

Сюзана Херкулано-Хузел

**МОЗГ**  
**Такой ли он**  
**особенный?**



Издательство АСТ  
Москва

УДК 612  
ББК 28.707.3  
Х39

SUZANA HERCULANO-HOUZEL  
THE HUMAN ADVANTAGE  
A NEW UNDERSTANDING OF HOW  
OUR BRAINS BECAME REMARKABLE

*Печатается с разрешения издательства MIT Press (США)  
при содействии Агентства Александра Корженевского (Россия)*

*Все права защищены.  
Ни одна часть данного издания не может быть  
воспроизведена или использована в какой-либо форме,  
включая электронную, фотокопирование, магнитную запись  
или иные способы хранения и воспроизведения информации,  
без предварительного письменного разрешения правообладателя.*

Перевод с английского: Анваер Александр

**Херкулано-Хузел Сюзана.**

Х39 Мозг. Такой ли он особенный? / С. Херкулано-Хузел ; [пер.с англ. Александра Анваера] – Москва : Издательство АСТ, 2019. – 288 с. – (Загадки мозга).

ISBN 978-0-262-03425-8 (англ.)  
ISBN 978-5-17-113534-8 (Издательство «АСТ»)

Люди — потрясающие существа. Наш мозг ежедневно использует до 25% всей энергии, которая необходима нашему организму. За сравнительно короткий промежуток времени эволюции его размер существенно увеличился, позволив нам оставить наших предков, человекообразных обезьян, позади. Так значит человеческий мозг можно назвать особенным? А вот и нет, Сюзана Херкулано-Хузел пытается доказать, что размер нашего мозга не так уж и важен. Значение имеет только кора головного мозга и количество нейронов. Все это произошло благодаря изобретению нашими предками около 1,5 миллиона лет назад более эффективного способа получения калорий: приготовление пищи. Потребление большего количества калорий за маленький промежуток времени позволило нашему мозгу обзавестись большим количеством нейронов во все еще довольно маленькой коре головного мозга, которая отвечает за поиск закономерностей, рассуждение и разработку технологий. Это оригинальный взгляд на то, как в процессе становления человека незаурядным не было ничего особенного.

УДК 612  
ББК 28.707.3

ISBN 978-0-262-03425-8 (англ.)  
ISBN 978-5-17-113534-8 (Издательство «АСТ»)

© 2016 Massachusetts Institute of Technology  
© ООО «Издательство АСТ», 2019

Моим родителям, Селене и Дарли, — они дали мне крылья и научили летать.

Джону Каасу — он дал мне мужество взлететь на головокружительную высоту.



## Предисловие

### *Конечно, мы особенные, не так ли?*

Люди удивительны и неподражаемы. Наш мозг в семь раз превосходит размер того мозга, который необходим нам в соответствии с размерами нашего тела, и развивается он чрезвычайно долго. Кора нашего мозга — самая большая его часть в сравнении с массой остального мозга, а самая большая часть коры — это префронтальная кора. Человеческий мозг потребляет огромное количество энергии: 25 % калорий, затрачиваемых нами в сутки, уходят на обеспечение работы головного мозга. По меркам эволюции наш мозг стал громадным за очень короткое время, оставив далеко позади мозг наших ближайших родичей — человекообразных обезьян с их тощими мозгами, которые не составляют по массе и трети нашего мозга. Значит, человеческий мозг особенный, правильно?

Нет, неправильно, согласно полученным в моей лаборатории новым данным, с которыми вы познакомитесь, наш мозг замечателен — это так, но он не особенный, в том смысле, что он не является исключением из эволюционных правил. Тем не менее, как представляется, наш мозг самый способный на нашей планете, во всяком случае, это мы изучаем мозг остальных животных, а не они — наш. Но если наш мозг не является эволюционным исключением, то в чем же тогда заключается преимущество человека?

