

Введение	11
Глава 1 Какие мы	17
Глава 2 Параллельный и распределенный мозг	56
Глава 3 Интерпретатор	90
Глава 4 Отказ от понятия свободы воли	122
Глава 5 Социальный разум	163
Глава 6 Мы есть закон	202
Глава 7 Заключение	245
Благодарности	249
Список литературы	251
Предметно-именной указатель	265

Какие мы

Существует такая загадка повседневной жизни: все мы ощущаем себя целостными сознательными субъектами, действующими в соответствии с собственными целями, и можем свободно принимать решения почти любого рода. В то же время все понимают, что люди — машины, пусть и биологические, а физическим законам природы подчиняются любые машины, искусственные и “человеческие”. Действительно ли оба типа машин жестко детерминированы, как считал Эйнштейн, который не верил в свободу воли, или же мы свободны выбирать, как нам того хочется?

Ричард Докинз излагает мнение просвещенной науки, что все мы — детерминированные механические машины, и тут же указывает на очевидное следствие. Почему тогда мы наказываем людей за антисоциальное поведение? Почему бы нам не рассматривать их просто как тех, кого следует исправить? В конце концов, говорит он, если наша машина не заводится и срывает наши планы, мы не кидаемся на нее с кулаками и не пинаем. Мы чиним ее.

А если это не машина, а лошадь, сбросившая седока? Что мы делаем в этом случае? Мысль дать ей хорошего тычка скорее придет вам на ум, чем решение просто отправить ее на конюшню для перевоспитания. Чем-то одушевленная плоть вызывает у нас особые реакции, присущие людям, а вместе с ними вытаскивает на свет множество чувств, ценностей, целей, намерений и психических состояний. Одним словом, есть что-то в том, как мы

(и, вероятно, наш мозг) устроены, что, похоже, во многом управляет нашим повседневным поведением и мышлением. По-видимому, в нас много сложных составляющих. Наша крайне самостоятельная машина мозга работает сама по себе, хотя каждый из нас думает, что он за главного. Вот в этом и заключается загадка.

Наш мозг — это чрезвычайно распределенная параллельная система с несметным количеством точек принятия решения и центров интеграции. Круглосуточно семь дней в неделю мозг управляет нашими мыслями, желаниями и телом. Миллионы нейронных сетей — это туча вооруженных отрядов, а не одинокий солдат, ожидающий приказа командира. Кроме того, это детерминированная система, а не какой-то лихой ковбой, который действует вне физических и химических законов, работающих в нашей Вселенной. И все же эти современные факты нисколько не убеждают нас, что не существует главного “себя” — собственного “я”, командующего в каждом из нас. Опять парадокс. И наша задача — попытаться понять, как все это может работать.

Достижения человеческого мозга — веская причина, по которой мы убеждены в существовании нашего центрального и целеполагающего “я”. Современные технологии и человеческие ноу-хау настолько поразительны, что обезьяну с мозговым имплантатом в Северной Каролине можно подключить к интернету — и при соответствующей стимуляции активность ее нейронов будет управлять движениями робота в Японии. Мало того, нервный импульс дойдет до Японии раньше, чем он может дойти до собственной лапы этой обезьяны! Приведем пример попроще: подумайте о своем ужине. Если повезет, сегодня вечером вы отведаете, скажем, листья местного салата с кусочками груши из Чили и изумительно вкусной горгонзолой из Италии, отбивную из молодой новозеландской баранины, жареный картофель из Айдахо и французское красное вино. Сколько разных талантливых и изобретательных людей поучаствовало в осуществлении обоих описанных сценариев? Масса народу. От человека, который придумал выращивать свою собственную пищу, и того,

кто обнаружил любопытные свойства несвежего виноградного сока, до Леонардо да Винчи, впервые нарисовавшего летательный аппарат. От того, кто первым надкусил заплесневелый сыр и почувствовал его прекрасный вкус, до множества ученых, инженеров, разработчиков программного обеспечения, фермеров, владельцев ранчо, виноделов, сотрудников служб транспортировки, розничных торговцев и поваров, которые внесли свой вклад. Нигде в животном царстве не существует такой изобретательности и сотрудничества между особями, не состоящими в родстве. Удивительно, что есть люди, которые не видят большой разницы между способностями человека и умениями других животных. Получается, они совершенно уверены в том, что их любимый пес с большими печальными глазами вот-вот опубликует самоучитель под названием “Как управлять двуногим соседом по дому, не вставая с дивана”.

