпачок поднимали и ненадолго давали игрушку ребенку.

Во втором эксперименте все было точно так же, но только экспериментатор теперь сидел к ребенку боком, не глядел на него, не улыбался и не разговаривал. "Социального контакта" между экспериментатором и ребенком теперь не было, однако малыш по-прежнему мог видеть движения экспериментатора и подражать им, если охота.

В третьем эксперименте девушка пряталась за занавеской и управляла колпачками при помощи тонких ниток. Малыш не видел даже ее рук, и для него все выглядело так, как будто предметы движутся сами.

Идея авторов заключалась в том, что если верна их теория, то решающее значение для результатов теста должен иметь социальный контакт между ребенком и экспериментатором. Поэтому результаты первого эксперимента (где контакт был) должны резко отличаться от второго и третьего, где контакта не было.

Именно так и получилось. В первом эксперименте дети ошибались в тестах Б в 80 % случаев. Во втором и третьем экспериментах

количество ошибок снизилось до 40–50 %.

Таким образом, контакт с экспериментатором резко повышает частоту ошибок в тестах Б, что полностью соответствует предсказаниям гипотезы "естественной педагогики". Похоже, дети действительно ошибаются не столько из-за неразвитости мышления, сколько потому, что "ученический инстинкт" побуждает их делать слишком далеко идущие выводы из тех сигналов, которые подают им взрослые.

То, что результаты экспериментов 2 и 3 оказались почти одинаковыми, указывает на несостоятельность "подражательной" гипотезы. Дети не проявили желания подражать экспериментатору, сидевшему к ним боком. Скорее всего, и в первом эксперименте детьми руководило вовсе не желание подражать.

В первом эксперименте дети уверенно тянулись к колпачку А после того, как на их глазах игрушку спрятали под колпачок Б. Во втором и третьем экспериментах эта ошибка не исчезла, но ее частота снизилась до 50 %. Иными словами, дети в тестах Б тянулись к любому из колпачков с равной вероятностью. Это значит, что теория "естественной педагогики" объясняет данную ошибку не полностью, а лишь частично. Вполне возможно, что и другие предложенные объяснения в какой-то мере справедливы. В частности, слабость кратковременной памяти у детей явно играет тут не последнюю роль. Вспомним, что между прятанием игрушки под колпачок и придвиганием картонки к малышу проходило четыре секунды. Это делалось нарочно, чтобы использовать прекрасно известную ученым слабость детской кратковременной памяти.

То, что дети так внимательны к сигналам, подаваемым взрослыми, и активно пытаются вывести из них далеко идущие обобщения, прекрасно согласуется с гипотезой культурного интеллекта, о которой рассказано в главе "Общественный мозг". Согласно этой гипотезе, в эволюции человеческого мышления имело место опережающее развитие интеллектуальных функций культурно-социального характера, то есть способностей к обучению, общению, пониманию поступков, мыслей и желаний соплеменников. Исследование венгерских психологов подчеркивает важность врожденной склонности к обучению, но не ко всякому, а только к социальному, связанному с человеческим общением, а не с непосредственным исследованием окружающего мира. Ведь малыши не делали далеко идущих выводов из наблюдения за поведением колпачков, управляемых ниточками. Их гораздо больше интересовали знаки, подаваемые живым человеком.

Не исключено, что развитие этой специфической, социально ориентированной врожденной "ученической программы" у детей сыграло важную роль в эволюции мышления у наших предков. И многие странности человеческой истории и культуры становятся теперь более понятными – например, распространение и устойчивое сохранение в обществе всевозможных предрассудков и верований, в том числе абсолютно нелепых и даже вредных. Что поделаешь, если мы от природы склонны больше верить авторитетам, чем собственным глазам.

Ну а родителям и всему обществу следует задуматься, как же все-таки дать детям возможность гармонично развиваться и свободно

выбирать убеждения. Если правы венгерские психологи, это гораздо труднее, чем считалось до сих пор.

Побочный продукт?

Взгляд на религию как на "вирус мозга" — лишь одна из идей в рамках более общей концепции, согласно которой религия — побочный продукт эволюционного развития каких-то других свойств мышления.

По мнению французского антрополога и когнитивиста Паскаля Буайе, многие специфические особенности человеческого мышления делают нас чрезвычайно восприимчивыми к религиозным идеям (Boyer, 2008).

Психологические эксперименты показали, что далеко не все религиозные идеи, которые есть у людей, являются вполне осознанными. Например, люди на словах могут признавать, что бог всемогущ и поэтому способен заниматься множеством дел одновременно. Но в ходе специального тестирования выясняется, что на бессознательном уровне люди считают иначе — что бог все-таки решает проблемы по очереди, одну за другой. Антропоморфизм в представлениях людей о божестве проявляется также в том, что богов наделяют чисто человеческими особенностями восприятия, памяти, мышления, мотивации поступков. Многие из этих воззрений не осознаются самими верующими и часто вступают в прямое противоречие с той верой, которую они исповедуют на сознательном уровне.

Более того, бессознательные представления о свойствах божества удивительно схожи у самых разных культур, несмотря на кардинальные различия самих религий, то есть осознанных верований. Это сходство может проистекать из особенностей человеческой памяти. Эксперименты показали, что люди лучше всего запоминают те истории, в которых есть сочетание двух составляющих: естественной и реалистичной человеческой психологии (мыслей, намерений) и чудес, то есть нарушений физических законов (прохождение героев сквозь стену, левитация и т. п.). Очевидно, эта специфическая черта человеческой памяти могла способствовать успеху историй о богах.

Еще одна специфическая черта нашей психики — умение вступать в социальные отношения с лицами, в данный момент отсутствующими. Без этого не смогли бы существовать большие организованные коллективы. Какой может быть порядок в племени, если люди выполняют свои обязанности только в присутствии вождя или

родителя? Способность поддерживать отношения с "идеальным образом" отсутствующего человека — полезнейшая адаптация, но у нее есть неизбежные побочные следствия. Среди них такие широко распространенные явления, как стабильные, реалистичные и эмоционально насыщенные "взаимоотношения" людей (особенно детей) с вымышленными персонажами, героями, умершими родственниками, воображаемыми друзьями. Отсюда до религиозных верований — один шаг.

Эти рассуждения помогают понять, почему в большинстве культур потусторонние существа так озабочены вопросами морали (то есть выполняют функцию отсутствующего вождя или родителя). "Бог знает, что я украл деньги", "бог знает, что я ел кашу на завтрак" — эксперименты показали, что люди находят первое из этих двух высказываний более "естественным".

Изучение компульсивного (навязчивого) поведения у людей, в том числе детей и психически больных, а также у других животных помогает понять природу ритуалов — повторяющихся стереотипных действий, выполняемых с удивительным упорством, но не приносящих никакого видимого результата.

В мозге человека и других животных имеются разнообразные "защитные" контуры, помогающие избегать хищников и других опасностей (например, инфекций). Активация этих контуров ведет к защитным поведенческим реакциям (осмотреться, нет ли хищника, вылизать шерсть, поискать в ней паразитов). Гиперактивация этих мозговых структур может приводить к патологическим формам поведения. Религиозные предостережения о "нечистоте", о невидимой угрозе со стороны злых духов и бесов, несомненно, падают на хорошо подготовленную почву. Поэтому и соответствующие ритуалы ("очищение", "ограждение священного пространства") выглядят психологически привлекательными.

Люди отличаются от других приматов способностью образовывать очень большие коллективы (объединения, коалиции) неродственных индивидуумов. Это чрезвычайно ресурсоемкое в интеллектуальном плане поведение. Как рассказано в главе "Общественный мозг", у приматов имеется положительная корреляция между размером мозга и максимальным размером социальной группы. На основе этой корреляции можно рассчитать, что человеческий мозг в состоянии обеспечить эффективное функционирование группы из 150 индивидов, но не более. Между тем люди издавна — по крайней мере с начала перехода к

производящему хозяйству около 10 тыс. лет назад — образуют куда более многочисленные коллективы, и это во многих случаях дает им огромное адаптивное преимущество.

У обезьян уходит так много интеллектуальных ресурсов на общественную жизнь, потому что они полагаются на механизм взаимного альтруизма ("ты мне — я тебе"), а для этого нужно каждого сородича знать лично, поддерживать с ним какие-то взаимоотношения, помнить историю этих отношений и знать "моральную репутацию" каждого члена коллектива.

Мозг человека не мог увеличиваться до бесконечности, поэтому пришлось вырабатывать специальные адаптации, чтобы сделать возможным функционирование больших коллективов, в которых не все знают друг друга лично. Одной из таких адаптаций стала способность подавать, распознавать и высоко ценить сложные, дорогостоящие и трудноподделяемые сигналы, смысл которых — "я свой", "я один из вас", "я хороший", "мне можно доверять".

Религии сумели использовать к своей выгоде и это свойство человеческой психики. Неслучайно во многих религиях придается большое значение самым "дорогостоящим", изнурительным ритуалам, а также верованиям, которые кажутся чуждыми и нелепыми представителям всех прочих религиозных групп. Часто считается доблестью верить во что-то особенно нелепое как раз потому, что в это так трудно поверить. Люди таким образом доказывают другим членам группы собственную лояльность и готовность следовать групповым нормам просто потому, что "так у нас принято".

Буайе допускает, что в будущем наука сможет найти факты, подтверждающие адаптивную (приспособительную, полезную) роль предрасположенности человека к принятию религиозных идей. Пока же, по мнению исследователя, большинство данных указывает скорее на то, что религиозное мышление есть неизбежное следствие (читай: побочный продукт) определенных, в том числе адаптивных, свойств нашей психики. Такими же "побочными продуктами", по мнению Буайе, являются музыка, изобразительное искусство, мода и многие другие аспекты культуры. Религия успешно использует в собственных интересах особенности человеческого мышления благодаря своему умению производить так называемые сверхстимулы (см. главу "Происхождение человека и половой отбор"). Изобразительное искусство предоставляет нам более симметричные и насыщенные образы, чем те, что можно наблюдать в реальности. Религия же

предоставляет нам упрощенные, идеализированные и "концентрированные" образы отсутствующих важных личностей, усиленные и стилизованные комплексы "защитных действий".

Таким образом, происхождение религии не является чем-то абсолютно уникальным, да и в мозге нет специального отдела, "заведующего" религиозными идеями. Разные мозговые структуры отвечают за разные аспекты религиозного мышления и поведения (моделирование отношений с отсутствующими или воображаемыми лицами, ритуализованные действия, демонстрации лояльности). По мнению Буайе, идея бога кажется нам убедительной по одним причинам, ритуалы привлекательны по другим, моральные нормы кажутся "естественными" по третьим.

Буайе подчеркивает, что современные научные данные вступают в противоречие с одним из ключевых утверждений большинства религий, а именно с утверждением о том, что у истоков существующих религиозных систем лежали факты прямого вмешательства со стороны божества (явления народу, чудеса). Научные данные свидетельствуют, что для возникновения религий не нужно никаких чудес. Единственное, что необходимо для появления веры в сверхъестественные существа, — это нормальный человеческий мозг, обрабатывающий информацию естественным для себя образом.

Все эти факты, скорее всего, ничуть не поколеблют убежденность верующих в истинности их веры. По мнению Буайе, религиозное мышление — это самая удобная, естественная для человека форма мышления, не требующая от мыслящего индивида специальных усилий. Неверие в потусторонние силы, напротив, требует сознательной и упорной работы над собой, работы, которая направлена против наших естественных психических склонностей. Поэтому, по мнению Буайе, неверие — это не тот товар, который с легкостью найдет себе массового потребителя.

Для правильного понимания этих идей следует иметь в виду, что "естественное" не обязательно значит "хорошее", "правильное" или "полезное". На таком примитивном толковании эволюционных закономерностей человечество не раз спотыкалось (достаточно вспомнить кошмарные последствия увлечения еврикой в первой половине XX века), так что не стоит повторять старые ошибки.

Полезная адаптация?

Канадские психологи Ара Норензаян и Азим Шариф из Университета Британской Колумбии наряду с другими экспертами полагают, что религиозность вполне могла развиваться как полезная адаптация, способствующая сплоченности коллективов (*Norenzayan, Shariff, 2008*). Действительно, большинство религиозных систем открыто поощряет просоциальное поведение (то есть заботу об общем благе, в том числе и с ущербом для себя). Поэтому мысль о том, что религия могла возникнуть как адаптация, повышающая репродуктивный успех индивидов, живущих большими коллективами, кажется вполне правдоподобной. Однако до недавнего времени дискуссии на эту тему оставались чисто спекулятивными: реальных фактов было известно слишком мало.

Одна из трудностей, с которыми сталкивается "адапционистский подход", — это громадное разнообразие религиозных верований, причем имеющиеся различия не удается объяснить с позиций их приспособительного значения. Многие божества "следят" за соблюдением моральных норм — вера в них теоретически может способствовать процветанию группы, — однако люди охотно верят и в те потусторонние силы, которым нет дела до нашего морального облика.

Норензаян и Шариф таких богов, безразличных к морали, не рассматривают, оставляя их, видимо, на усмотрение сторонников идеи "побочного продукта". Авторы полагают, что если религия действительно адаптивна, ее "полезность" должна быть связана прежде всего со стимуляцией просоциального поведения, а также с потребностью людей постоянно доказывать ближним свои высокие моральные качества, благонадежность и готовность жертвовать личными интересами на благо общества. Как известно, большой коллектив неизбежно развалится, если у него нет эффективных средств выявления и обезвреживания эгоистов-нахлебников, паразитирующих на чужом альтруизме. Поэтому в ходе биологической и культурной эволюции должны были выработаться, во-первых, надежные способы выявления и наказания обманщиков и притворщиков, во-вторых — эффективные средства для поддержания собственной репутации в большом коллективе (чтобы самого, не дай бог, не выявили и не

наказали).

Предположение о том, что религия имеет адаптивную природу и стимулирует просоциальность, позволяет сделать ряд проверяемых предсказаний. Например, в критических условиях шансы на выживание у группы, сплоченной общими религиозными верованиями, должны быть выше, чем у группы неверующих. Можно также ожидать, что в крупных человеческих обществах, которым удалось сделать "высокоморальное" (просоциальное) поведение нормой для своих членов, должна чаще встречаться вера в богов, которым моральный облик людей небезразличен.

В некоторых случаях эти и им подобные предсказания подтверждаются фактами. Например, социологические опросы показывают, что люди, которые часто молятся и регулярно посещают церковь, больше жертвуют на благотворительность, чем менее истовые последователи того же вероисповедания. Эта корреляция статистически достоверна и не зависит от уровня дохода, политических взглядов, семейного положения, образования, возраста и пола.

Однако у социологических опросов есть слабое место: они основаны на словах самих опрашиваемых, а ведь психологам хорошо известно, что в подобных ситуациях люди склонны преувеличивать свои заслуги, в том числе и бессознательно. Экспериментально установлено, что степень религиозности положительно коррелирует с тем, насколько сильно человек заботится о собственной репутации в глазах окружающих. Это ставит под сомнение достоверность результатов, основанных на самооценке опрашиваемых.

Более объективные данные можно получить в экспериментах, в которых испытуемый не знает о том, что его тестируют на просоциальность. Например, проводились опыты под условным названием "Добрый самаритянин". Людям предлагали пройти в лабораторию для тестирования, а на пути "подкладывали" человека (актера), на вид больного и нуждающегося в помощи. Предложит испытуемый помощь больному или пройдет мимо? Оказалось, что это не зависит от религиозности испытуемого: верующие и неверующие вели себя в этой ситуации в среднем одинаково. В данном случае испытуемые не подозревали, что за ними следят.

В ряде других экспериментов положительная корреляция между религиозностью и просоциальностью все-таки выявляется, но только при определенных условиях. Попутно в этих экспериментах решался вопрос: что движет добрыми поступками религиозных людей? Мотивы

тут могут быть разные — как чисто альтруистические (сопереживание и желание облегчить страдания ближнего), так и эгоистические (боязнь испортить свою репутацию в глазах бога, окружающих или своих собственных).

Полученные данные свидетельствуют о том, что второй вариант мотивации встречается намного чаще. Корреляция между религиозностью и просоциальностью обычно выявляется лишь в таких контекстах, где на первый план выступают вопросы репутации. Очень показателен следующий эксперимент. Испытуемых спрашивали, согласятся ли они организовать сбор средств на лечение ребенка из бедной семьи. Половине участников сказали, что в случае согласия им действительно придется это делать. Второй половине сообщили, что даже если они согласятся, вероятность того, что их действительно попросят организовать сбор денег, невелика. Таким образом, люди из второй группы имели возможность без лишних затрат продемонстрировать богу, себе и окружающим свои высокие моральные качества. В этом опыте положительная корреляция между религиозностью и "добротой" (просоциальностью) обнаружилась только во второй группе испытуемых. Получается, что религиозность склоняет людей скорее к альтруистической показухе, чем к настоящему альтруизму.