«Преимущество человека» предлагает вам отказаться от предубеждения, согласно которому мы считаем людей исключительными существами, и вместо этого взглянуть на человеческий мозг в свете эволюции и новых данных, каковые позволяют увидеть, что нечто другое делает наши способности уникальными, а именно то, что наш мозг превосходит мозг других животных не потому, что мы являемся исключением эволюции, а потому, что по простым эволюционным причинам в нашей коре содержится наибольшее число нейронов, недоступное другим животным видам. Я возьму на себя смелость утверждать, что преимущество человека заключается,

во-первых, в том факте, что мы принадлежим к приматам и, как у таковых, наш мозг построен по весьма экономичному принципу, что позволяет уместить большое число нейронов в относительно небольшом объеме, в сравнении с другими млекопитающими. Во-вторых, мы принадлежим к тому виду приматов, которые получили преимущество благодаря тому факту, что полтора миллиона лет назад наши предки проделали трюк, который позволил их потомкам легко и непринужденно получить огромное количество корковых нейронов, а по данному показателю с нами не может соперничать ни одно животное; и этот трюк — приготовление пищи. В-третьих и в-последних, вследствие быстрого роста головного мозга, которое стало возможным из-за потребления дополнительных калорий (благодаря готовке и горячей пище), мы стали видом, обладающим наибольшим числом нейронов в коре головного мозга — части мозга, ответственной за отыскание закономерностей, логическое мышление, предвосхищение неприятностей и подготовку к ним, за изобретение технологий и передачу их потомкам в рамках культурной традиции.

Сравнение человеческого головного мозга с мозгом десятков других видов животных излечивает от высокомерия и учит смирению; именно это сравнение напоминает мне, что у нас нет никаких причин считать, что наш мозг является эволюционным исключением и что мы были тем или иным путем «избраны». Я надеюсь, что это новое понимание человеческого мозга поможет нам лучше оценить наше место на Земле как вида, в котором хотя и нет ничего экстраординарного (так как наш вид подчиняется тем же эволюционным законам, которые управляют развитием всех прочих приматов), но который все же является на самом деле замечательным в отношении своих когнитивных способностей и, благодаря выдающемуся числу нейронов, возымел возможность изменять свое собственное будущее, как в лучшую, так и в худшую сторону.

Рио-де-Жанейро, январь 2015 года

## Благодарности

Эта книга подытоживает десятилетнюю работу, которая стала возможной в первую очередь при поддержке и щедрости Роберто Лента, который благодаря своему авторитету в научном сообществе смог открыть новый отдел в Институте биомедицинских наук Федерального университета Рио-де-Жанейро, который я возглавила, и поддержал мою безумную идею — превратить мозг в суп, а затем попытаться определить, из чего этот суп состоит. После этого наши пути разошлись, но я до сих пор с благодарностью вспоминаю его наставления.

Джон Каас, выдающийся ученый с кафедры психологии университета Вандербилта, вошел в мою профессиональную жизнь и преобразил ее в 2006 году, когда началось наше сотрудничество. С тех пор мы встречаемся пару раз в год, на научных конференциях или в его лаборатории в Нэшвилле, в Теннесси, где он и его очаровательная жена Барбара Мартин принимали меня (обеденный стол в их квартире был свидетелем рождения многих моих научных статей), кормили (Джон готовит непревзойденную *feijoada*) и согревали мою душу дружбой и содержательными беседами. Коллеги часто считают его моим бывшим консультантом (которым он никогда не был, хотя этим он оказал бы мне честь), но, на самом деле, он сделал для меня нечто намного большее: Джон — мой дорогой друг и своего рода научный отец, человек, который решил присматривать за мной просто потому, что мог это делать. Спасибо вам, Джон, спасибо за все.

Мне посчастливилось в ходе работы повстречать на пути совершенно фантастических людей. Бруно Мота — это одновременно замечательный друг и великолепный сотрудник, он всегда оказывался рядом, когда речь заходила о математической обработке результатов, мы много спорили о том, является ли жизнь оптимальным феноменом (на взгляд физика Моты) или просто достаточно сносной (это мой взгляд как биолога). Пол Мэнджер должен был одарить меня половиной головного мозга слона, но вместо этого до-

верил мне десятки экземпляров этого органа самых разнообразных животных — крупных и мелких, а заодно и своей чудесной дружбой. Карл Херруп, которого я считаю моим почетным консультантом, всегда оказывал мне неоценимую помощь, давал полезные советы и подбадривал на нелегком и тернистом пути. Как это здорово, что все вы были рядом со мной, друзья.