Люди распространились по всему миру и живут в самых разных условиях окружающей среды. В то же время наши ближайшие родственники, шимпанзе, находятся под угрозой исчезновения. Почему же, спросите вы, люди как вид так успешны, тогда как ближайшие родственники человека с трудом выживают? Мы можем решать такие задачи, которые ни одному другому животному не по зубам. Значит, человек явно обладает чем-то, чего у других животных нет. Однако нам трудно признать это. Нам в начале XXI века доступно куда больше знаний, которые помогут ответить на подобные вопросы, чем любознательным и дотошным исследователям прошлого. А таких среди наших предков было немало: интерес людей к тому, что мы и кто мы, стар как мир. На стенах храма Аполлона в Дельфах, построенного в VII веке до нашей эры, был высечен призыв “Познай самого себя”. Человека всегда завораживали вопросы о происхождении разума, собственного “я” и человеческой природы. Что порождало такое любопытство? Едва ли о подобных материях размышляет ваша собака, лежа на диване.

Сегодня специалисты в области нейронаук изучают мозг так: залезают в него, регистрируют его сигналы, стимулируют, анализируют и сравнивают с мозгом других животных. Подобным

образом были раскрыты некоторые тайны мозга и построено множество новых гипотез. Однако нам не стоит зазнаваться. Еще в V веке до нашей эры Гиппократ, словно он был современным нейробиологом, писал: “Полезно также знать людям, что не из иного места возникают в нас удовольствия, радости, смех и шутки, как именно отсюда (от мозга), откуда также происходят печаль, тоска, скорбь и плач. И этой именно частью мы мыслим и разумеем, видим, слышим и распознаем постыдное и честное, худое и доброе, а также все приятное и неприятное... <...> От этой же самой части нашего тела мы и безумствуем, и сумасшествуем, и являются нам страхи и ужасы...”¹ Детали Гиппократ описал, конечно, расплывчато, но основные принципы изложил.

Думаю, науке ничего не остается, кроме как объяснить механизмы всех этих процессов. При этом нам лучше следовать совету Шерлока Холмса, известного своим научным методом: “Трудность в том, чтобы выделить из массы измышлений и домыслов досужих толкователей и репортеров несомненные, непреложные факты. Установив исходные факты, мы начнем строить, основываясь на них, нашу теорию и попытаемся определить, какие моменты в данном деле можно считать узловыми”².

Этот подход — ничего, кроме фактов, — позволяет приступить к решению головоломки, и первые исследователи мозга начали именно в таком духе. Что это за штука? Давайте возьмем труп, вскроем череп и поглядим. Понаделаем в мозге дыр. Давайте исследуем людей, переживших инсульт. Попробуем записать электрические сигналы мозга. Изучим, как он меняется в процессе развития. Как вы увидите, такого рода простые вопросы мотивировали первых ученых и продолжают вдохновлять многих и сегодня. Однако постепенно вы осознаете, что безнадежно даже пытаться разрешить вопрос о существовании собственного “я” (в противовес концепции, согласно которой человек — лишь машина), не изучая поведение организмов и не разбираясь, для чего именно предназначена наша развитая психическая система. Как отметил великий исследователь мозга Дэвид Марр, невозможно понять, как работает крыло

птицы, изучая ее оперение. По мере накопления фактов нужно давать им функциональный контекст, а затем анализировать, какие ограничения он может накладывать на составляющие его элементы, которые обеспечивают выполнение конкретной функции. Итак, начнем.

Развитие мозга

То, что звучит так коротко и отрывисто, как “развитие мозга”, должно быть несложным для изучения и понимания, однако у человека развитие — очень широкое понятие. Оно охватывает не только нейронный, но и молекулярный уровень, и не только когнитивные изменения во времени, но и воздействие внешнего мира. Оказывается, это отнюдь не простое понятие: попытка отделить факты от предположений то и дело уводит нас по длинному и трудному пути с множеством окольных тропинок. Такая участь и ждала ученых, попытавшихся разобраться в основах развития и работы мозга.

Эквивалентность

В начале XX века ученым пришлось пойти по такому обходному пути. Последствия до сих пор осаждают и мир науки, и неспециалистов: ведутся нескончаемые споры о том, что больше влияет на развитие человека — наследственность или среда. В 1948 году в Дартмутском колледже, моей альма-матер, двое величайших психологов США и Канады — Карл Лешли и Дональд Хебб — встретились, чтобы обсудить такой вопрос: является ли мозг “чистой доской” и обладает ли в значительной степени тем, что сегодня мы называем пластичностью, или же он несет в себе ограничения и сам каким-то образом детерминирован собственной структурой?