Во многих других экспериментах также было показано, что религиозные люди ведут себя более просоциально, чем неверующие, только в том случае, если за их поведением кто-то наблюдает. В анонимных экспериментах уровень альтруизма не зависел от религиозности.

Но как может верующий оказаться в "анонимной" ситуации, если, по его мнению, за всеми его поступками наблюдает бог? Оказалось, что вера в божественное всеведение действительно способствует просоциальности, но только в том случае, если об этом всеведении человеку своевременно напомнят. Например, в экономических играх верующие ведут себя более просоциально, если перед игрой их знакомят с текстом, где упоминается что-нибудь божественное. Впрочем, точно такой же эффект дает и напоминание о светских институтах, контролирующих законность и мораль.

Интересные результаты дал сравнительный анализ разнообразных замкнутых коммун и общин, которых очень много возникло в США в XIX веке. Среди них были как религиозные, так и светские (например, основанные на идеях коммунизма). Оказалось, что религиозные общины

в среднем просуществовали дольше, чем светские (см. рисунок). Это согласуется с идеей о том, что религия способствует просоциальному поведению (верности общине, готовности жертвовать личными интересами ради общества). Более детальный анализ показал, что выживаемость религиозных (но не светских) общин напрямую зависит от строгости устава. Чем больше ограничений накладывала община на своих членов, чем более "дорогостоящие" ритуалы им приходилось выполнять, тем дольше просуществовала община. Это исследование, как и ряд других, указывает на то, что изнурительные обряды, посты и т. п., во-первых, являются эффективными средствами убеждения окружающих в собственной лояльности (и поэтому община со строгим уставом надежно защищена от притворщиков и нахлебников), во-вторых, ритуалы служат постоянным напоминанием о божественном присутствии, снижая тем самым "анонимность" ситуации. Любопытно, что после внесения поправок на число "дорогостоящих" ритуалов выживаемость светских и религиозных общин статистически перестала различаться. Это означает, что именно ритуалы и ограничения, а не какие-то другие аспекты религии играют главную роль в обеспечении устойчивости общины.



Выживаемость 200 замкнутых общин, возникших в Америке в XIX веке. По рисунку из Norenzayan, Shariff, 2008.

Сравнительный анализ разных человеческих культур показал, что те культуры, в которых принято верить в бога или богов, следящих за моралью, распространяются быстрее и охватывают большее число людей, чем те, в которых боги безразличны к морали.

В нескольких экспериментах было также показано, что верующие испытывают большее доверие к незнакомому человеку, если знают, что незнакомец — тоже верующий. Как и следовало ожидать, этот эффект проявляется особенно четко в том случае, если оба испытуемых принадлежат к одной и той же религии и знают об этом.

Все эти направления исследований находятся пока на начальных стадиях развития, и поэтому нерешенных вопросов осталось еще много. Однако уже сейчас более или менее ясно, что религиозность может способствовать просоциальному поведению и повышать жизнеспособность группы, хотя этот эффект проявляется не всегда и имеет ряд ограничений.

Одной из "темных сторон" религиозной просоциальности является то, что она обычно направлена почти исключительно на членов группы, то есть на единоверцев. Альтруизм и просоциальность в человеческих коллективах с самого начала были неразрывно связаны с парохиализмом и ксенофобией — враждебностью к чужакам (см. главу "Эволюция альтруизма"). Религиозная просоциальность, мягко говоря, не является исключением из этого правила. "Разъединяющий" аспект религиозности подробно анализируется Р. Докинзом в книге "Бог как иллюзия". Однако экспериментальных данных, проливающих свет на эту проблему, пока мало. Так что эволюционным религиоведам еще есть над чем поработать.

Террористы-самоубийцы — апофеоз парохияльного альтруизма

Поведение террористов-самоубийц можно считать экстремальной формой проявления парохияльного альтруизма: люди жертвуют собой во имя того, что они считают благом для "своих", причем "благая цель" достигается путем уничтожения чужаков.

В последние годы наблюдался резкий рост суицидальных террористических актов. Так, с 1983-го по 2000 год было всего 142 таких случая; с 2000-го по 2003-й — уже 312; после вторжения США в Ирак террористов-самоубийц стало еще больше: только в 2006 году произошло более 500 суицидальных террористических атак. Почти всегда (только по официальным данным — более чем в 70 % случаев) эти трагические события непосредственно связаны с деятельностью тех или иных религиозных или религиозно-политических организаций. Неудивительно, что многие эксперты считают религию важнейшим фактором, подталкивающим людей к самоубийственным актам терроризма.

С точки зрения эволюционной психологии (да и обычного здравого смысла) представляется правдоподобной идея о том, что религия, взяв на себя функцию спланивающего фактора в человеческих коллективах, одновременно стала выполнять и разъединяющую функцию, обостряя ненависть к чужакам. Конечно, люди и без всякой религии проявляют незаурядные таланты в этом отношении — достаточно вспомнить битвы футбольных болельщиков или взаимоотношения мальчишек из разных дворов в недавнем историческом прошлом. Но только религия может придать уничтожению чужаков статус священной войны и обещать за него мученический венец и райское блаженство. Однако до недавних пор весомых научных данных о прямой связи религиозности со склонностью к экстремальным актам парохияльного альтруизма (**как вам такой эвфемизм для самых кровавых и жутких проявлений ксенофобии?**) практически не было.

Этот пробел в 2009 году попытались восполнить упоминавшийся выше канадский психолог Норензаян и его американские коллеги Джереми Джинджес и Ян Хансен.

Исследователи разделили гипотезу о том, что религия способствует парохияльному альтруизму (ПА), включая его экстремальные

проявления, на две части.

Во-первых, на ПА могут влиять религиозные верования сами по себе. Если человек принимает близко к сердцу те места священных писаний, где говорится об истреблении иноверцев, или свято верит, что, взорвавшись вместе с десятком неверных, попадет в рай и будет там пользоваться привилегиями как мученик, это может (теоретически) подтолкнуть его к экстремальным проявлениям ПА. Но достаточно ли для этого одной лишь веры в те или иные религиозные догматы? Данную группу объяснений авторы условно называют гипотезой религиозных верований.

Во-вторых, ПА может подпитываться теми аспектами религиозности, которые связаны с поддержанием сплоченности группы, с самоидентификацией верующего как члена общины, с потребностью доказать другим ее членам (и божеству) свою лояльность, преданность и готовность жертвовать личными интересами во имя интересов группы (и божества). В религиозных группах "доказательством" обычно служит выполнение дорогостоящих обрядов и ритуалов. Эту точку зрения авторы называют гипотезой преданности коалиции. Совместная деятельность может способствовать сплоченности группы и вне религиозного контекста, но есть данные, указывающие на то, что коллективные религиозные ритуалы обладают особенно сильным действием. Например, показано, что в израильских коммунах — кибуцах — частота совместного посещения синагоги является гораздо лучшим предиктором внутригруппового альтруизма, чем частота посещения совместных трапез.

Чтобы проверить эти две гипотезы, авторы в разные годы провели ЧЕТЫРЕ НЕЗАВИСИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ. В качестве индикатора силы религиозных верований использовалась частота молитв (это дело личное), в качестве меры участия в совместных религиозных действиях — частота посещения богослужений (это дело общественное). Если верна гипотеза религиозных верований, то не только частота посещения богослужений, но и частота молитв должна быть хорошим предиктором поддержки (одобрения) людьми экстремальных актов ПА. Если же верна гипотеза преданности коалиции, то посещение богослужений должно коррелировать с поддержкой таких актов намного сильнее, чем молитвы. Наконец, если религиозность вообще не влияет на ПА, то ни то ни другое не должно коррелировать со степенью одобрения суицидальных террористических актов.

ПЕРВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ проводилось среди взрослых мусульман

— палестинцев (жителей западного берега реки Иордан и Сектора Газа) в 1999 году. Вопросы задавались в приватной обстановке на дому у испытуемых. Опросили 572 мужчин и 579 женщин (средний возраст — около 34 лет). Людей спрашивали, насколько важна для них религия, как часто они молятся, как часто посещают мечеть и одобряют ли поступки террористов-смертников (при этом использовался термин "мученическая смерть"). На последний вопрос положительно ответили 23 %. При обработке полученных результатов вносились необходимые поправки на пол, возраст, уровень образования, материальное положение, статус беженца (беженец или нет), поддержку идей управления Палестиной по законам шариата и мирного урегулирования политических конфликтов.

Во-первых, выяснилось, что между частотой молитв и частотой посещений мечети хоть и есть положительная корреляция, но не слишком строгая. Есть люди, которые молятся часто, но в мечеть ходят редко, есть и те, кто поступает наоборот. Это позволяет рассматривать эти два показателя как отчасти независимые.

Была выявлена четкая положительная корреляция между частотой молитв и степенью приверженности религии (люди, молящиеся пять раз в день, говорили, что религия для них "очень важна", в 6,6 раз чаще, чем люди, молящиеся реже). Напротив, между частотой посещения мечети и степенью приверженности религии связи не обнаружилось. Точнее, она, конечно, есть, но только до тех пор, пока не будут внесены поправки на частоту молитв. Иными словами, частота молитв (с поправкой на частоту посещений) является хорошим предиктором степени приверженности религии, а частота посещений (с поправкой на частоту молитв) таковым не является.

Обратная картина выявилась в отношении степени одобрения суицидальных террористических актов. Частота посещений богослужений — хороший предиктор одобрения террористов (люди, посещающие мечеть не менее одного раза в день, выражали поддержку террористам в 2,1 раза чаще, чем те, кто ходит в мечеть реже). Частота молитв, напротив, не коррелирует с данным показателем.

ВТОРОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ было проведено в 2006 году и было, по сути, повторением первого. Участвовали 719 палестинских студентов-мусульман (360 мужчин, 359 женщин). По сравнению с первым исследованием в выборке оказалось заметно больше усердно молящихся, а регулярных посетителей мечети — меньше. Чтобы проверить устойчивость результатов, испытуемым теперь задавали ключевой вопрос о поддержке террористов другими словами. Их

спрашивали: "Какова, по вашему мнению, позиция ислама в отношении бомбиста, который убивает себя для того, чтобы убить своих врагов, как это делают некоторые палестинцы? По-вашему, ислам запрещает, допускает, поощряет или требует таких поступков ради защиты ислама и палестинского народа?" Ответы распределились так: 4,2 % опрошенных ответили "запрещает", 59 % — "допускает", 23,8 % — "поощряет" и 13 % — "требует". Исследователи сосредоточились на последнем варианте, так как их интересовали именно крайности. Однако при объединении двух последних вариантов выводы все равно получаются такие же. Снова оказалось, что поддержка террористов-смертников сильно коррелирует с частотой посещения богослужений, но не зависит от частоты молитв. Люди, посещающие мечеть более одного раза в день, в 3,58 раза чаще утверждали, что ислам требует от своих последователей самоубийственных актов террора, по сравнению с теми, кто посещает мечеть реже.

Положительная корреляция между поддержкой терроризма и посещением богослужений не может быть объяснена только пропагандой, которую клерикалы и активисты экстремистских организаций могут проводить среди посетителей мечети. Корреляция осталась статистически значимой и после того, как были внесены поправки на степень поддержки ХАМАС и других экстремистских организаций и на степень "дегуманизации" израильтян (испытуемых, помимо прочего, спрашивали, считают ли они, что израильтянам свойственно сочувственное и заботливое отношение к своим родным, чувство боли при гибели любимого человека и т. п. Примерно 10 % палестинцев, как выяснилось, убеждены, что израильтянам не свойственны такие чувства).

ТРЕТЬЕ ИССЛЕДОВАНИЕ проводилось среди израильских поселенцев в Секторе Газа и на западном берегу Иордана. Участвовали 198 человек (100 мужчин, 98 женщин), которых случайным образом разделили на три группы. Первой группе "напомнили" о посещении синагоги, спросив, как часто они туда ходят. Второй группе "напомнили" о молитвах, спросив, как часто они молятся. Третьей группе, контрольной, ни о чем не "напоминали". Затем всем был задан вопрос о поддержке суицидальных террористических актов, совершаемых израильтянами против мусульман. Правда, израильтяне не совершают таких актов, но один похожий случай все же был: в 1994 году Барух Гольдштейн расстрелял 29 мусульман и многих ранил, после чего сам был убит. Именно об отношении к этому поступку и

спрашивали респондентов (задавался вопрос, считают ли они поступок Гольдштейна героическим). В первой группе (которую спрашивали о посещении синагоги) на этот вопрос положительно ответили 23 % испытуемых, во второй (которую спрашивали о молитвах) — лишь 6 %, в контрольной группе — 15 %. Выполненный по всем правилам статистический анализ показал, что напоминание о синагоге достоверно повысило вероятность положительного ответа на вопрос о героизме Гольдштейна, а напоминание о молитве — понизило, но недостоверно.

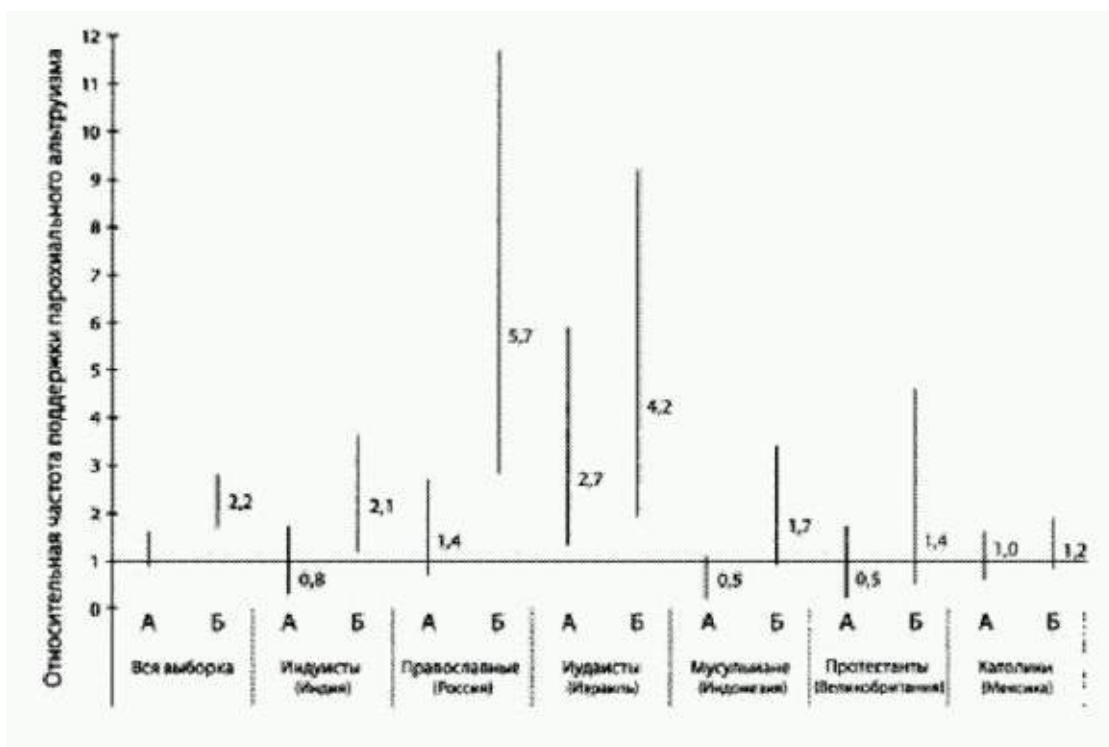
ЧЕТВЕРТОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ было кросскультурным. Опрашивались репрезентативные выборки из шести групп верующих (общее число опрошенных — 4704): индонезийские мусульмане, индийские индуисты, русские православные, израильские иудеи, британские протестанты и мексиканские католики. Всех участников спрашивали, регулярно ли они молятся (58,6 % ответили "да", 41,4 % — "нет"), регулярно ли посещают "организованные религиозные службы" (42 % — "да", 58 % — "нет"). Парохиальный альтруизм оценивали по ответам на два вопроса: "Готовы ли вы умереть за свою веру?" и "Считаете ли вы, что во многих бедах этого мира виноваты иноверцы?". Положительно ответили на оба вопроса 9 % участников. Именно их исследователи и рассматривали как лиц с сильной склонностью к ПА. Всем была задана также серия вопросов для выявления глубины религиозных верований.