Работа, на которую я опиралась при написании книги, стала возможной благодаря помощи со стороны многих людей. Помимо Роберто Лента, Джона Кааса и Пола Мэнджера, я хотела бы выразить свою благодарность Кену Катания, лучшему биологу из всех, кого я знаю; Леа Гринберг, Вильсону Джекобу Филью и их коллективу из USP; Кристине Коллинз и Пейяну Вонгу; и всем ученым, которые участвовали в упомянутых в книге исследованиях, в особенности Карине Фонсека-Азеведо, Фредерико Азеведо, Педро Рибейро, Мариане Габи, Камиле Авелино-де-Соуза, Клеберу Невесу и Родриго Казу. Очень помогли и многие косвенные сотрудники, люди, которые тем или иным способом помогали мне по ходу работы и моего становления в качестве нейроанатома (специальности, которой я не училась в университете): Георг Штридтер, Патрик Хоф, Роб Бартон, Ричард Пассингхэм, Джек Джонсон, Паско Ракич, Чет Шервуд, Леа Крубитцер, Джим Бауэр, Стивен Ноктор, Чарлз Уотсон и Джордж Паксинос. Спасибо всем вам за то, что вы всегда были рядом.

Научные исследования в Бразилии финансируются исключительно федеральными фондами и фондами штатов, и мне хотелось бы поблагодарить CNPq и FAPERJ за финансовую поддержку в течение многих лет. Я также безмерно благодарна фонду Джеймса МакДоннелла за поддержку, которую он оказывал мне с 2010 года, несмотря на то что работы, выполненные на эти деньги, еще только ждут своей публикации.

Великолепные иллюстрации, которыми снабжена книга, выполнены Лореной Кац, талантливой молодой художницей, с которой мне посчастливилось целый год провести в лаборатории, благодаря стипендии от CNPq.

Я благодарю моего редактора из MIT-Press Боба Прайора за предложение написать книгу, за его терпение, когда появление новых данных в очередной раз задерживало выход кни-

ги и заставляло менять сроки ее сдачи. Я также благодарна Крису Айеру и Кэтрин Алмейде за их редакторскую поддержку, Джеффри Локриджу за умелое и грамотное редактирование и Кэти Хоуп за ее усилия по продвижению книги.

Эта книга стала читабельной для широкого круга читателей благодаря неоценимой помощи со стороны моей матери, социолога, и дочери, которой было в то время пятнадцать лет, — они читали черновик каждой следующей главы и без церемоний говорили, что в ней было для них непонятно. Все недостатки в тексте тем не менее на моей совести, а не на их. (С другой стороны, мой отец не был мне помощником, потому что у него никогда не было замечаний, а только вопросы, на которые я попытаюсь ответить в следующей книге.)

Мои родители никогда не устали побуждать меня к тому, чтобы я стала тем, кем я всегда хотела быть — ученым, несмотря на то что это не самая популярная карьера в Бразилии (насколько плох этот выбор, иллюстрируется тем фактом, что моя мама всегда хотела, чтобы я стала музыкантом). Они всегда учили, что не надо бояться оспаривать авторитеты, настояли на изучении мною иностранных языков и научили меня отстаивать мои взгляды, а затем, глубоко вздохнув, купили мне билет на самолет и отправили завершать образование в Соединенные Штаты в нежном возрасте 19 лет, когда бразильцы в большинстве своем живут дома и только-только готовятся к поступлению в колледж. Мои родители дали мне крылья и вытолкнули из гнезда, хотя это и означало для них разлуку со мной. Единственное, чего я хочу, — чтобы они могли гордиться мной.

Последнее, но самое главное — это моя благодарность моей домашней толпе — моим детям, Луизе и Лукасу, и моему мужу Жозе Малдонаду. Спасибо вам, ребята, за ваше терпение, за снисхождение к моему постоянному ношению шапки-невидимки (это единственный способ работать дома; очень рекомендую его!), простите меня за блуждания по дому с отсутствующим взглядом, когда в голове у меня были только числа и расчеты. Спасибо за то, что вы терпеливо выслушивали мои нескончаемые рассказы о новых открытиях в науке, за то, что неустанно подбадривали меня во время работы, за высокую ее оценку. Ваше счастье сделало мою книгу достойной его.