На тот момент теория чистой доски господствовала уже около двадцати лет, и Лешли был одним из ее первых сторонников. Он

был в числе исследователей, впервые применивших физиологические и аналитические методы для изучения механизмов мозга и интеллекта животных. Лешли аккуратно повреждал кору головного мозга крыс, а затем оценивал нанесенный животным урон количественно, анализируя их поведение до и после операции. Он обнаружил, что объем удаленных им тканей коры влиял на обучение и память, а локализация — нет. Это убедило его, что утрата навыков связана с размером отрезанного участка коры, а не с его местоположением. Лешли не считал, что разрушение конкретной области мозга приведет к потере специфической способности. Он провозгласил два принципа — *действия массы* (активность мозга определяется функционированием этого органа как целого) и *эквипотенциальности* (каждая часть мозга способна выполнять любую задачу, а значит — нет никакой специализации)³.

В процессе работы над диссертацией Лешли попал под влияние Джона Уотсона, директора лаборатории психологических исследований в Университете Джонса Хопкинса, и они стали хорошими друзьями. Откровенный сторонник бихевиоризма и теории чистой доски, Уотсон в 1930 году произнес свои знаменитые слова: “Дайте мне дюжину здоровых, нормально развитых младенцев и мой собственный особый мир, в котором я буду их растить, и я гарантирую, что, выбрав наугад ребенка, смогу сделать его по собственному усмотрению специалистом любого профиля — врачом, адвокатом, актером, торговцем и даже попрошайкой или вором — вне зависимости от его талантов, увлечений, наклонностей, способностей и расовой принадлежности его предков”⁴. Принципы действия массы и эквипотенциальности, выдвинутые Лешли, хорошо вписываются в рамки бихевиоризма.

Новые свидетельства в пользу концепции эквипотенциальности были связаны с именем одного из первых специалистов по нейробиологии развития — Пола Вайсса. Он тоже считал, что различные участки мозга не специализируются во время развития, и придумал известную фразу: “Функция предшествует форме”⁵. Она отражала результаты его экспериментов, в кото-

рых он пересаживал дополнительную конечность тритону, земноводному из семейства саламандр. Исследователя интересовал вопрос: будут ли нервные волокна прорасти к конечности специфично, или же они начнут прорасти случайным образом, но затем, в процессе использования новой лапы, произойдет приспособление и появятся ее специализированные нейроны? Он обнаружил, что пересаженные конечности тритона получают нужную иннервацию и способны обучаться движениям, которые полностью координированы и синхронизированы с движениями близлежащей конечности. Роджер Сперри, ученик Вайсса, а позже — мой наставник, резюмировал его принцип, получивший широкое признание, как “программу, согласно которой образование синаптических* связей совершенно неселективно, диффузно и универсально для нижележащих контактов”⁶. Итак, в то время считалось, что в нервной системе все сгодится, что нет никакой структурированной системы нейронов. Это началось с Лешли, это отстаивали бихевиористы, с этим соглашался величайший зоолог того времени.

Связи и специфичность нейронов

Однако Дональду Хеббу все это не казалось убедительным. Хотя он и учился вместе с Лешли, но был независим в своих суждениях и начал развивать собственную теорию. Он подозревал, что важно, как работают специфические нейронные связи, и отказался от принципов действия массы и эквипотенциальности. Ранее он уже отверг идеи великого русского физиолога Ивана Петровича Павлова, который считал мозг одной большой рефлекторной дугой. Хебб верил, что поведение определяется деятельностью мозга и что нельзя отделять психологию организма от его биологии. Сегодня это общепринятая идея, но тогда она казалась необычной. В отличие от бихевиористов, счи-

* Синапс — место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал другой клеткой (мышечной, эпителиальной), где происходит передача нервного импульса. — *Прим. ред.*

тавших, что мозг просто реагирует на стимулы, Хебб понял, что мозг никогда не прекращает работать, даже в отсутствие стимулов. Пользуясь ограниченными данными о функциях мозга, известными в 1940-е годы, он стремился построить модель, которая бы учитывала этот факт.