В этом исследовании, так же как и в первом, частота молитв оказалась более надежным предиктором степени приверженности религиозным верованиям, чем посещение организованных служб. И так же, как во всех предыдущих исследованиях, частота посещения богослужений оказалась надежным предиктором склонности к ПА, тогда как частота молитв таковым не оказалась (см. рисунок на с. 456).

Авторы отмечают, что положительная связь между частотой посещения богослужений и склонностью к ПА сильнее всего выражена у русских православных, причем отличие от всей остальной выборки по этому признаку статистически достоверно. Это вовсе не значит, что православные активнее поддерживают ПА: это значит лишь, что у православных сильнее связь между частым посещением церкви и поддержкой ПА. Отрицательная связь между регулярностью молитв и склонностью к ПА сильнее всего выражена у индонезийских мусульман. Впрочем, авторы признают, что шесть национальных выборок сильно отличались друг от друга по многим параметрам и что поэтому не стоит делать слишком далеко идущие выводы на основе тех

межконфессиональных различий, которые так бросаются в глаза на рисунке.

Таким образом, авторы получили веские доводы против идеи о том, что сама по себе религиозная вера способствует ПА и суицидальным террористическим актам (как крайнему проявлению ПА). С другой стороны, они подтвердили гипотезу преданности коалиции, то есть идею о том, что участие в совместных религиозных действиях, таких как богослужение в храме, повышает склонность к ПА и к одобрению поступков террористов-самоубийц. Конечно, полученные результаты позволяют обоснованно судить только об "одобрении", а не о реальных терактах. Хотя в общем-то очевидно, что без одобрения и моральной поддержки единоверцев движение террористов-самоубийц едва ли смогло бы принять такие масштабы.



Относительная вероятность поддержки парохимального альтруизма в зависимости от частоты молитв и посещения богослужений во всей выборке, а также по отдельности в шести группах верующих. Вертикальные линии — 95-процентные доверительные интервалы. Числа — средние значения. Они показывают, во сколько раз чаще люди, регулярно молящиеся (А) или посещающие храмы (Б), обнаруживали склонность к ПА по сравнению с людьми, которые молятся или посещают храмы нерегулярно. По рисунку из Ginges et al., 2009.

Авторы заключают, что связь между религией и поддержкой террористов-самоубийц абсолютно реальна, но при этом она, похоже, не имеет отношения к религиозным верованиям как таковым. Ключевое значение здесь имеют не личные взгляды и убеждения, а совместные религиозные действия, адаптивная роль которых, возможно, с самого начала как раз и заключалась в укреплении парохияльного альтруизма.

Как соотносится это исследование с дилеммой о природе религии ("полезная адаптация или побочный продукт"), которая обсуждалась выше? Очевидно, эта работа подкрепляет идею "полезной адаптации". ПА, несомненно, был важнейшим фактором выживания для разобщенных групп двуногих гоминид в африканской саванне, да и много позже. Религии, укреплявшие ПА, поначалу, скорее всего, были весьма "адаптивны". Но в современном обществе ПА явно стал опасным и нежелательным пережитком прошлого. Равно как и те социальные институты, которые его культивируют.

Способствует ли религиозность населения процветанию общества?

Среди социологов нет единого мнения о том, какую роль — положительную или отрицательную — играет религия в современных высокоразвитых обществах. Одни авторы утверждают, что массовая вера в бога или богов, поощряющих высокоморальное поведение и наказывающих за грехи, способствует общественному благополучию (снижению преступности, коррупции, экономическому процветанию). Другие доказывают, что разумная политика светских правительств гораздо важнее для процветания общества, чем массовая религиозность населения. Некоторые факты указывают и на возможное негативное влияние религиозности. Серьезных научных исследований по данному вопросу проведено на удивление мало. Отчасти это связано с тем, что изучение подобных вопросов часто наталкивается на разнообразные препятствия морально-этического и политического характера.

В 2009 году этот пробел попытался восполнить Грегори Пол — независимый американский исследователь с широким кругом интересов, простирающихся от палеонтологии (Пол известен как авторитетный специалист по динозаврам) до социологии и религиоведения. Пол провел комплексный кросснациональный анализ, целью которого была проверка двух альтернативных гипотез о влиянии массовой религиозности на общественное благополучие (Paul, 2009). Первая из этих гипотез постулирует сильное положительное влияние массовой веры в бога (богов), равнодушных к вопросам морали, на социально-экономическое благополучие общества. Вторая гипотеза предполагает, что религиозность в современных развитых обществах является, наоборот, негативным фактором, тормозящим рост социального благополучия. Теоретически возможен и третий вариант: религиозность вообще не оказывает влияния на ключевые социально-экономические показатели или ее влияние полностью перекрыто" и замаскировано другими, более важными факторами. Первая гипотеза предсказывает наличие положительной корреляции между религиозностью общества и общественным благополучием, вторая предсказывает отрицательную корреляцию, третья — отсутствие значимой корреляции.

В действительности, конечно, все сложнее, и пространство логических возможностей не исчерпывается перечисленными

гипотезами. Например, уровень религиозности может быть не причиной, а следствием того или иного уровня общественного благополучия, которое, в свою очередь, зависит от каких-то иных факторов. Тогда мы будем наблюдать значимую корреляцию между религиозностью и благополучием, но эта корреляция не будет свидетельствовать о влиянии первой на второе. То же самое может наблюдаться и в том случае, если какой-либо "третий фактор" одновременно влияет и на религиозность, и на благополучие общества. Как обойти эти методологические трудности? Один из возможных путей — включить в анализ как можно больше переменных, в идеале — учесть все доступные социально-экономические показатели, которые могут иметь отношение к делу. В этом случае вероятность того, что из поля зрения исследователя выпадут ключевые факторы, так или иначе связанные с интересующими нас показателями (религиозностью и общественным благополучием), станет минимальной.

Именно это и попытался сделать Пол. В анализ он включил только данные по благополучным, процветающим демократическим государствам "первого мира" с населением около 4 млн человек или более. Всего было учтено 17 стран, данные по которым в международных базах и опубликованных сводках являются наиболее полными, достоверными и взаимно сравнимыми: США, Ирландия, Италия, Австрия, Швейцария, Испания, Канада, Новая Зеландия, Австралия, Нидерланды, Норвегия, Англия, Германия, Франция, Дания, Япония, Швеция. Список приведен в порядке убывания комплексного показателя религиозности населения (см. ниже): от самых религиозных стран к наиболее светским. Пол не включил в анализ страны второго и третьего мира, потому что это привело бы к трудноразрешимым методологическим проблемам. Например, среди этих стран наименьший уровень религиозности характерен для ряда посткоммунистических государств, но при этом очевидно, что низкий уровень религиозности связан не столько с уровнем общественного благополучия, сколько с последствиями длительного насаждения коммунистической идеологии. Кроме того, в странах, включенных в анализ, люди могут более или менее свободно выбирать мировоззрение, тогда как в некоторых странах третьего мира за публичный отказ от общепринятой религии могут и голову отрубить — тут уж не до кросскультурного анализа.

Для оценки уровня религиозности населения использовалось около дюжины показателей, в том числе: доля людей, безоговорочно верящих в бога-творца (или богов-творцов); "библейских литералистов" —

людей, настаивающих на буквальном понимании Библии; регулярных участников коллективных богослужений; регулярно молящихся; верящих в загробную жизнь, рай и ад; доля атеистов и агностиков; доля людей, признающих происхождение человека путем эволюции от низших животных, и т. д. Всевозможные суеверия и антинаучные представления (например, вера в привидения или астрологию) в данном исследовании не считались показателями религиозности. По мнению автора, такие взгляды имеют гораздо меньшее социально-политическое значение, чем приверженность "настоящим" религиям. Все эти показатели анализировались как по отдельности, так и вместе: автор составил из них комплексный "индекс религиозности населения", который в свою очередь сопоставлялся с индивидуальными и комплексными показателями общественного благополучия.

Для оценки уровня благополучия общества Пол отобрал 25 наиболее достоверных социально-экономических показателей, в том числе число убийств и самоубийств (отдельно рассматривались самоубийства среди молодежи), детская смертность, продолжительность жизни, частота заболеваний гонореей и сифилисом (отдельно — среди подростков), число аборт среди несовершеннолетних, число родов в возрасте 15–17 лет, число бракосочетаний и разводов, потребление алкоголя, уровень удовлетворенности жизнью, доход на душу населения, уровень имущественного неравенства (так называемый индекс Джини), бедности, коррупции, безработицы и др. Из всех этих показателей Пол сконструировал комплексный "индекс общественного благополучия", который использовался в исследовании наряду с индивидуальными социально-экономическими показателями. Кроме того, были учтены показатели, отражающие уровень разнородности (фракционализации) общества, число иммигрантов, экологическую ситуацию в стране.

Пол обнаружил сильную и статистически достоверную положительную корреляцию между благополучием общества и уровнем его "светскости". Эта корреляция хорошо видна при сопоставлении как комплексных, так и индивидуальных показателей религиозности и социально-экономического благополучия. Оказалось, что чем выше религиозность населения, тем ниже уровень общественного благополучия в стране, и наоборот.

Большинство индивидуальных показателей общественного благополучия согласуются с этой общей закономерностью, однако есть и исключения. Так, уровень убийств положительно коррелирует с

религиозностью только за счет США, поскольку в этой наиболее религиозной стране число убийств на душу населения намного выше, чем в любом другом государстве "первого мира". Если исключить из рассмотрения США, корреляция пропадает, так как в остальных 16 странах уровень убийств, по-видимому, уже приблизился к своему потенциально достижимому минимуму.

Уровень самоубийств, по данным Пола, практически не зависит от религиозности населения (результаты по самоубийствам среди молодежи чуть-чуть в пользу светских стран, по самоубийствам среди людей всех возрастов — в пользу религиозных). Слухи об аномально высоком уровне самоубийств в малорелигиозных скандинавских странах — не более чем слухи.

Сильная положительная корреляция обнаружилась между религиозностью населения и детской смертностью: чем религиознее страна, тем выше детская смертность. Корреляция между религиозностью и продолжительностью жизни направлена в ту же сторону, но выражена слабее.

Число аборт среди несовершеннолетних достоверно ниже в светских странах, чем в религиозных. Достоверных корреляций между религиозностью и потреблением алкоголя не выявлено. Результаты по бракосочетаниям и разводам неоднозначны; в целом здесь небольшое преимущество на стороне религиозных стран (хотя религиозные США по числу разводов отстают только от совершенно не религиозной Швеции). Уровни удовлетворенности жизнью и безработицы не коррелируют с религиозностью, по уровню коррупции ситуация чуть лучше в менее религиозных странах.

По производству ВВП религиозные страны чуть впереди, однако по уровню имущественного равенства нерелигиозные страны их резко опережают (чем выше уровень религиозности, тем выше индекс Джини, отражающий неравномерность распределения материальных благ среди населения). В соответствии с этим и процент бедняков в религиозных странах выше. Итоговый баланс — однозначно в пользу нерелигиозных стран.

Из этого автор делает вывод, что гипотезу о сильном положительном влиянии массовой религиозности на социально-экономическое благополучие общества можно уверенно отвергнуть.

Обсуждая природу выявленных корреляций, автор опирается не только на свои результаты, но и на множество дополнительных фактов и литературных данных. По мнению Пола (как и ряда других авторов), все

указывает на то, что между уровнем массовой религиозности и общественным благополучием действительно существует причинная связь, однако направлена она не от религиозности к благополучию, а в обратную сторону. Иными словами, чем увереннее и спокойнее чувствуют себя люди (прежде всего представители среднего класса) в своем социальном окружении, чем меньше они тревожатся за свое экономическое благополучие, тем слабее их потребность искать утешение и защиту в религии. С другой стороны, Пол не исключает и возможность негативного влияния массовой религиозности на общественное благополучие (хотя и считает это влияние менее существенным, чем обратное).

Автор провел свой анализ на основе данных по современному состоянию дел в 17 изученных странах. Если вывод об отрицательной корреляции между религиозностью и общественным благополучием верен, то это должно быть видно и в исторической перспективе. По мере улучшения жизненных условий в той или иной стране уровень религиозности должен снижаться, и наоборот. Чтобы это проверить, нужно иметь достоверные и, главное, сравнимые количественные данные по разным историческим эпохам, а с этим дело пока обстоит туго. Те данные, которые есть в распоряжении исследователей сегодня, в целом подтверждают выводы Пола. Например, в США со времени окончания Второй мировой войны число людей, не верящих в бога, выросло почти втрое и соответственно сократилось число верующих (хотя на сегодняшний день США — самое религиозное из 17 исследованных государств). Другие данные, несмотря на свою неполноту, показывают, что процесс секуляризации неуклонно идет в последние десятилетия практически во всех странах "первого мира". Пол подчеркивает, что атеизм — единственное из мировоззрений, которое в наши дни эффективно распространяется в "первом мире" путем конверсии, то есть обращения (переубеждения) сторонников иных взглядов. Динамика численности приверженцев религий, напротив, зависит в основном от рождаемости среди верующих и миграционных процессов.

Секуляризация общества в развитых странах, по-видимому, может ускоряться благодаря положительной обратной связи.

Известно, что принадлежность к доминирующей религии может давать людям определенные материальные преимущества. Однако эти преимущества слабеют по мере того, как в социальном окружении индивида растет число неверующих (или приверженцев других

религий). Иными словами, чем больше в стране атеистов, тем менее выгодно быть верующим.

По мнению Пола, полученные им результаты противоречат широко распространенной точке зрения, согласно которой склонность к религиозным верованиям и креационизму является одним из глубинных, основополагающих свойств человеческой психики. Этой точки зрения, как мы помним, придерживаются ведущие специалисты в области эволюционного религиоведения, в том числе упоминавшиеся выше Пол Блум и Паскаль Буайе. Но если бы это было так, рассуждает Грегори Пол, едва ли мы наблюдали бы столь большие различия между государствами по уровню массовой религиозности. Ведь по таким действительно основополагающим психическим и поведенческим признакам, как, например, речь или стремление к обладанию материальными благами, варибельность крайне мала или вовсе отсутствует. Полученные результаты, по мнению автора, скорее свидетельствуют о том, что религиозность — относительно "поверхностный", гибкий, переменчивый психологический механизм, помогающий справляться со стрессом и тревогой в малоэффективном обществе с низким уровнем социально-экономической стабильности и защищенности. Массовый отход от веры в бога-творца в свою очередь является естественной реакцией людей на улучшение жизненных условий.

Вопрос о причинах выявленной Полом отрицательной корреляции между религиозностью и общественным благополучием пока остается открытым. Новое исследование, проведенное американским социологом Жоржем Деламонтанем, не подтвердило гипотезу о прямой причинно-следственной связи между неблагополучием и религиозностью в США. В свете новых данных более вероятной кажется версия о том, что оба явления представляют собой независимые следствия общей причины — социального, имущественного и образовательного неравенства (*Delamontagne, 2010*).

Исследование Деламонтаня отчасти повторяет работу Пола, однако автор постарался учесть критические замечания, высказанные экспертами по поводу примененных Полом методик. Если Пол опирался на попарные корреляции между исследуемыми показателями и сравнивал данные по 17 странам первого мира, то Деламонтань применил более хитрую статистическую методику (мультивариантный регрессионный анализ) к данным по 50 штатам США. Увеличение выборки сравниваемых объектов от 17 до 50 повысило статистическую

достоверность результатов.

Автор использовал 13 показателей благополучия: число убийств, число преступлений с применением насилия, количество заключенных, число беременностей, аборт и родов среди несовершеннолетних, число случаев ожирения, число курящих, потребление алкоголя, общее здоровье, детская смертность, ожидаемая продолжительность жизни, число самоубийств.

Отдельно рассматривались три показателя, которые, по мнению автора, в той или иной степени отражают социальное неравенство: 1) образовательный уровень (оценивался по доле людей, имеющих степень бакалавра или выше); 2) доля афроамериканцев; 3) медианный уровень дохода на семью. В исследовании Грегори Пола первые два показателя не учитывались, а доход (наряду с показателем имущественного неравенства) рассматривался как один из компонентов совокупного "индекса общественного благополучия".