# 1. Люди рулят!

Итак, мы особенные — ну, по крайней мере, так пишут в большинстве книг по нейробиологии. Картина, действительно, впечатляющая: в головном мозге человека 100 миллиардов нервных клеток, в десять раз больше глиальных клеток, очень большая кора, а, кроме того, мозг человека увеличился в объеме в три раза за какие-то полтора миллиона лет — ничтожно малый отрезок времени по масштабам эволюции. В то же время мозг высших обезьян за это время сохранил свой прежний объем — в три раза меньше нашего, причем этот объем сохраняется у них на протяжении 6 миллионов лет. Люди вида *sapiens* сосуществовали с неандертальцами и в какой-то мере смешивались с ними, но в конце концов наш вид возобладал. Мы стали править миром более разнообразными способами, чем любой другой вид животных, когда-либо господствовавших на Земле; современные люди могут жить в любом месте нашей планеты и даже за ее пределами.

За всеми этими достижениями стоит то, что я называю «преимуществом человека». Насколько мне известно и каким бы самонадеянным это ни казалось, факт остается фактом: мы единственный в природе вид, способный изучать самих себя и другие существа и порождать знания, превосходящие те, которые получают непосредственно с помощью естественных органов чувств; мы можем играть этими знаниями, исправлять наши несовершенства с помощью очков, имплантатов и хирургических операций и, таким образом, повышать шансы на выживание, данные нам естественным отбором; мы можем модифицировать окружающую среду в такой степени (к лучшему или к худшему), что получаем возможность селиться в местах, ранее бывших непригодными к проживанию. Мы единственный вид, способный изготавливать орудия для производства других орудий и технологий, которые позволяют нам решать самые разнообразные проблемы; мы совершенствуем эти способности, изыскивая решения все более и более слож-

ных проблем; мы изобретаем способы регистрации полученных знаний и передачи их следующим поколениям методами, не требующими непосредственной демонстрации навыков и знаний. Несмотря на то что всего этого можно достичь и не обладая когнитивными способностями, присущими исключительно нашему виду (подробнее об этом ниже), мы определенно подняли наши способности на такой уровень, что стали недостижимы для всех возможных соперников.

В течение десятилетий ученым казалось, что преимущество человека обусловлено рядом признаков, делающих наш мозг уникальным и причудливым исключением из правила. Гориллы превосходят нас массой тела в два-три раза, но масса их головного мозга составляет лишь одну треть от таковой нашего мозга, то есть масса нашего мозга в семь раз превышает необходимый для нас — по биологическим законам — мозг. Этот мозг дорого нам обходится, так как он потребляет такое количество энергии, какое превосходит все разумные пределы: на работу мозга уходит одна треть всей энергии, потребляемой нашим организмом — на работу мышц и всех остальных органов, притом что масса мозга составляет всего 2 % от массы тела. Правила, по которым работают организмы других животных, не работают у нас. Представляется вполне уместным полагать, учитывая наши достижения, выделяющие нас из всего царства живых существ, что наши необыкновенные умственные способности должны требовать необыкновенного мозга.

На самом деле, при том, чего может достичь наш мозг, он определенно должен быть удивительным и замечательным. Но действительно ли он так необычен? Этот вопрос мы и попробуем разобрать на страницах «Преимущества человека». На самом ли деле наш мозг состоит из ста миллиардов нейронов и триллиона глиальных клеток, как утверждали и утверждают уважаемые специалисты? (В реальности это не так.) Действительно ли масса нашего головного мозга в семь раз больше необходимой? (Это правда, но только в сравнении с высшими обезьянами, которые как раз и являются исключениями, а вовсе не мы.) Действительно ли наш мозг потребляет немислимое количество энергии? (Если учесть количество нейронов, то нет.) Но если оказывается, что в че-

ловеческом мозге нет ничего особенного, то как он достигает таких замечательных результатов?