Для оценки уровня религиозности использовались результаты социологических опросов, в ходе которых респондентов просили сообщить, как часто они молятся и посещают богослужения, насколько важную роль играет религия в их жизни, верят ли они в то, что священные тексты их религии абсолютно истинны и являются "словом Божьим", и т. д. По совокупности ответов на подобные вопросы автор рассчитал "обобщенную меру религиозности" для каждого штата. Результаты подтвердили хорошо известный факт неравномерного распределения религиозности по территории США. Наиболее религиозны Юг и Средний Запад; на Северо-Востоке уровень религиозности существенно ниже (примерно как в других странах первого мира).

Полученные Деламонтанем результаты во многом совпали с полученными ранее Полом. Однако выявились и новые факты, позволяющие уточнить и отчасти пересмотреть сделанные Полом выводы.

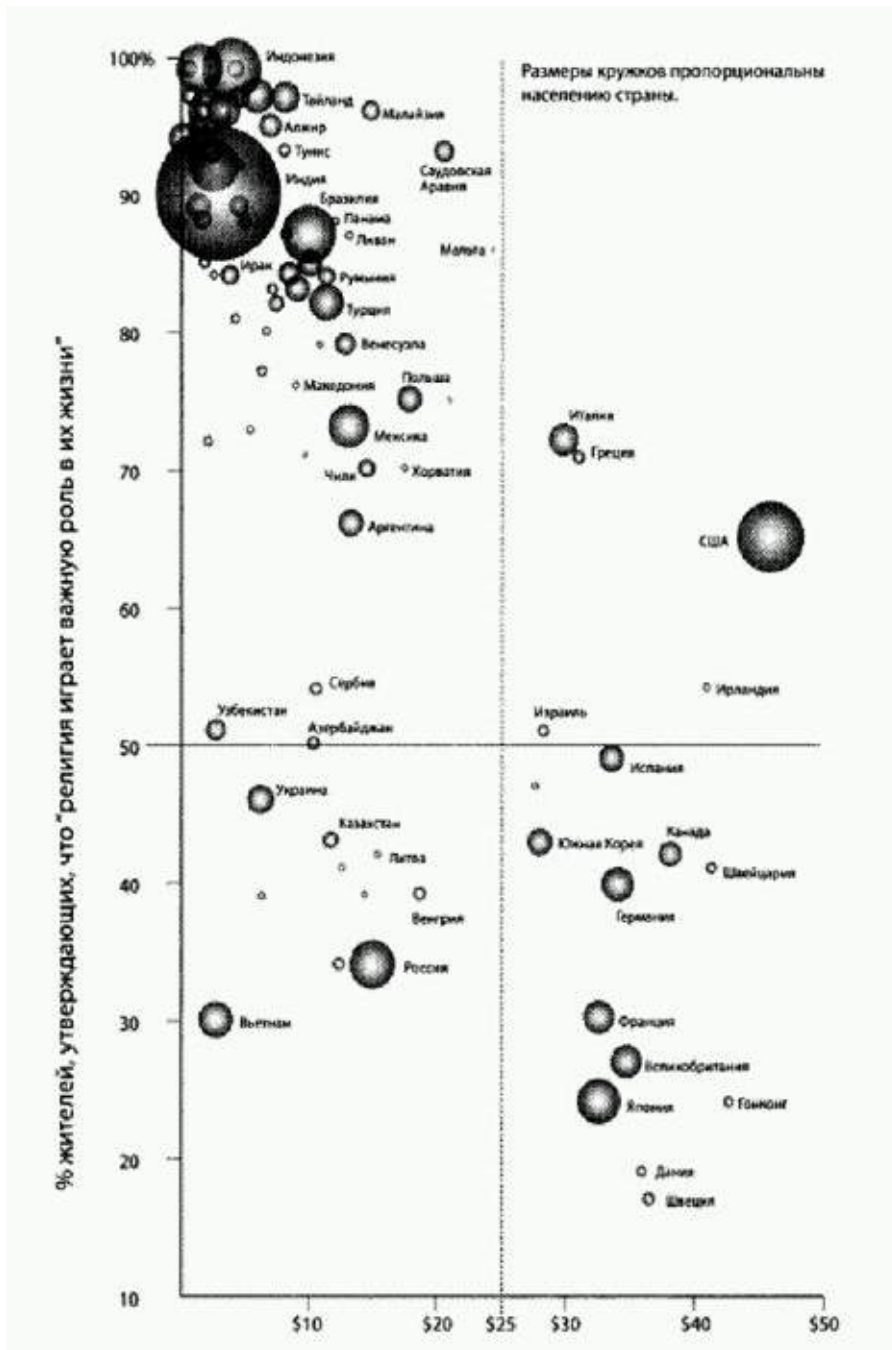
В частности, исследование показало, что в штатах с высоким уровнем религиозности достоверно больше заключенных; несовершеннолетние девочки реже делают аборт, но чаще рожают; больше случаев ожирения, но ниже потребление алкоголя, а ожидаемая продолжительность жизни меньше, чем в нерелигиозных штатах. В целом ситуация по 13 показателям общественного благополучия в религиозных штатах оказалась хуже, чем в нерелигиозных. Но подтверждает ли это гипотезу о том, что религиозность снижает

общественное благополучие?

По-видимому, нет. Дело в том, что наблюдаемые различия по 13 "показателям благополучия" между штатами сильнее коррелируют с "показателями социального неравенства" (уровнем образования, доходом и процентом афроамериканцев), чем с религиозностью. Показатели благополучия в штате тем ниже, чем больше в нем афроамериканцев, чем ниже доход населения и доля образованных людей. По каждому из этих трех показателей можно предсказать уровень общественного благополучия в штате точнее, чем по уровню религиозности.

Оказывает ли уровень общественного неблагополучия непосредственное влияние на уровень религиозности? (Как мы помним, именно к этой версии склоняется Грегори Пол.)

Деламонтань отвечает отрицательно и на этот вопрос. С одной стороны, уровень религиозности в штате тем выше, чем больше в нем совершается убийств и преступлений с применением насилия (а также чем больше в нем заключенных, лиц, страдающих ожирением, случаев родов у несовершеннолетних и чем ниже показатель "общего здоровья"). Однако по доле афроамериканцев, образованных людей и по медианному уровню дохода уровень религиозности в штате можно предсказать точнее, чем по 13 показателям "общественного благополучия". Религиозность в штате тем выше, чем больше в нем афроамериканцев, чем ниже доход и образовательный уровень.



Соотношение уровня религиозности и ВВП на душу населения в некоторых странах мира. По данным Института Гэллпа.

Итак, отрицательная корреляция между религиозностью и "общественным благополучием", показанная Полом путем сравнения 17 стран первого мира, подтвердилась в ходе сравнительного анализа 50 штатов США. Однако новое исследование не подтвердило вывод Пола о существовании причинно-следственной связи между этими величинами.

Более вероятным представляется предположение о том, что оба показателя зависят от факторов, связанных с социальным неравенством.

Грегори Пол предполагал, что общественное неблагополучие как таковое (уровень убийств, детской смертности, пьянства, абортс среди несовершеннолетних и т. п.) снижает у людей чувство защищенности и уверенности в завтрашнем дне, а это в свою очередь заставляет их искать утешения в религии. Жорж Деламонтань приходит к выводу, что ключевым фактором является доля людей, в том или ином смысле обездоленных — бедных, необразованных или относящихся к традиционно угнетавшемуся расовому меньшинству. Именно от доли таких людей в обществе зависят, с одной стороны, показатели "общественного благополучия", а с другой — уровень религиозности.

Напомню, что все сказанное относится только к наиболее развитым странам "первого мира". На Россию эти выводы, очевидно, переносить нельзя, а столь же солидных исследований по России не проводилось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция продолжается

Многих интересует, продолжается ли эволюция человека сегодня, и если да, то куда она идет. Станем ли мы умнее, чем теперь? Будут ли у нас пудовая голова на тщедушном тельце и пальчики, приспособленные под раскладку QWERTY? Или нет, под QWERTY только левая. Правая — мышевая. А может, мы просто возьмем да и вымрем под грузом вредных мутаций?

Как правило, серьезные ученые воздерживаются от подобных прогнозов, отговариваясь недостаточностью данных, недоработанностью моделей и высокой степенью стохастичности рассматриваемых процессов (то есть большой ролью случайности в эволюции вообще и в эволюции человека в частности). Все это верно. Но я уже пару раз намекал на свое отношение к чрезмерной серьезности. Тем более что некоторые обоснованные утверждения сделать все-таки можно.

Начнем с того, что биологическая эволюция человека не прекратилась и вряд ли когда-нибудь прекратится. Это нетрудно доказать, что называется, на пальцах, чем мы сейчас и займемся.

Эволюция — это прежде всего изменение частот аллелей (генетических вариантов) в популяции. Два основных механизма изменения частот аллелей — генетический дрейф и естественный отбор. Начнем с дрейфа.

Генетический дрейф — это случайные, ненаправленные колебания частот аллелей. Под "юрисдикцией" дрейфа находятся в первую очередь нейтральные генетические различия, то есть такие, которые не влияют или слабо влияют на репродуктивный успех особи (число оставляемых потомков). Случайные колебания частот аллелей абсолютно неизбежны хотя бы просто потому, что в силу огромного количества всевозможных случайных причин разные особи оставляют разное число потомков. Пример действия генетического дрейфа мы рассмотрели в главе "От эректусов к сапиенсам", когда говорили о митохондриальных Евах. Неизбежность появления этих Ев — одно из следствий генетического дрейфа. Этот пример показывает, что при всей своей случайности генетический дрейф приводит к вполне предсказуемым последствиям.

За счет дрейфа частоты аллелей все время потихонечку меняются. А это значит, что эволюция идет. Остановить дрейф может только чудо.

Для этого нужно, чтобы аллель, частота которого в данном поколении составляет, положим, 25,0632001 %, в следующем поколении имел точно такую же частоту. С точностью до всех знаков, соответствующих целому числу людей. И чтобы в третьем поколении его частота осталась точно такой же. И в четвертом, и в пятом, и всегда.

Как этого добиться? Ну, можно заставить каждого человека иметь ровно двух детей — не больше и не меньше. Одного мальчика и одну девочку. Это поможет, но не сильно. Потому что каждому ребенку достается случайно выбранная половина ваших генов. Каким-то генам обязательно повезет больше, каким-то меньше. Какой-то из ваших генов достанется обоим детям, какой-то — никому. Чтобы полностью остановить дрейф, нужно взять под контроль еще и образование половых клеток — гамет. Специально брать от каждого человека две такие гаметы, в которых нет ни одного повтора, в которых представлены абсолютно все гены данного родителя, причем каждый — ровно в одном экземпляре. Простым выбором из имеющегося разнообразия гамет тут не обойтись, особенно у женщин. Они производят слишком мало яйцеклеток. Придется конструировать геномы гамет искусственно. Адский труд — и при этом совершенно никому не нужный.

За счет дрейфа, как мы видели на примере с митохондриальными Евами, любой нейтральный аллель рано или поздно обязательно достигнет либо нулевой, либо стопроцентной частоты. То есть либо зафиксирован в популяции, либо исчезнет. Причем вероятность первого исхода (закрепления аллеля в популяции) равна частоте аллеля в данный момент времени. Если популяция большая, ждать фиксации придется долго — тысячи, десятки тысяч поколений. В маленькой популяции нейтральные аллели исчезают и фиксируются быстрее.

Но в маленькой популяции возникает и меньше новых мутаций. Например, у каждого новорожденного человека, по имеющимся оценкам, примерно 100 новых мутаций, которых не было у его родителей. Большинство этих мутаций — нейтральные, некоторые (возможно, около десятка) — вредные, и крайне редко появляются полезные мутации. Будем пока для простоты считать, что все мутации нейтральны. Значит, в популяции из тысячи человек в каждом поколении возникает 100 тыс. новых нейтральных мутаций. В популяции из миллиона человек — 100 млн мутаций. Часть из них впоследствии исчезнет из генофонда, часть зафиксированная, то есть достигнет стопроцентной частоты.

Вероятность того, что новая, только что появившаяся нейтральная мутация в итоге зафиксируется в популяции, а не исчезнет, обратно пропорциональна численности популяции. Количество мутаций, появляющихся в популяции, прямо пропорционально ее численности. В итоге, если мы захотим рассчитать, с какой частотой будут фиксироваться в популяции новые мутации, то численность в нашем уравнении просто-напросто сократится. Скорость фиксации мутаций не зависит от численности популяции! Она зависит только от скорости мутагенеза (в нашем случае — 100 мутаций на особь за поколение). Более того, скажу вам по секрету, она просто-напросто равна этой скорости. Если темп мутагенеза у нас 100 мутаций на особь за поколение, то из этого следует, что в каждом поколении в генофонде человечества примерно 100 нейтральных мутаций достигают 100-процентной частоты.

В результате дрейфа популяция неуклонно меняется, накапливая нейтральные мутации. Причем "нейтральные" — это не значит "не проявляющиеся в фенотипе". Они очень даже могут проявляться, просто они не оказывают заметного влияния на репродуктивный успех. В качестве примера такого признака, определяемого одним-единственным геном и, по-видимому, никак не влияющего на репродуктивный успех, можно привести способность сворачивать язык в трубочку. Может быть, через тысячи поколений этой способностью будут обладать все люди на земле. Или, наоборот, никто. Это тоже эволюция.

Впрочем, на одном дрейфе далеко не уедешь. Дрейф не может обеспечить длительное эволюционное движение в какую-то определенную сторону. Он не может придать эволюции направленность, потому что распоряжается в основном нейтральными генетическими различиями. Он не способен создать новую адаптацию.

Все это может сделать естественный отбор. Действует ли отбор на современных людей? Многие почему-то считают, что не действует. Трудно сказать, откуда пошел этот миф. На самом деле остановить отбор ничуть не легче, чем положить конец генетическому дрейфу. Судите сами: чтобы отбор перестал действовать на людей, нужно добиться, чтобы никакие генетически обусловленные различия между людьми абсолютно никак не влияли на число оставляемых потомков. Для этого нужно, например, чтобы самые тяжелые наследственные заболевания влияли на репродуктивный успех ничуть не сильнее, чем умение сворачивать язык в трубочку. Ясно, что в среднем люди,отягощенные множеством вредных мутаций, оставляют меньше

потомков, чем люди, у которых вредных мутаций мало (под "вредностью" будем пока понимать вред для здоровья).

Дело, конечно, не ограничивается наследственными болезнями. Вспомните первый закон генетики поведения: все поведенческие признаки зависят от генов! Можно ли, оставаясь в здравом уме, предположить, что количество детей, произведенных человеком, не зависит от его поведения?

Несомненно, отбор продолжает на нас действовать. Но вот как именно — вопрос непростой, и конкретных фактов известно пока мало. Ясно, что направленность отбора в постпалеолитических обществах самым радикальным образом зависит от культуры, от принятого в данном социуме образа жизни. Японцы, возможно, отбирались на способность переваривать водоросли, скотоводческие племена — на производство лактазы во взрослом состоянии, многие африканские народы — на устойчивость к малярии, кочевые охотники-собиратели Южной Америки — на авантюризм и стремление к новизне. Но вот для племен, не употребляющих молоко, производство лактазы во взрослом состоянии — бесполезный и даже немножко вредный признак (тратятся ресурсы на синтез лишнего белка). Для оседлых земледельцев немножко вреден "ген авантюризма". И так далее. Направленность отбора разная в разных культурах.

Между тем культурная эволюция в последние столетия в большинстве социумов идет такими семимильными шагами, что факторы отбора, наверное, успевают сменить направление по несколько раз за время жизни одного поколения. Пока образ жизни людей не "устаканится", социальная среда не стабилизируется — в общем, пока не наступит остановка социального и культурного развития человечества (а я, честно говоря, надеюсь, что в ближайшие тысячелетия этого не произойдет), говорить о надежных и детальном эволюционных прогнозах довольно бессмысленно. Пусть историки и социологи распишут биологам во всех подробностях социально-культурное развитие человечества на ближайшие 100 тыс. лет, и тогда биологи, возможно, сумеют дать обоснованный прогноз дальнейшего хода биологической эволюции *Homo sapiens*.

В общем, если читатель разочарован отсутствием в этой книге внятных прогнозов, пусть знает: во всем виноваты историки с социологами.

Что касается конкретных фактов о направленности отбора в наши дни, то они пока не очень впечатляют: слишком мало таких

исследований проведено, и в круг внимания исследователей попало слишком мало признаков, которые потенциально могут влиять на репродуктивный успех.

Например, есть данные о связи между числом детей и такими чертами личности, как экстраверсия и невротизм. Обе эти психические характеристики в значительной мере наследственны (*Viken et al., 1994*). Экстраверсия у мужчин, как правило, положительно коррелирует с числом половых партнеров и социальным статусом. Для некоторых современных обществ показано, что мужчины-экстраверты оставляют больше детей по сравнению со своими соплеменниками — интровертами. Однако экстраверты в среднем чаще попадают в опасные переделки и получают травмы. Возможно, этим уравновешивается их преимущество (и поэтому интроверты до сих пор не вымерли). Высокий уровень невротизма у женщин может повышать плодовитость, но при этом снижать "качество" потомства (детям достается меньше заботы, что уменьшает их шансы на успешное воспроизводство). Низкий уровень невротизма, наоборот, ассоциируется с меньшим количеством детей, в каждого из которых вкладывается больше ресурсов. Максимальный репродуктивный успех в итоге могут иметь женщины со средним уровнем невротизма. К сожалению, такие исследования пока выполнены лишь на отдельных культурах, и неясно, насколько всеобщими могут быть подобные закономерности (*Alvergne et al., 2010*).

Еще один пример: по результатам 60 лет наблюдений за 5000 женщин, проживающих в Северной Америке, удалось показать, что отбор в настоящее время благоприятствует следующим женским фенотипическим признакам (*Coyne, 2009*):

1. рост немного ниже среднего (можно ожидать уменьшения среднего роста североамериканских женщин на 2,1 см в течение следующих десяти поколений);

2. вес немного выше среднего (женщины поправятся на 1,4 % за десять поколений, если характер отбора не изменится);

3. невысокий уровень артериального давления и холестерина (холестерол упадет на 3,6 %, давление — на 1,9 % за десять поколений);

4. более ранние первые роды (средний возраст, в котором североамериканская женщина рождает первого ребенка, уменьшится за десять поколений на 1,7 %: от 26,18 до 25,74 лет);

5. более позднее наступление менопаузы (увеличится на 1,6 %, или 0,8 лет, за десять поколений).

Впрочем, даже эти (честно говоря, не очень интересные) выводы не

являются окончательными и бесспорными. В расчетах учитывалась степень наследуемости признаков, оценить которую в ряде случаев можно лишь приблизительно. И потом, все эти прогнозы основаны на допущении — совершенно, кстати, нереалистичном, — что образ жизни (включая диету) и факторы отбора, действующие на североамериканских женщин, не изменятся в течение десяти поколений.

Вырождаемся?

Ходят упорные слухи, что человечеству грозит генетическое вырождение. Об этом твердят многие журналисты и философы. И надо признать, что слухи эти возникли не на пустом месте. Многие ученые всерьез рассматривают такую возможность. Похоже, у нас действительно есть повод для беспокойства.

Проблема в том, что культурно-социальный и научно-технический прогресс ведет к ослаблению очищающего отбора — того самого, что отвечает за отбраковку вредных мутаций. Речь идет прежде всего о так называемых **слабовредных** мутациях, каждая из которых сама по себе не очень сильно снижает жизнеспособность и плодовитость, но когда их накапливается много, суммарный эффект становится ощутим.

Люди или другие животные, отягощенные множеством слабовредных мутаций, отличаются слабым здоровьем, у них могут быть понижены иммунитет, интеллект, энергичность, быстрота реакции, плодовитость, продолжительность жизни, сексуальная привлекательность и все прочее, для чего нужны "хорошие гены". Слабовредные мутации возникают в каждом поколении, и если отбор их не отсеивает, они накапливаются. Каждый новорожденный человек несет в своем геноме, вероятно, около десяти новых слабовредных мутаций, которых не было у его родителей.

Для начала представим себе ситуацию, в которой отбора нет вообще. Выше мы говорили, что такого не бывает, но вообразить-то можно что угодно. Допустим, мы пытаемся спасти вымирающий вид животных и у нас остались только две особи: самец и самка. Мы их скрестили и получили потомство — одного сына и одну дочь (поколение 1). Допустим, что по каким-то причинам мы не можем получить от пары родителей больше, чем одного сына и одну дочь. У сына будет десять новых слабовредных мутаций, у дочери — тоже десять, но других. Скрещиваем теперь брата с сестрой: у нас просто нет другого выхода, если мы хотим сохранить вид. Вредными последствиями инбридинга (близкородственного скрещивания) давайте для простоты пренебрежем. Получаем потомство — девочку и мальчика. Каждый из них унаследует от каждого родителя в среднем половину его вредных мутаций ($5 + 5 = 10$), плюс еще появится десять новых. Итого, в поколении 2 каждая особь будет иметь в среднем по 20 вредных

мутаций. В поколении 3 будет уже 30 мутаций, и т. д. Вырождение в таких условиях (когда нет никакого отбора) происходит быстро и неотвратно. Очень скоро мы получим поколение настолько слабое, чахлое, болезненное и бессильное, что никакая суперсовременная медицина не поможет получить от этой пары потомство. Без отбора любой вид должен быстро выродиться и погибнуть. Просто потому, что: 1) мутагенез остановить невозможно; 2) большинство не нейтральных мутаций вредны.

Генетическое вырождение в условиях ослабленного отбора — не чисто теоретическое построение, а экспериментально подтвержденный факт. В 1997 году известный биолог-эволюционист Алексей Кондрашов, ныне работающий в Мичиганском университете, и его коллеги Лев Ямпольский и Светлана Шабалина опубликовали результаты эксперимента на дрозофилах, в котором отбор в подопытных популяциях был радикально ослаблен (*Shabalina et al., 1997*). Авторы брали от каждой пары мух одного случайно выбранного сына и одну случайно выбранную дочь. Отобранных таким образом мух делили, опять-таки случайным образом, на брачные пары. Из потомства каждой пары опять брали одного сына и одну дочь, и т. д. Отбор при этом не был полностью отменен, потому что некоторые пары вообще не могли произвести потомство, из некоторых отложенных яиц не выводились личинки, некоторые личинки не могли окуклиться, а из некоторых куколок не выводились взрослые мухи. Очевидно, такая судьба постигала тех, чьи геномы были уж слишком отягощены вредными мутациями. Но тем не менее отбор стал гораздо слабее, чем в природе или в обычной лабораторной популяции, где мухи, живущие в пробирках с кормом, образуют брачные пары по собственному выбору и свободно конкурируют друг с другом за пищу и жизненное пространство. Если отбор не отключать, он вполне способен противостоять вредным эффектам инбридинга, как показывает опыт выведения чистых линий лабораторных животных или, скажем, история древнеегипетских фараонов, регулярно женившихся на родных сестрах.

Через 30 поколений подопытные популяции мух пришли в жалкое состояние. У них резко упали плодовитость и продолжительность жизни. Кроме того, они стали вялыми и, по словам А. С. Кондрашова, "даже не жужжали" (*у нас с А. С. Кондрашовым по этому поводу состоялась занятная дискуссия в интернете, с которой можно ознакомиться по адресам: <http://macroevolution.livejournal.com/36027.html> (часть 1) и*

<http://macroevolution.livejournal.com/38950.html> (часть 2)). Генетическое вырождение налицо.

Есть основания полагать, что в течение последних 100 лет люди (по крайней мере жители развитых стран) оказались в условиях, напоминающих эксперимент Кондрашова. Благодаря развитию медицины, изобретению антибиотиков, решению продовольственной проблемы и росту уровня жизни резко снизилась смертность (а несколько позже и рождаемость). У жителей развитых стран стали выживать почти все родившиеся дети. Кроме того, слабое здоровье перестало быть серьезной помехой для размножения (см. видеозапись публичной лекции А. С. Кондрашова "Эволюционная биология человека и охрана здоровья": http://www.polit.ru/science/2010/10/22/kondrashov_live.html). По мнению Кондрашова, естественный отбор на человека сегодня почти не действует, по крайней мере в развитых странах. Это значит, что выживаемость и плодовитость людей практически перестали зависеть от их генотипа.

Безусловно, опасность накопления вредных мутаций в человеческой популяции существует. Но каков масштаб бедствия? Для точных оценок данных пока недостаточно, но кое-какие основания для сдержанного оптимизма у нас все-таки есть.

Я уже говорил, что современные данные о генетической предопределенности (пускай лишь частичной) большинства поведенческих признаков не позволяют поверить в возможность того, что репродуктивный успех человека больше не зависит от его генотипа. У нас всё зависит от генотипа — доброта, интеллект, счастье в семейной жизни, даже политические взгляды. А ожидаемое число потомков, репродуктивный успех, говорите, не зависит? Немыслимо. Например, признак "возраст рождения первого ребенка" точно имеет ненулевую наследуемость и находится под действием отбора (см. выше). К тому же он наверняка зависит от кое-каких свойств характера, не правда ли? В том числе и от таких, по которым есть наследственная изменчивость (потому что практически все свойства характера имеют ненулевую наследуемость). Следовательно, репродуктивный успех человека, несмотря на все достижения медицины, все равно зависит от генотипа.

Эффективность отбраковки слабовредных мутаций, конечно, снизилась, но все же не обнулилась. Человек, обремененный множеством слабовредных мутаций, будет в среднем более слабым, болезненным, глупым, некрасивым (кособоком — несимметричным). Помимо всего

прочего, он дороже обойдется своим родителям. Если случай будет совсем тяжелый, он заставит родителей призадуматься, а стоит ли им рожать еще одного. Пусть даже этот слабый, болезненный человек благодаря медицине выживет и оставит потомство. Этого мало, чтобы отбор не действовал. Отбор перестанет действовать, только если такой человек в среднем будет оставлять ровно столько же — с точностью до долей процента! — детей, сколько и здоровый, крепкий, умный, красивый, симметричный, доставивший родителям только радость (так что они захотели родить еще одного). Пусть всего на доли процента, но репродуктивный успех таких обремененных генетическим грузом людей даже в самых передовых странах все равно будет ниже, чем у носителей меньшего числа слабовредных мутаций. Отбор не прекратился — он лишь стал слабее, но не исчез и никогда не исчезнет, пока мы живем в своих биологических телах, а не превратились в роботов.

Имеются и прямые фактические подтверждения сказанному. Например, установлено, что репродуктивный успех как мужчин, так и женщин в современном индустриальном обществе положительно коррелирует с внешней привлекательностью. Американцы, родившиеся в 1937–1940 годах, чьи фотографии в возрасте 18 лет оцениваются другими людьми как более привлекательные, произвели в среднем больше детей, чем их менее привлекательные сверстники. Отчасти это объясняется половым отбором — привлекательные люди реже остаются холостыми (незамужними), — но отчасти, по-видимому, и "обычным" естественным отбором, то есть положительной корреляцией между привлекательностью и плодовитостью. Любопытно, что у женщин зависимость репродуктивного успеха от привлекательности нелинейная: больше всего потомков оставили женщины, относящиеся ко "второй четверти сверху", то есть привлекательные, но не самые неотразимые. Суперкрасотки родили больше детей, чем представительницы двух "нижних четвертей", но все-таки меньше, чем просто привлекательные барышни. Чем это объясняется — завышенной самооценкой, заботой о фигуре или чем-то еще, — пока неизвестно (*Jokela, 2009*).

Кроме того, отбор по-прежнему отлично работает на уровне эмбрионов. Зигота (оплодотворенная яйцеклетка), совсем уж перегруженная вредными мутациями, долго не протянет, она будет "отбракована" на ранних стадиях эмбрионального развития. Правда, такой отбор действовал и на дрозофил в опытах Кондрашова — и не спас несчастных от вырождения.

Я возлагаю большие надежды на технологию экстракорпорального

оплодотворения (ЭКО), за которую ее создатели недавно получили Нобелевскую премию. Методика "зачатия в пробирке" предполагает создание нескольких "запасных" зигот, которые доращиваются до определенной (очень ранней) стадии эмбрионального развития, а затем из этих зародышей отбирают самых здоровеньких для пересаживания в матку будущей матери (*"лишние" эмбрионы при этом погибают. Их можно использовать для научных исследований, весьма важных для развития медицины. Гуманизм и человеколюбие на эти крохотные комочки клеток, по идее, не должны распространяться, потому что у них нет ничего похожего на нервную систему, а значит, и души нет ни на грош, что бы там ни говорили идеалисты и мистики*). Если мы научимся быстро и без вреда для эмбрионов проводить их генетический анализ, то сможем отсеивать вредные мутации гораздо эффективнее, чем это сделал бы обычный естественный отбор.

Очищающий отбор действительно стал слабее, но нам, возможно, сейчас и не нужен сильный. Дело в том, что численность человечества сегодня беспрецедентно высока: нас почти семь миллиардов. Такой численности никогда не бывало ни у одного вида наземных позвоночных нашего размера за всю историю Земли. Между тем численность популяции имеет самое прямое отношение к эффективности действия отбора на слабовредные мутации: чем популяция больше, тем меньше шансов у слабовредной мутации распространиться в генофонде.

Попробуем разобраться, почему это так. Рассмотрим сначала маленькую популяцию из 1000 особей. Пусть половина этих особей несет в своем генотипе слабовредную мутацию, снижающую репродуктивный успех на 0,01 % (одну десятитысячную) по сравнению с носителями немутантного аллеля того же гена. Мутация с таким слабым негативным эффектом в популяции из 1000 особей будет просто-напросто невидима для отбора. Говоря упрощенно, если в поколении 1 было 500 мутантов, то в поколении 2 их число должно уменьшиться на 0,01 %. Что это будет означать на практике? Попробуем рассчитать среднее ожидаемое число мутантов во втором поколении: $500 - (0,01 \times 500/100) = 499,95$. Но число особей не может быть дробным. На самом деле мы получим целое число мутантов, близкое к 500: их может оказаться 482, или 512, или 501, или 497. Вероятность того, что мутантов окажется меньше 500, чуть больше вероятности того, что их окажется больше 500. Однако это различие вероятностей будет пренебрежимо малым. Иными словами, данная мутация в

популяции из 1000 особей будет вести себя фактически как нейтральная. Ее частота будет меняться по закону случайных блужданий, и в конце концов мутация либо зафиксировается, либо элиминируется. Вероятность фиксации слабовредной мутации в этом случае будет близка к 0,5, как и у любой нейтральной мутации (при исходной частоте 0,5).

Но если популяция большая, допустим, состоит из 7 млрд особей, то такая мутация уже будет очень хорошо заметна для отбора. Ее частота в каждом поколении будет по-честному снижаться примерно на 0,01 %. Если мутантов изначально было 50 % (3 500 000 000), то в следующем поколении их станет меньше в среднем на 350 000 особей (а не на 0,05 особи, как в предыдущем случае). Конечно, и в этом случае будет случайный разброс. Однако вероятность того, что в силу случайности число мутантов в поколении 2 окажется больше, чем в поколении 1, на этот раз будет не около 50 % (как это было в маленькой популяции), а около 0 %. То же самое справедливо и для вероятности фиксации (элиминации). В маленькой популяции вероятность того, что мутация зафиксировается, близка к 50 %. В большой — фактически равна нулю. Вот вам и влияние численности. В большой популяции даже мутация с очень слабым негативным эффектом будет отбраковываться отбором и никогда не сможет достичь стопроцентной частоты. В маленькой, напротив, она легко может зафиксироваться. Таким образом, огромная численность человечества сама по себе является хорошей защитой от распространения слабовредных мутаций.

Между прочим, колоссальный размер популяции в сочетании с ослаблением очищающего отбора дает нам дополнительные шансы на появление очень маловероятных (то есть редких) полезных мутаций. Мутация, вероятность возникновения которой составляет одну миллиардную, в популяции численностью в 1000 особей будет происходить в среднем один раз за миллион поколений. То есть фактически никогда. В семимиллиардной популяции такая мутация почти наверняка произойдет уже в первом поколении. Что касается ослабления очищающего отбора, то оно дает нам дополнительный шанс выйти из так называемых ловушек локальных максимумов приспособленности (см. главу "Жертвы эволюции"). Чтобы выработать какую-то ценную новую адаптацию, нам может быть необходимо пройти через этап временного снижения приспособленности. Например, для этого могут быть нужны три мутации в комплексе, причем первая и вторая мутации сами по себе вредны, однако в сочетании с третьей они дают положительный эффект. Медицина позволяет нам теперь

проходить такими эволюционными траекториями, запрещенными для популяций, находящихся под действием сильного очищающего отбора, потому что дает шанс на выживание перспективным мутантам — носителям двух первых "вредных" мутаций.