Каким образом мы, люди, в отличие от всех прочих биологических видов, достигли таких удивительных умственных способностей, что случилось в ходе эволюции, почему наш вид превзошел все остальные? Как получилось, что именно люди, а не высшие человекообразные обезьяны получили столь большой мозг за такое короткое время? На самом ли деле смысл эволюции заключался в безостановочном прогрессе жизненных форм, кульминацией которого стал человек — венец всего живого на Земле?

### *Люди наверху: эволюция как прогресс*

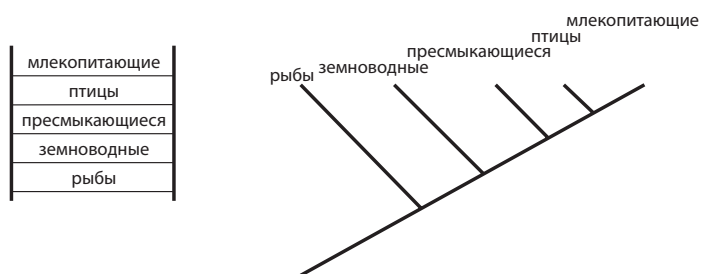
Нет ничего удивительного, что история о том, как человеческий мозг стал считаться особенным, тесно переплелась с историей самой эволюции, причем долгое время обе эти истории подвергались множеству толкований, опиравшихся на весьма скудные факты.

Жизнь изменяется в масштабах геологического времени, она изменялась и изменяется, начиная с момента своего появления около 3,7 миллиарда лет назад. Это факт, который не зависит от каких бы то ни было интерпретаций, как и тот факт, что в ископаемом материале нет человекоподобных существ старше 4 миллионов лет, то есть мы являемся весьма недавним «изобретением». Эти факты изменений жизни с течением времени, изменений, которые теперь называют «эволюцией», были обнаружены и осознаны менее двухсот лет назад. С тех пор непрерывно меняется и само понимание эволюции — от прогресса, ведущего к совершенству, до представлений о простых изменениях с течением времени, и эти представления сохраняют свое значение до сих пор, что будет ясно после прочтения этой главы. Однако отсутствие представлений об эволюции не мешало человечеству изучать многие связанные с нею факты, например порожденное эволюцией чудесное разнообразие жизненных форм.

Перед лицом этого разнообразия наш мозг автоматически создает категории, куда втискивает самые буйные его формы. Так же как письменные принадлежности рас-

падают на категории «ручки» и «карандаши», а колесные транспортные средства распределяют по категориям «легковые машины», «грузовики» и «велосипеды», так и видимые невооруженным глазом живые существа уже во времена Аристотеля (около 2300 лет назад) были разнесены на две категории: «растения» и «животные». Однако Аристотель пошел еще дальше и предположил существование «Великой цепи бытия» — *scala naturae*, лестницы природы, — согласно которой все природные вещи упорядочены на ступенях иерархической лестницы категорий в нисходящем порядке, от первичного двигателя на вершине лестницы до минералов в ее подножии. В середине лестницы располагаются животные, упорядоченные «по степени совершенства их душ» [1]. На этой лестнице природы, которую ученые принимали за истину в течение многих столетий, человек занимал второе после Бога положение.

До признания концепции эволюции как понятия об изменчивости с течением времени эту иерархию считали фиксированной: жизненные формы всех имеющихся категорий всегда были, есть и будут неизменными — и натуралисты ограничивали свое мышление и результаты наблюдений многообразия жизненных форм категориями неизменной лестницы природы. Однако в восемнадцатом и девятнадцатом веках обнаружение все большего числа ископаемых останков живых существ в геологических слоях разных эпох с неизбежностью привело к появлению новой концепции о полной изменчивости внешнего вида и строения живых существ с течением времени. В 1859 году Чарльз Дарвин в строгих понятиях выразил суть эволюции для последующих поколений. В свете эволюции лестница природы получила временную ось и в глазах последователей Дарвина превратилась в лестницу эволюции, по которой организмы постепенно восходят вверх по мере своего развития, идя от простого к сложному. Теперь лестницу представляли себе не как нечто фиксированное, а как телескопическую лестницу, которая со временем растет в высоту (рис. 1.1), по направлению к человеку. Такой взгляд вполне соответствовал тому факту, что в ископаемых останках человек появился позднее всех других живых существ.