Кроме того, как бы ни была сильна медицина, избирательность граждан при выборе долговременного полового партнера никто не отменял и не отменит. Всегда будут суперпринцессы искать суперпринцев, всегда будут граждане похуже качеством вынужденно усмирять свою привередливость и выбирать себе в партнеры примерно таких же (подобная избирательность, или "положительная ассортативность", при образовании брачных пар действительно существует у людей, как и у других моногамных животных). Люди, обремененные множеством слабовредных мутаций, будут скрещиваться преимущественно друг с другом, как и везунчики с хорошими генотипами. Такая избирательность, между прочим, резко повышает эффективность очищающего отбора. На одном краю спектра будут то и дело рождаться совсем уж нежизнеспособные заморыши. Они будут погибать на ранних стадиях эмбриогенеза или чуть позже вместе со своими мутациями.

Положительная ассортативность по интеллекту у людей тоже существует (умные женщины склонны выбирать умных мужчин, глупые мужчины избегают общения с женщинами умнее себя). Это позволяет надеяться, что если мы в будущем и поглупеем, то только в среднем, не радикально и не все.

Можно привести еще несколько соображений, позволяющих надеяться, что накопление вредных мутаций из-за ослабленного отбора, возможно, представляет не такую уж большую опасность для человечества.

Во-первых, нужно решить, что же все-таки мы подразумеваем под "вредностью". В эволюционной биологии вредная мутация — это мутация, снижающая приспособленность (репродуктивный успех). Степень вредности мутации определяется величиной, на которую эта мутация снижает приспособленность. Если мутация не снижает приспособленность, то она не вредная с эволюционной точки зрения, даже если ее фенотипический эффект лично нам не нравится. С этой точки зрения следует признать, что вредность мутаций непостоянна: она меняется в зависимости от развития медицины и прочих благ цивилизации.

Например, высокая детская смертность *Homo sapiens* была во

многим обусловлена инфекциями, от которых теперь мы защищены антибиотиками и вакцинами. Для наглядности рассмотрим гипотетическую вредную мутацию, снижающую сопротивляемость вирусу черной оспы. Допустим, эта мутация повышает вероятность заболеть оспой при контакте с вирусом или повышает вероятность смерти в случае заболевания. Такая мутация была очень вредной 100 лет назад (допустим, она снижала приспособленность в среднем по человечеству на 2 %). Когда появилась вакцинация, вредность этой мутации уменьшилась (допустим, теперь она снижала приспособленность только на 1 %). А сейчас, когда вируса оспы больше нет в природе (о чем было торжественно объявлено в 1980 году), вредность этой мутации полностью улетучилась. Мутация вообще перестала быть вредной, что бы мы ни понимали под "вредностью". Она стала нейтральной и может теперь спокойно претерпевать случайные колебания своей частоты под действием дрейфа.

Большинство болезней, конечно, не исчезли подобно оспе. Они по-прежнему могут угрожать человеку, но благодаря наличию антибиотиков вероятность такого исхода сегодня гораздо ниже, чем раньше. Мутации, повышающие восприимчивость ко всем этим болезням, раньше очень сильно снижали приспособленность, а теперь их вредность уменьшилась. Мы можем сказать, что очищающий отбор, действующий на эти вредные мутации, ослаб. Но можно сказать то же самое и другими словами: эти мутации стали менее вредными.

По-видимому, многие вредные мутации, которые сейчас стали накапливаться в генофонде человечества из-за ослабления отбора, — это как раз такие мутации, вредность которых благодаря медицине радикально уменьшилась.

К сожалению, во многих случаях "вредность" эволюционная не совпадает с "вредностью" человеческой. Естественный отбор может защитить нас только от тех мутаций, которые снижают репродуктивный успех. Но он не защитит нас от мутаций, которые снижают качество нашей жизни, не влияя на число оставляемых потомков.

В эксперименте с дрозофилами, когда в живых оставляли двух потомков от каждой самки, экспериментаторы тем самым как бы сказали мухам: "Дорогие мухи, отныне все мутации, снижающие вашу плодовитость до десяти, пяти или даже до двух потомков за жизнь, больше не будут для вас вредными. Сколько бы вы ни нарожали, все равно в живых останутся ровно двое". Мухи обрадовались и быстро накопили мутации, снижающие плодовитость, но при этом совершенно

безвредные для них в условиях эксперимента. Потом экспериментаторы пришли и сказали: "Вообще-то мы пошутили. Эти мутации все-таки вредные, и мы их сейчас у вас подсчитаем. Ах, как вы выродились!"

Глядя на ситуацию под таким углом, можно заметить, что с эволюционной точки зрения мухи в этом эксперименте, возможно, не так уж сильно и выродились. Но вот с точки зрения самих мух (если бы они обладали сознанием и могли немного порефлексировать) дела их действительно были плохи. У них пропала жизненная энергия, сократилась продолжительность жизни, они стали вялыми и даже перестали жужжать. Боюсь, от всего этого не застрахованы и мы. Вымереть не вымерем, но вот стать в среднем более чахлыми, вялыми и глупыми очень даже можем.

Более того, вполне возможно, что именно это с нами и происходит в течение последних 10 тыс. лет (со времени перехода от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству). Или даже 40 тыс. лет — со времени верхнепалеолитической революции.

Жаль, конечно, что мы не становимся с течением поколений добрее, умнее и талантливее. То есть не становимся генетически; развитие культуры нас пока выручает. Но все-таки хотелось бы еще и генетически. Есть ли надежда? Трудно сказать. Я лично очень надеюсь на принцесс. Лишь бы они не стали неразборчивыми в связях. Дорогие принцессы! Помните, пожалуйста, что при выборе спутника жизни политкорректность неуместна. Вы заслуживаете большего. Внимательно следите за индикаторами приспособленности. Не путайте подлинные большие, красивые и дорогие павлиньи хвосты с дешевыми подделками.

И напоследок — еще одно обнадеживающее, хотя и чисто гипотетическое соображение. Насколько четко коррелирует уровень смертности с эффективностью отбора? Да, мы знаем, что сейчас люди в развитых странах стали рожать очень мало детей, и почти все эти дети выживают, то есть постнатальная смертность резко снизилась. Но следует ли из этого, что и эффективность постнатального отбора уменьшилась ровно на такую же величину? Мне кажется, что не следует, потому что есть еще одна важная переменная: степень зависимости смертности от генотипа. Многие особи погибают или остаются бездетными не потому, что у них гены плохие, а просто потому, что "не повезло". Иными словами, существует некая вариабельность по репродуктивному успеху среди особей, и весь вопрос в том, какая доля этого разброса определяется наследственной изменчивостью. Ясно, что

эта величина всегда меньше 100 % и всегда больше 0 %. Эффективность отбора зависит от нее не меньше, чем от уровня смертности.

По идее, с переходом организмов от r- к K-стратегии (то есть от производства множества слабо защищенных потомков к производству небольшого количества хорошо защищенных) степень зависимости репродуктивного успеха от генов (а не от случайности) должна возрастать. Если бы это было не так, то мы наблюдали бы очень четкие различия между r- и K-стратегиями по скорости накопления вредных мутаций, по темпам генетического вырождения и вымирания видов. Мы наблюдали бы, что K-стратегии вымирают быстрее и вообще в конечном итоге всегда оказываются в проигрыше. Ведь K-стратегии по определению производят меньше потомков, и у них более низкая смертность. Однако этого не наблюдается. В палеонтологической летописи мы видим много примеров того, как переход к K-стратегии явно улучшил "генетическое благополучие" и эволюционное процветание группы. В эволюции наземных животных и растений прослеживается четкая тенденция к развитию все более качественной заботы о потомстве, то есть к движению в сторону K-стратегии. При этом средние темпы вымирания видов в целом не растут, а снижаются.

То, что сейчас происходит с человечеством, — это ярко выраженный сдвиг в сторону K-стратегии: детей рождается меньше, зато в каждого вкладывается очень много ресурсов и почти все выживают. Не была ли высокая смертность в прошлом, в том числе детская, гораздо более зависящей от случайностей (а не от генов), чем сейчас? Дети умирали как мухи в основном от антисанитарии и недоедания. Голод мог охватывать целые районы, эпидемии смертельных болезней прокатывались по целым континентам. Не было ли это похоже на массовую гибель кряля в пасти кита, когда от генотипа конкретного рачка почти ничего не зависит?

Сегодня в развитых странах большинство людей более или менее обеспечены материально, медицина всем доступна, голод не грозит, в солдаты на 25 лет самых здоровых юношей не забирают. Не приводит ли это к радикальному уменьшению влияния случайности на репродуктивный успех? И к увеличению влияния на него — да, как ни странно, генов? Если социально все более или менее равны (ну хотя бы в идеале) и стихийные силы вам больше не угрожают, то от чего еще будет зависеть ваш успех, в том числе и репродуктивный, если не от генов, над которыми никакая демократия и никакая политкорректность пока не властны и которые все равно у всех разные? Может быть,

"выравнивание шансов", обеспеченное цивилизацией (а также усиленной заботой о потомстве и другими характерными признаками К-стратегии), на самом деле не уменьшает, а увеличивает зависимость репродуктивного успеха от генотипа? Если так, то оно должно способствовать не только снижению эффективности отбора (за счет снижения смертности), но и увеличению этой эффективности (за счет роста влияния генотипа на репродуктивный успех).

К сожалению, для количественной оценки всех этих предполагаемых механизмов пока не хватает данных. В конечном счете вполне может оказаться, что перечисленные "защитные эффекты" все-таки недостаточны и генетическое вырождение через несколько поколений действительно станет для нас серьезной проблемой. Не смертельной, но противной.

Что такое хорошо и что такое плохо

Как наверняка заметили внимательные читатели, автор не считает этот вопрос напрямую относящимся к теме книги. По-моему, это вовсе не дело биологов — решать, какие из эволюционно обусловленных (или привитых культурой) особенностей нашей души следует сегодня считать "хорошими", а какие "плохими". Тем более что все это так легко и быстро меняется: и во времени, и от страны к стране, от сообщества к сообществу, даже от семьи к семье. В Европе и США плакаться в жилетку считается нормальным, в Корее — не очень. Давать деньги в рост когда-то считалось аморальным, сейчас все банки этим занимаются с гордостью. Улыбаться, глядя на незнакомого человека, где-то считается неприличным, где-то наоборот. Убийство — страшный грех, но в военное время по приказу старшины — пожалуйста. Перечислять подобные примеры можно до бесконечности. Биологическая эволюция ко всему этому имеет весьма косвенное отношение.

Эволюционная психология и антропология отвечают на другой вопрос — они помогают понять, почему мы такие, какие есть. И они хранят гробовое молчание по поводу того, какими нам следует быть, к чему мы должны стремиться, какие способы поведения брать за образец. Данные этих наук можно сравнить с этимологическим словарем. Читать о происхождении слов интересно, это расширяет кругозор и даже помогает решать некоторые специальные задачи, но не влечет за собой никаких оргвыводов, касающихся повседневной речи. Если ваша цель — научиться грамотно писать и говорить, то знание праиндоевропейских корней, к которым восходят те или иные слова, едва ли вам сильно поможет. От орфографического словаря и справочника по грамматике будет куда больше пользы. Еще больше — от общения с образованными людьми.

Биологическая эволюция нашей психики, по-видимому, еще не закончена, но она идет медленно. На временных интервалах порядка нескольких веков ею вообще можно смело пренебречь. Гораздо большее влияние на развитие моральных норм, законов, традиций и стилей поведения людей вот уже много тысячелетий (как минимум начиная с верхнего палеолита) оказывает культурно-социальная эволюция. Она основана на избирательном размножении мемов, а не генов. У нее свои законы, о которых мы почти не говорили, потому что эта книга

посвящена биологической, а не культурно-социальной эволюции человека.

Эволюция снабдила нас крупным мозгом, в котором от рождения уже есть кое-какие заготовки и шаблоны, помогающие работать с поступающей информацией. Мы не рождаемся с девственно чистой душой и пустой памятью. Гипотеза чистого листа давно отвергнута психологами и нейробиологами. Но эти шаблоны пластичны, и в разной культурной среде одни и те же врожденные склонности могут проявиться совершенно по-разному. Одна и та же мутация, влияющая на уровень секреции окситоцина, в одной культурно-социальной обстановке может способствовать дружбе с жителями соседней деревни, в другой — вражде с ними.

Но есть у нас и такие врожденные склонности, которые проявляются похожим образом в самом разнообразном культурном окружении. Это не значит, что их проявления вообще не зависят от культуры. Но это все-таки значит, что они мало зависят от тех культурных различий, которые имеются сегодня на планете. Это в свою очередь позволяет предположить, что данные шаблоны проявлялись схожим образом и у наших палеолитических предков, и что именно поэтому они и были поддержаны отбором. Среди таких устойчивых шаблонов — поведенческих стереотипов, предположительно выгодных палеолитическим охотникам-собираателям, — есть вполне благопристойные по нынешним меркам. Например, те наши врожденные склонности, которые у многих людей воплощаются в осознанную моральную установку — идеал реципрокного альтруизма, золотое правило этики: "Поступай с другими так же, как хочешь, чтобы поступали с тобой".

Но они очень разнообразны, эти шаблоны, и порой противоречат друг другу. У нас явно есть генетическая предрасположенность к формированию эмоциональной привязанности к брачному партнеру — и это тянется, возможно, еще со времен ранних гоминид, перешедших к моногамии. Но у нас (в отличие от прерийных полевок) есть и явная склонность легко избавляться от таких привязанностей, "не становиться их рабами". У нас есть склонность к супружеским изменам и кое-какие свойства, которые можно интерпретировать как адаптации, направленные на предотвращение измен (к ним, возможно, относится чувство ревности). Все это тоже, скорее всего, тянется за нами с очень давних времен. Что здесь хорошо, а что плохо? Эволюционная психология скромно, но твердо воздерживается от ответа. Решайте

сами! А не хотите брать на себя ответственность — можете переложить ее на общество в лице его избранных представителей (друзей, родителей, соседей, писателей, телеведущих, популярных исполнителей — кому что нравится). Они вам охотно объяснят, как должна вести себя приличная девушка и что должен совершить достойный юноша, чтобы заслужить всеобщий респект.

Как и у всякого человека, у меня есть свои представления о добре и зле. Но они не выводятся напрямую из данных эволюционной психологии — и не должны выводиться. Они выводятся из накопленного человечеством культурных богатств, реалий сегодняшнего дня, обстановки в обществе и атмосферы в социальном окружении. Например, я терпеть не могу ксенофобию во всех ее проявлениях, от нацизма до гомофобии и идеологической нетерпимости, хоть и понимаю, что эволюционные корни этого гадкого свойства психики весьма глубоки и прочны.

Главное — понять, что эволюционный подход к человеку ничего и никого не оправдывает. Он объясняет происхождение, а это разные вещи. Мне непонятна логика тех граждан, которые считают, что эволюция якобы оправдывает безжалостное истребление слабейших (эта ошибочная теория известна под именем "социал-дарвинизма"), равно как и тех, кто требует запретить преподавание эволюции в школах под тем предлогом, что "если детям сказать, что они произошли от обезьян, то дети и будут вести себя как обезьяны". Фантастическая чушь! Давайте тогда уж скрывать от детей, что они состоят в основном из воды, а то еще начнут растекаться и принимать форму сосуда.

Мы не произошли от обезьян. Мы — обезьяны, но обезьяны особенные, культурные (в том смысле, что наше поведение определяется культурой, а не только генами) и к тому же умные, аж с семью регистрами кратковременной рабочей памяти. С какой стати нам брать пример с шимпанзе, этих реликтовых лесных гоминоидов, не способных изготовить простейший олдувайский отщеп? Мы ведь даже со своих совсем недавних предков — палеолитических охотников-собирателей, людей бронзового века или средневековых европейцев — если и берем пример, то очень избирательно. И правильно делаем. Эти ребята считали "добром" многое из того, что сегодня является безусловным злом.

Если серьезно, то я считаю, что десакрализация и демистификация человеческой психики, вскрытие ее подлинных эволюционных и нейробиологических корней — это путь к переводу нашего

самосознания на новый, более высокий уровень. Многие считают, что главная отличительная черта человека — способность к рефлексии, осознанию собственного существования. Этого мало. Следующим шагом должно стать осознание собственной природы и происхождения. Честно говоря, я надеюсь, что когда-нибудь парадоксальная фраза "человек происходит от Дарвина" будет восприниматься как банальная истина.