**Рис. 1.1.** Упрощенная версия лестницы природы для позвоночных (слева) и та же шкала, ориентированная вдоль оси эволюционного времени, то есть с учетом того, что жизнь развивалась во времени (на рисунке отрезки времени не указаны). Слияние линий (справа) указывает, что современные птицы и млекопитающие (помещенные сверху) имеют общего предка, а их общий предок имел общего предка с современными пресмыкающимися, а их общий предок имел общего предка с современными земноводными, и так далее, до появления на планете первых жизненных форм. Это «генеалогическое древо» позвоночных не соответствует действительности; см. рис. 1.4

Так рассуждал немецкий невролог Людвиг Эдинггер, которого многие считают отцом сравнительной нейроанатомии. В конце девятнадцатого века Эдинггер рассматривал эволюцию головного мозга (в соответствии с концепцией Дарвина) как прогрессирующую и нелинейную (в соответствии с телескопической версией аристотелевской лестницы, которая разворачивается с течением времени эволюции): от рыб к амфибиям, потом к рептилиям, птицам и млекопитающим — кульминацией этого развития стал человеческий головной мозг, естественно, в восхождении от «низшего» к «высшему» интеллекту, согласно предполагаемой последовательности, в которой на Земле появлялись разные группы позвоночных животных. В процессе восхождения по лестнице, рассуждал Эдинггер, мозги существующих позвоночных сохраняли структуры мозга предшественников. Следовательно, ввиду прогрессивной эволюции сравнение анатомии мозга существующих видов должно выявить происхождение более поздних структур от старых структур предшествующих видов. Предполагаемое свидетельство «прошлых жизней», запечатленное в структурах современного мозга, находит свое отражение в законе рекапитуляции, сформулированном

в 1866 году немецким эмбриологом Эрнстом Геккелем в афоризме: «Онтогенез повторяет филогенез» (то есть индивидуальное развитие отдельного организма повторяет ход эволюции). Геккель утверждал, что развитие недавних («передовых») видов последовательно проходит стадии, представленные во взрослых организмах более старых («примитивных») видов. Эдингер распространил на взрослый мозг различных биологических видов то, что Геккель, как он считал, наблюдал у их эмбрионов.

Так и получилось, что в начале двадцатого века, в соответствии с идеями прогрессивной эволюции от рыб к земноводным, от земноводных к пресмыкающимся, а далее к птицам и млекопитающим и, в частности, к человеку и при учете постепенного увеличения сложности и размеров, Эдингер предположил, что каждая новая группа позвоночных в ходе эволюции приобретала более совершенные отделы мозга, которые, подобно геологическим породам, наслаивались на предыдущие, более старые отделы головного мозга (рис. 1.2). Слоистое расположение этих отделов отражало основное деление человеческой центральной нервной системы (спинной мозг, продолговатый мозг, мост, мозжечок, промежуточный мозг, средний мозг и конечный мозг), такие отделы можно обнаружить у всех позвоночных животных. Соответственно, конечный мозг — верхний слой, а, следовательно, самый молодой — является тем отделом, который сильнее всего отличается своими размерами от соответствующего слоя других биологических видов и характерен именно для человеческого мозга, где его масса составляет 85 % массы всего головного мозга (рис. 1.3).

В 1908 году Эдингер предположил, что выдающаяся роль конечного мозга у млекопитающих, в особенности у человека, служит признаком эволюционного статуса человека как «высшего» среди животных. Эдингер считал, что и сам конечный мозг развивался постепенно за счет добавления слоев: предковая часть конечного мозга (полосатое тело) контролирует инстинктивное поведение; за полосатым телом последовало добавление нового участка (слоя) плаща или коры, которая контролирует обучение и разумное поведение, — и эта часть наиболее развита у людей [2]. По ходу эволюции первичный конечный мозг рыб обладал маленькой