Наша внутренняя "модель себя", эта первооснова нашего социального интеллекта, очищенная наконец-то от примитивных сказок и страшных призраков, а заодно и от чрезмерно раздутого чувства собственной важности, с переписанными и учтенными скелетами в шкафах, станет куда более эффективным рабочим инструментом, чем тот полуфабрикат, с которым эволюция выпустила нас в мир культуры. А ведь на "модели себя" основано все то, что издавна считалось хорошим (пусть и в узком, "парохиальном" смысле): взаимопонимание, любовь, сочувствие. Мы сможем лучше понимать друг друга. Мы сможем стать великодушнее.

Да, способность манипулировать ближними тоже основана на этой модели, но вы попробуйте применить свои макиавеллиевские штучки к собрату, который не хуже вас все знает о макиавеллиевских штучках.

Хватит уже быть жертвами эволюции, друзья. Хватит чують нутром и думать желудком. У нас есть семь регистров, мы еще не окончательно угробили эту планету, мы уже поняли, откуда мы взялись, и мы уже гуляли по Луне. Все еще может быть не так плохо.

Величие

Редкий автор популярной книги об эволюции сумеет воздержаться от цитирования заключительной фразы дарвиновского "Происхождения видов". Я тоже не сдержусь. Вот она:

Есть величие в этом воззрении, по которому жизнь с ее различными проявлениями Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и между тем как наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм.

Что касается "Творца", то в первом издании "Происхождения" его еще не было. Вместо "Творец вдохнул" стоял безличный оборот. В последующих изданиях Дарвин не только добавил слово "Творец", но и под давлением критики внес в книгу много других изменений, которые с позиций сегодняшнего дня выглядят неудачными. Кто-то даже пошутил, что шестое издание правильнее было бы назвать "Происхождение видов путем естественного отбора и множеством всяких других путей". Добавленное в текст упоминание Творца смущало Дарвина, судя по его письмам. Вообще-то он склонялся к мысли, что жизнь могла сама зародиться "в каком-нибудь теплом пруду". Но аргументов у него не было, и он решил поберечь свою репутацию. Ну да ладно, не в том дело. Дело в величии.

Просто удивительно, как удается до сих пор некоторым людям не замечать подлинного величия, захватывающей дух красоты научной картины мира. В том числе — уже во многом прояснившейся благодаря усилиям ученых истории нашего собственного биологического вида.

Человечество в своем культурном развитии породило много волнующих, талантливых, эстетически привлекательных мифов о происхождении и устройстве мира. Я и сам их люблю с детства. Эти истории отбирались по способности воздействовать на психику: самые впечатляющие запоминались и пересказывались, скучные забывались. Неудивительно, что некоторые из них обладают завораживающим, гипнотическим действием. Завладев мозгом, они не хотят его отпускать. Они приспособлены именно к этому.

Выводы науки не отбираются по своей чарующей силе. Они отбираются по соответствию фактам. Казалось бы, уже по одной этой

причине у них не может быть шансов на победу в конкурентной борьбе мемов за овладение массовым сознанием. Но не тут-то было. Картина мира, складывающаяся постепенно из открытий науки, оказывается изысканно сложной, гармоничной и величественной. Словом, не менее чарующей, чем специально отбирившиеся по этому признаку мифы и сказания. Удивительно! А может быть, и нет. Разве мог мир, породивший такую замысловатую обезьяну, как *Homo sapiens*, оказаться скучным и некрасивым?

К счастью, все больше людей начинают это понимать. Вот, например, чудесная цитата из "Живого Журнала" пользователя zлата_gl (публикуется с разрешения автора):

Меня подвигли на эту тему разговоры с людьми, гордящимися тем, что сам Бог их сотворил. Посему декларирую: Я горжусь своими славными предками!

Я горжусь обезьяной, которая додумалась взять камень и разбить им орех. Может быть, у нее были больные зубы... Это очень сложная операция для объема мозга обезьяны. На пределе способностей. Как для нас — Ньютон или Эйнштейн. Нужно объединить три предмета в одном месте: камень, на который кладут орех, камень, которым бьют, ну и сам орех. Я горжусь питекантропом, который первым подошел к страшному зверю — огню, ужасу всех зверей. Он взял в руку горящую ветку и понес. И стал подкармливать огонь другими ветками. Его смелость сравнима с подвигами всех героев исторических времен.

Я горжусь неандертальцем, который впервые стал ухаживать за раненым сородичем или товарищем. Мы знаем о нем из раскопок в Шанидаре, где найдены останки людей, проживших долгое время после тяжелых ранений. Один из них был инвалидом без руки и глаза. Никакое животное не смогло бы жить с такими увечьями.

Я горжусь кроманьонцами, разрисовавшими стену пещеры картинами охоты на оленей. И людьми неолита, бросившими в землю зерна.

Их реальные подвиги — выше и интереснее всех чудес религиозной мифологии.

То же самое следует сказать и о тайнах человеческой души, открываемых нейробиологией и экспериментальной психологией. Они оказались куда интереснее и глубже любых мистических фантазий. Интереснее хотя бы потому, что их действительно можно открывать. Их можно проверять фактами и экспериментами, а не просто придумывать и принимать на веру. Глубже — хотя бы потому, что любые тайны

мистического свойства, если проследить их до основания, очень быстро упираются в какую-нибудь "беспричинную первопричину" или другой абсурд и непознаваемость. Поначалу это завораживает, но вскоре становится скучно. Сети из миллиардов нейронов, между которыми связей больше, чем звезд в Галактике, завораживают куда сильнее, стоит только начать в них разбираться.

Наука не убивает душу. Она ее открывает и даже в каком-то смысле создает. А еще — берет ее за ручку и выводит из детского сада со сказочными картинками на стенах в огромный и прекрасный мир реальности.

Список литературы

Источники на русском языке:

БАУЭР И. 2009. Почему я чувствую, что чувствуешь ты. Интуитивная коммуникация и секрет зеркальных нейронов. СПб.: Вернера Регена.

БОРИНСКАЯ С. А. 2004. Генетическое разнообразие народов // Природа. № 10.
http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/10_04/PEOPLES.htm

БУРЛАК С. А. 2011. Происхождение языка. М.: CORPUS.

БУТОВСКАЯ М. Л. 2004. Тайны пола. Мужчина и женщина в зеркале эволюции. Фрязино: Век 2. <http://www.evolbiol.ru/butovskaya.htm>

БУТОВСКАЯ М. Л. 2004. Эволюция механизмов примирения у приматов и человека // Этология человека и смежные дисциплины. Современные методы исследований. Под ред. М.Л. Бутовской. М.: Ин-т этнологии и антропологии. С. 36–67. <http://www.evolbiol.ru/antropol2.htm>

ГОМАЗКОВ О. А. 1999. Нейропептиды — универсальные регуляторы. Почему? // Природа. № 9.
http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/04_99/GOM.HTM

ГУДОЛЛ ДЖ. 1992. Шимпанзе в природе: поведение. М.: Мир. <http://www.ethology.ru/library/?id=216>) (глава 2 "Разум шимпанзе").

ДАРВИН Ч. Происхождение человека и половой отбор, <http://macroevolution.narod.ru/darwinman/index.html>

ДЕ ВААЛ Ф. 2005. Зверский бизнес и альтруизм // В мире науки. № 7. С. 50–57.

Докинз Р. 2005. Вирусы мозга, <http://elementy.ru/lib/164594>

Докинз Р. 2008. Бог как иллюзия. М.: Колибри. <http://ulenspiegel.od.ua/richard-dokinz-bog-kak-illjuzija>

Докинз Р. 2010. Расширенный фенотип. Длинная рука гена. М.: CORPUS.

Дольник В. Р. 2004. Непослушное дитя биосферы. Беседы о поведении человека в компании птиц, зверей и детей. СПб., М.: ЧеРо-на-Неве. МПСИ. Паритет. <http://ethology.ru/library/?id=321>

ДРОБЫШЕВСКИЙ С. В. 2010. Достояющее звено. <http://antropogenez.ru/zveno/>

ЖУКОВ Д. А. 2007. Биология поведения. СПб.: Речь. <http://elementy.ru/lib/431080>

ЗОРИНА З.А. 2004. *Эволюция разумного поведения: от элементарного мышления животных к абстрактному мышлению человека // Этология человека и смежные дисциплины. Современные методы исследований/Под ред. М.Л. Бутовской. М.: Ин-т этнологии и антропологии. С. 175–189.* <http://www.evolbiol.ru/antropol4.htm>

ЗОРИНА З.А., СМИРНОВА А. А. 2006. *О чем рассказали "говорящие" обезьяны: Способны ли высшие животные оперировать символами? М.: Языки славянских культур.*

ЗОРИНА З. А., ПОЛЕТАЕВА И. И. 2002. *Элементарное мышление животных. М.: Аспект Пресс.* <http://ethology.ru/library/?id=139>

ЗОРИНА З. А., ПОЛЕТАЕВА И. И., РЕЗНИКОВА Ж. И. 2002. *Основы этологии и генетики поведения. М.: Высшая школа.* <http://groh.ru/gro/zorina/zorina.html>

КАЗАНЦЕВА А. 2011. *Бактерии тоже принимают решения (рассказ о популярной лекции К. В. Северинова)* http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=36947

КАНДЕЛЬ Э. 2011. *В поисках памяти. М.: CORPUS.*

ЛЕРЕР Д. 2010. *Как мы принимаем решения. М.: CORPUS.*

ЛОРЕНЦ К. *Агрессия (так называемое "зло"),* <http://ethology.ru/library/?id=39>

НАЙМАРК Е. Б. 2010. *Увидеть мысль // Новый мир. № 11.* http://www.nm1925.ru/Archive/Journal6_2010_11/Content/Publication6_205/D

ПАНОВ Е. Н. 2001. *Бегство от одиночества. М.: Лазурь.*

ПАНОВ Е. Н. 2005. *Знаки, символы, языки. Коммуникация в царстве животных и в мире людей. М.: Товарищество научных изданий КМК.*

РЕЗНИКОВА Ж. И. 2005. *Интеллект и язык животных и человека. Основы когнитивной этологии. М.: Академкнига.*

РЕЗНИКОВА Ж. И. 2006. *Исследование орудийной деятельности как путь к интегральной оценке когнитивных возможностей животных // Журнал общей биологии. № 1. С. 3—22.* <http://ethology.ru/library/?id=201>

РЕЗНИКОВА Ж. И. 2009. *Когнитивное поведение животных, его адаптационная функция и закономерности формирования // Вестник НГУ. Серия: Психология. Т. 3. Вып. 2.* <http://www.reznikova.net/Psy09.pdf>

СЕЧЕНОВ И.М. 1863. *Рефлексы головного мозга // Медицинский вестник. № 47. С. 461–484. № 48. С. 493–512.* http://www.biobsu.org/phha/downloads/sechenov_reflexi_golovnogo_mozga.p

ФРИТ К. 2010. *Мозг и душа. М.: CORPUS.*

ХАУЗЕР М. 2008. *Мораль и разум. Как природа создавала наше универсальное чувство добра и зла. М.: Дрофа.*

Иностранные источники:

ACKERMAN J. M., NOCERA C. C., BARGH J. A. 2010. *Incidental Haptic Sensations Influence Social Judgments and Decisions* // Science. V 328. P. 1712–1715.

ALFORD J. R., FUNK C. L., HIBBING J. R. 2005. *Are Political orientations genetically transmitted?* // American Political Science Review. V. 99. P. 153–167.

ALVERGNE A., JOKELA M., LUMMAA V. 2010. *Personality and reproductive success in a high-fertility human population* // Proc.Nat. Aced. Sci. USA. V. 107. P. 11745—11750.

AMODIO D.M., JOST J. T., MASTER S. L., YEE C.M. 2007. *Neurocognitive correlates of liberalism and conservatism* // Nature Neuroscience. V 10. P. 1246–1247.

ARAGONA B.J., LIU Y., YU Y.J., ET AL. 2005. *Nucleus accumbens dopamine differentially mediates the formation and maintenance of monogamous pair bonds* // Nature Neuroscience. V 9. P. 133–139.

ARIELY D. 2008. *Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions.* New York: Harper Collins.

ARON E. N., ARON A. 1996. *Love and expansion of the self: The state of the model* // Personal Relationships. V 3. P. 45–58.

AURELI F., SCHAFFNER C. M., VERPOOTEN J., ET AL. 2006. *Raiding parties of male spider monkeys: insights into human warfare?* // American Journal of Physical Anthropology. V 131 (4). P. 486–497.

BALDASSI S., MEGNA N., BURR D.C. 2006. *Visual Clutter Causes High-Magnitude Errors* // PLoS Biology. V 4 (3). P. e56.

BELL R., BUCHNER A. 2009. *Enhanced source memory for names of cheaters* // Evolutionary Psychology. V 7. P. 317–330.

BERNSTEIN M.J., YOUNG S. G., BROWN C.M., ET AL. 2008. *Adaptive Responses to Social Exclusion. Social Rejection Improves Detection of Real and Fake Smiles* // Psychological Science. V 19. P. 981–983.

BLAISDELL A. P., SAWA K., LEISING K. J., WALDMANN M. R. 2006. *Causal Reasoning in Rats* // Science. V 311. P. 1020–1022.

BOEHM C. 2001. *Hierarchy in the Forest: The Evolution of Egalitarian Behavior.* Harvard University Press.

BOESCH C., BOLE C., ECKHARDT N., BOESCH H. 2010. *Altruism in Forest Chimpanzees: The Case of Adoption* // PLoS ONE. V 5 (1). P. e8901.

BOWLES S. 2009. *Did warfare among ancestral hunter-gatherers affect the evolution of human social behaviors?* // Science. V 324. P. 1293–1298.

BOYER P. 2008. *Religion: Bound to believe?* // Nature. V. 455. P. 1038–1039.

BRESCOLL V. L., UHLMANN E. L. 2008. *Can an Angry Woman Get Ahead? Status Conferral, Gender and Expression of Emotion in the Workplace* // Psychological science. V 19. R 268–275.

BUCHNER A., BELL R., MEHL B., MUSCH J. 2009. *No enhanced recognition memory, but better source memory for faces of cheaters* // Evolution and Human Behavior. V 30. P. 212–224.

CALL J. 2010. *Do apes know that they could be wrong?* // Animal Cognition. V 13 (5). P. 689–700.

CESARINI D., DAWES C.T., FOWLER J. H., JOHANNESSON M., LICHTENSTEIN P., WALLACE B. 2008. *Heritability of cooperative behavior in the trust game* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA V 105. P. 3721–3726.

CHADWICK M.J., HASSABIS D., WEISKOPF N., MAGUIRE E. A. 2010. *Decoding Individual Episodic Memory Traces in the Human Hippocampus* // Current Biology. V 20. P. 1–4.

CHAMBERS J.R., EPLEY N., SAVITSKY K., WINDSCHITL P. D. 2008. *Knowing Too Much: Using Private Knowledge to Predict How One Is Viewed by Others* // Psychological Science. V 19. P. 542–548.

CHARRON S., KOECHLIN E. 2010. *Divided Representation of Concurrent Goals in the Human Frontal Lobes* // Science. V 328. P. 360–363.

CHOI J. K., BOWLES S. 2007. *The coevolution of parochial altruism and war* // Science. V 318. P. 636–640.

CHUANG J. S., RIVOIRE O., LEIBLER S. 2009. *Simpson's Paradox in a Synthetic Microbial System* // Science. V 323. P. 272–275.

COYNE J. 2009. *Are humans still evolving?*
<http://whyevolutionistrue.wordpress.com/2009/10/24/are-humans-still-evolving/>

DAWES C.T., FOWLER J. H. 2009. *Partisanship, voting, and the dopamine D1 receptor gene* // Journal of Politics. V 71. P 1157–1171.

DE DREU C. K. W., GREER L. L., HANDGRAAF M.J. J., ET AL. 2010. *The Neuropeptide Oxytocin Regulates Parochial Altruism in Intergroup Conflict Among Humans* // Science. V 328. P. 1408–1411.

DELAMONTAGNE R. G. 2010. *High religiosity and societal dysfunction in the United States during the first decade of the twenty-first century* // Evolutionary Psychology. V. 8 (4). P. 617–657.

DENNETT D. 1987. *The intentional stance.*
<http://scilib.narod.ru/Biology/Dennett/IS/index.html>

DONALDSON Z. R., YOUNG L.J. 2008. *Oxytocin, Vasopressin, and the*

Neurogenetics of Sociality // Science. V 322. P. 900–904.

DUNBAR R. I. M. 1992. *Neocortex size as a constraint on group size in primates* // Journal of Human Evolution. V 22 (6). P. 469–493.

EDGAR J. L., LOWE J. C., PAUL E. S., NICOL C.J. 2011. *Avian maternal response to chick distress* // Proc. R. Soc. B. (предварительная электронная публикация).

Evolution and the brain (Editorial) // Nature. 2007. V 447. P. 753.

FAISAL A., STOUT D., APEL J., BRADLEY B. 2010. *The Manipulative Complexity of Lower Paleolithic Stone Toolmaking* // PLoS ONE. V 5 (11). P. 613718.

FAULKNER J., SCHALLER M., PARK J. H., DUNCAN L. A. 2004. *Evolved Disease-Avoidance Mechanisms and Contemporary Xenophobic Attitudes* // Group Processes & Intergroup Relations. V. 7. P. 333–353.

FEHR E., BERNHARD H., ROCKENBACH B. 2008. *Egalitarianism in young children* // Nature. V 454. P. 1079–1083.

FIGNA F., YU W.-T. N., KADAM S. V., VELICER G.J. 2006. *Evolution of an obligate social cheater to a superior cooperator* // Nature. V 441. P. 310–314.

FIELD J., CRONIN A., BRIDGE C. 2006. *Future fitness and helping in social queues* // Nature. V. 441. P. 214–217.

FOWLER J. H., SCHREIBER D. 2008. *Biology, Politics, and the Emerging Science of Human Nature* // Science. V 322. P 912–914.

GAVRILETS S., VOSE A. 2006. *The dynamics of Machiavellian intelligence* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. V 103. P 16823—16828.

GERGELY G., BEKKERING H., KIRALY I. 2002. *Developmental psychology: Rational imitation in preverbal infants* // Nature. V 415. P 755.

GERGELY G., EGYED K., KIRALY I. 2007. *On pedagogy* // Developmental Science. V 10. P. 139–146.

GINGES J., HANSEN I., NORENZAYAN A. 2009. *Religion and Support for Suicide Attacks* // Psychological Science. V 20. P. 224–230.

GOLD J. I., SHADLEN M.N. 2007. *The Neural Basis of Decision Making* // Annual Review of Neuroscience. V 30. P. 535–574.

GROSENICK L., CLEMENT T. S., FERNALD R. D. 2007. *Fish can infer social rank by observation alone* // Nature. V. 445. P. 429–432.

HALEY K.J., FESSLER D.M. T. 2005. *Nobody's watching? Subtle cues affect generosity in an anonymous economic game* // Evolution and Human Behavior. V 26. P. 245–256.

HALLOY J., SEMPO G., CAPRARI G. 2007. *Social Integration of Robots into Groups of Cockroaches to Control Self-Organized Choices* //

Science. V. 318. P. 1155–1158.

HAN J.-H., KUSHNER S. A., YIU A. P., ET AL. 2007. *Neuronal Competition and Selection During Memory Formation* // Science. V 316. P. 457–460.

HAUERT C., TRAUlsen A., BRANDT H., NOWAK M.A., SIGMUND K. 2007. *Via freedom to coercion: the emergence of costly punishment* // Science. V 316. P. 1905–1907.

HEHEMANN J.-H., CORREC G., BARBEYRON T., HELBERT W., CZJZEK M., MICHEL G. 2010. *Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota* // Nature. V 464. P. 908–912.

HENRICH J., BOYD R., BOWLES S., ET AL. 2005. *"Economic man" in cross-cultural perspective: behavioral experiments in 15 small-scale societies* // Behav. Brain Sci. V 28. P. 795–815.

HERRMANN E., CALL J., HERNANDEZ-LLOREDA M.V., ET AL. 2007. *Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis* // Science. V 317. P. 360–366.

HILL K. R., WALKER R. S., BOZIJEVIC M., ET AL. 2011. *Co-Residence Patterns in Hunter-Gatherer Societies Show Unique Human Social Structure* // Science. V 331. P. 1286–1289.

HSU M., ANEN C., QUARTZ S. R. 2008. *The Right and the Good: Distributive Justice and Neural Encoding of Equity and Efficiency* // Science. V 320. P. 1092–1095.

ISRAEL S., LERER E., SHALEV I., ET AL. 2009. *The Oxytocin Receptor (OXTR) Contributes to Prosocial Fund Allocations in the Dictator Game and the Social Value Orientations Task* // PLoS ONE. V 4 (5). P. 65535.

JAEGGI A. V., STEVENS J. M. G., VAN SCHAİK C. P. 2010. *Tolerant food sharing and reciprocity is precluded by despotism among bonobos but not chimpanzees* // American Journal of Physical Anthropology. V 143 (1). P. 41–51.

JOKELA M. 2009. *Physical attractiveness and reproductive success in humans: evidence from the late 20th century United States* // Evolution and Human Behavior. V 30. P. 342–350.

JONES D. 2007. *Moral psychology: The depths of disgust* // Nature. V 447. P. 768–771.

JOSTMANN N. B., LAKENS D., SCHUBERT T. W. 2009. *Weight as an Embodiment of Importance* // Psychological Science. V. 20. P. 1169–1174.

JUST M. A., CHERKASSKY V. L., ARYAL S., ET AL. 2010. *A Neurosemantic Theory of Concrete Noun Representation Based on the Underlying Brain Codes* // PLoS ONE. V5 (1). P. e8622.

KAHLENBERG S.M., WRANGHAM R. W. 2010. *Sex differences in chimpanzees use of sticks as play objects resemble those of children* // Current Biology. V 20. P. R1067 — R1068.

KEPECS A., UCHIDA N., ZARIWALA H. A., ET AL. 2008. *Neural correlates, computation and behavioural impact of decision confidence* // Nature. V 455. P. 227–231.

KESSIN R. H. 2000. *Cooperation can be dangerous* // Nature. V 408. P. 917–919.

KHARE A., SANTORELLI L. A., STRASSMANN J.E., ET AL. 2009. *Cheater- resistance is not futile* // Nature. V 461. P. 980–982.

KIM H. S., SHERMAN D. K., SASAKI J. Y., ET AL. 2010. *Culture, distress, and oxytocin receptor polymorphism (OXTR) interact to influence emotional support seeking* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 107. P. 15717—15721.

KIM P., LECKMAN J. F., MAYES L. C., ET AL. 2010. *The Plasticity of Human Maternal Brain: Longitudinal Changes in Brain Anatomy During the Early Postpartum Period* // Behavioral Neuroscience. V 124. P. 695–700.

KLEIN TA., NEUMANN J., REUTER M., ET AL. 2007. *Genetically Determined Differences in Learning from Errors* // Science. 2007. V 318. P. 1642–1645.

KOECHLIN E., HYAFIL A. 2007. *Anterior Prefrontal Function and the Limits of Human Decision-Making* // Science. V 318. P. 594–598.

KOENIGS M., YOUNG L., ADOLPHS R., ET AL. 2007. *Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements* // Nature. V 446. P. 908–911.

LANGFORD D. J., CRAGER S. E., SHEHZAD Z., ET AL. 2006. *Social Modulation of Pain as Evidence for Empathy in Mice* // Science. V 312. P. 1967–1970.

LEE S.W. S., SCHWARZ N. 2010. *Washing Away Postdecisional Dissonance* // Science. V 328. P. 709.

LIDEN W. H., PHILLIPS M. L., HERBERHOLZ J. 2010. *Neural control of behavioural choice in juvenile crayfish* // Proceedings of the Royal Society B. V. 277 (1699). P. 3493–3500.

MACLEAN R. C., FUENTES-HERNANDEZ A., GREIG D., ET AL. 2010. *A Mixture of "Cheats" and "Co-Operators" Can Enable Maximal Group Benefit* // PLoS Biology. V 8 (9). P. 61000486.

MARTIN N. G., EAVES L.J., HEATH A. C., ET AL. 1986. *Transmission of social attitudes* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 83. P. 4364–4368.

MCGRATH J. E. 1984. *Groups: Interaction and Performance.*

Inglewood, N. J.: Prentice Hall, Inc.

MERCADER J., PANGER M., BOESCH C. 2002. *Excavation of a Chimpanzee Stone Tool Site in the African Rainforest* // *Science*. V 296. P. 1452–1455.

MILLER G. 2000. *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*
http://evolbiol.ru/large_files/miller_the_mating_mind.pdf

MULCAHY N.J., CALL J. 2006. *Apes Save Tools for Future Use* // *Science*. V 312. P. 1038–1040.

NAVARRETE C.D., FESSLER D.M. T. 2006. *Disease avoidance and ethnocentrism: the effects of disease vulnerability and disgust sensitivity on intergroup attitudes* // *Evolution and Human Behavior*. V. 27. P. 270–282.

NORENZAYAN A., SHARIFF A. F. 2008. *The Origin and Evolution of Religious Prosociality* // *Science*. V 322. P. 58–62.

NORTHOFF G., BERMPOHL F. 2004. *Cortical midline structures and the self* // *Trends in Cognitive Sciences*. V 8 (3). P. 102–107.

ORTIGUE S., BIANCHI-DEMICHELI F., HAMILTON A. F., ET AL. 2007. *The neural basis of love as a subliminal prime: an event-related functional magnetic resonance imaging study* // *Journal of Cognitive Neuroscience*. V 19 (7). P. 1218–1230.

ORTIGUE S., BIANCHI-DEMICHELI F., PATEL N., ET AL. 2010. *Neuroimaging of Love: fMRI Meta-Analysis Evidence toward New Perspectives in Sexual Medicine* // *The Journal of Sexual Medicine*. V 7 (11). P. 3541–3552.

OXLEY D.R., SMITH K. B., ALFORD J. R., ET AL. 2008. *Political Attitudes Vary with Physiological Traits* // *Science*. V 321. P. 1667–1670.

PAUL G. 2009. *The Chronic Dependence of Popular Religiosity upon Dysfunctional Psychosociological Conditions* // *Evolutionary Psychology*. V 7 (3). P. 398–441.

PIAGET J. 1971. *Biology and knowledge*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

PRONIN E. 2008. *How We See Ourselves and How We See Others* // *Science*. V 320. P. 1177–1180.

RASCH B., BUCHEL C., GAIS S., BORN J. 2007. *Odor Cues During Slow- Wave Sleep Prompt Declarative Memory Consolidation* // *Science*. V 315. P. 1426–1429.

READ D. W. 2008. *Working Memory: A Cognitive Limit to Non-Human Primate Recursive Thinking Prior to Hominid Evolution* // *Evolutionary Psychology*. V 6. P. 676–714.

REEVE H. K., HOLLDOBLER B. 2007. *The emergence of a*

superorganism through intergroup competition // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 104. P. 9736–9740.

ROBINSON G. E., FERNALD R. D., CLAYTON D. F. 2008. *Genes and Social Behavior // Science. V 322. P. 896–900.*

ROCKMAN M. V, HAHN M. W, SORANZO N., ET AL. 2005. *Ancient and Recent Positive Selection Transformed Opioid cis-Regulation in Humans // PLoS Biol. V3 (12). P. e387.*

ROSENBAUM R. S., STUSS D.T., LEVINE B., TULVING E. 2007. *Theory of Mind Is Independent of Episodic Memory // Science. V 318. P. 1257.*

ROSKIES A. 2006. *Neuroscientific challenges to free will and responsibility // Trends in cognitive sciences. V 10 (9). P. 419–423.*

SETTLE J. E., DAWES C.T., CHRISTAKIS N.A., ET AL. 2010. *Friendships Moderate an Association between a Dopamine Gene Variant and Political Ideology // The Journal of Politics. V 72. R 1189–1198.*

SHABALINA S. A., YAMPOLSKY L. YU., KONDRASHOV A. S. 1997. *Rapid decline of fitness in panmictic populations of Drosophila melanogaster maintained under relaxed natural selection // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. V 94. P. 13034—13039.*

SINGER T., SEYMOUR B., O'DOHERTY J. P., ET AL. 2006. *Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others // Nature. V 439. P. 466–469.*

STOUT D., CHAMINADE T. 2007. *The evolutionary neuroscience of tool making // Neuropsychologia. V 45 (5). P. 1091–1100.*

STOUT D., TOTTH N., SCHICK K., CHAMINADE T. 2008. *Neural correlates of Early Stone Age toolmaking: technology, language and cognition in human evolution // Phil. Trans. R.Soc. B. V 363 (1499). P. 1939–1949.*

TAKAHASHI H., KATO M., MATSUURA M., ET AL. 2009. *When Your Gain Is My Pain and Your Pain Is My Gain: Neural Correlates of Envy and Schadenfreude // Science. V 323. P. 937–939.*

TOPAL J., GERGELY G., MIKLYSI A., ET AL. 2008. *Infants Perseverative Search Errors Are Induced by Pragmatic Misinterpretation // Science. 2008. V 321. P. 1831–1834.*

TRIVERS R. L. 1971. *The evolution of reciprocal altruism // Quarterly Review of Biology. V 46. P. 35–57.*

UNKELBACH C., GUASTELLA A. J., FORGAS J. P. 2008. *Oxytocin Selectively Facilitates Recognition of Positive Sex and Relationship Words // Psychological science. V 19. P. 1092–1094.*

URGESI C., AGLIOTI S. M., SKRAP M., FABBRO F. 2010. *The Spiritual Brain: Selective Cortical Lesions Modulate Human Self-*

Transcendence // Neuron. V 65 (3). V 309–319.

VAN VUGT M., SPISAK B. R. 2008. *Sex Differences in the Emergence of Leadership During Competitions Within and Between Groups* // Psychological Science. V. 19. P. 854–858.

VELLISTE M., PEREL S., SPALDING M.C., ET AL. 2008. *Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding* // Nature. V 453. P. 1098–1101.

VIKEN R.J., ROSE R.J., KAPRIO J., ET AL. 1994. *A developmental genetic analysis of adult personality: extraversion and neuroticism from 18 to 59 years of age* // J. Pers.Soc. Psychol. V 66 (4). P. 722–730.

WALDHERR M., NEUMANN I. D. 2007. Centrally released oxytocin mediates mating-induced anxiolysis in male rats // Proc.Nat. Acad. Sci USA. V. 104. P. 16681—16684.

WALLACE B., CESARINI D., LICHTENSTEIN P., ET AL. 2007. *Heritability of ultimatum game responder behavior* // Proc. Natl Acad. Sci. USA. V 104. P. 15631—15634.

WALUM H., WESTBERG L., HENNINGSSON S., ET AL. 2008. *Genetic variation in the vasopressin receptor 1a gene (AVPR1A) associates with pair-bonding behavior in humans* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 105. P. 14153—14156.

WARD A.J. W., HERBERT-READ J. E., SUMPTER D.J. T., ET AL. 2011. *Fast and accurate decisions through collective vigilance in fish shoals* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. V 108. P. 2312–2315.

WARNEKEN E., TOMASELLO M. 2006. *Altruistic Helping in Human Infants and Young Chimpanzees* // Science. V 311. P. 1301–1303.

WENSELEERS T., RATNIEKS F. L. W. 2006. *Enforced altruism in insect societies* // Nature. V 442. P. 50.

WOOD J. N., GLYNN D. D., PHILLIPS B. C., ET AL. 2007. *The Perception of Rational, Goal-Directed Action in Nonhuman Primates* // Science. V 317. P. 1402–1405.

WOOLLEY A. W., CHABRIS C. F., PENTLAND A., ET AL. 2010. *Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups* // Science. V 330 P. 686–688.

WOOLLETT K., SPIERS H.J., MAGUIRE E. A. 2009. *Talent in the taxi: a model system for exploring expertise* // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. V 364 (1522). P. 1407–1416.

WYNN T., COOLIDGE F. 2004. *The expert Neandertal mind* // Journal of Human Evolution. V. 46. P. 467–487.

YANG G., PAN F., GAN W.-B. 2009. *Stably maintained dendritic spines are associated with lifelong memories* // Nature. V 462. P. 920–924.

ZAHAVI A. 1990. *Arabian babblers: The quest for social status in a cooperative breeder.* In: Stacey, P. B., Koenig, W. D. (eds). *Cooperative breeding in birds: long-term studies of ecology and behavior.* Cambridge University Press. P 103–130.

ZHONG C.-B., LILJENQUIST K. 2006. *Washing Away Your Sins: Threatened Morality and Physical Cleansing* // *Science.* V. 313. P. 1451–1452.

ZILHAO J., ANGELUCCI D.E., BADAL-GARCIA E., ET AL. 2010. *Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals* // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* V 107. P. 1023–1028.