Хебб, опираясь на результаты собственных исследований, начал с предположений, как это может происходить. В 1949 году вышла его книга под названием “Организация поведения: нейropsychологическая теория” — предвестник гибели строгого биохевиоризма, знаменующий собой возврат к прежним представлениям об исключительной важности взаимосвязи нейронов. Он писал: “Если аксон клетки А находится достаточно близко, чтобы возбудить клетку Б, и многократно или постоянно участвует в ее активации, какие-то процессы роста или метаболические изменения происходят в одной или обеих клетках, так что эффективность возбуждения клеткой А клетки Б возрастает”⁷. В разговорах между собой нейробиологи формулируют это так: “Нейроны, которые возбуждаются вместе, связываются вместе”. Этот принцип лежит в основе предположений Хебба о процессах обучения и памяти. Он предложил называть группу нейронов, которые возбуждаются вместе, *клеточной ассамблеей*. Нейроны ассамблеи могут продолжать активироваться и по окончании запускающего события. Хебб считал, что такое устойчивое сохранение эффекта — разновидность памяти, и полагал, что мышление есть последовательная активация разных ассамблей. Иными словами, Хебб указал на ключевое значение взаимодействия между нейронами. Это и сегодня остается центральной темой исследований нейронауки.

Хебб сосредоточил свое внимание на нейронных сетях и на том, как они работают, чтобы запоминать информацию. Хотя он не занимался вопросом возникновения таких сетей, из его теории следует, что мышление влияет на развитие мозга. К тому же в своих ранних экспериментах на крысах, результаты которых были опубликованы в 1947 году, Хебб показал, что опыт может влиять на обучение⁸. Он понимал, что его теория будет пересматриваться по мере появления новых данных, касаю-

щихся механизмов работы мозга, но его настойчивость в объединении биологии с психологией наметила путь, который чуть более чем через десять лет привел к появлению новой области нейронауки.

Постепенно стало понятно, что, как только информация усваивается и помещается на хранение, конкретные участки мозга используют ее разными, особыми способами. Тем не менее оставалось неясным, как возникают нейронные сети, — одним словом, как развивается мозг.

Основополагающая работа, послужившая фундаментом для современной нейронауки и подчеркнувшая важность специфичности нейронов, была сделана учеником Пола Вайсса, Роджером Сперри. Его завораживал вопрос о том, как возникают взаимосвязи между нейронами. Он скептически относился к тому, как Вайсс объяснял рост нервов — будто в формировании нейронных сетей главную роль играет функциональная активность. В 1938 году, когда Сперри начал свои исследования, против доктрины о функциональной пластичности нервной системы выступили двое врачей из Медицинской школы Университета Джонса Хопкинса — Фрэнк Форд и Барнс Вудолл. Они рассказали о своих пациентах, у которых функции не восстанавливались долгие годы, несмотря на регенерацию нервной ткани⁹. Сперри решил исследовать функциональную пластичность у крыс, наблюдая, как изменение нервных связей влияет на поведение. Он менял местами нервные связи между мышцами-антагонистами — сгибателями и разгибателями — на задних лапах крысы, что меняло движения голеностопного сустава на прямо противоположные, и смотрел, могут ли животные научиться правильно пользоваться конечностями, как это предсказывала теория функциональной пластичности Вайсса. К своему удивлению, Сперри обнаружил, что крысы никогда не приспособлялись к этим изменениям, даже после многих часов тренировок¹⁰. Например, когда они карабкались по лестнице, их задние лапы поднимались в тот момент, когда должны были опускаться, и наоборот. Он предполагал, что сформируются новые нейронные сети и нормальные функции восстановятся,

но оказалось, что моторные нейроны не взаимозаменяемы. Далее он исследовал сенсорную систему, перенося нервы кожи с одной конечности крысы на другую. И снова животные путались в ощущениях: когда ударяли током правую лапу, они поднимали левую; когда на правой лапе возникала ранка, они лизали левую¹¹. Моторная и сенсорная системы не обладали пластичностью. Увы, Вайсс неудачно выбрал тритона в качестве модели человека в своих экспериментах, ведь регенерация нервной системы наблюдается лишь у низших позвоночных, например у рыб, лягушек и саламандр. Сперри вернулся к идее, что рост нервных волокон и его остановка регулируются хемотаксисом (движением клеток навстречу определенным химическим веществам). Эту гипотезу в начале XX века впервые выдвинул Сантьяго Рамон-и-Кахаль, один из величайших нейробиологов всех времен.

По мнению Сперри, рост нейронных сетей был результатом высокоспецифичного генетического кодирования нейронных контактов. Он проделал десятки хитроумных экспериментов, чтобы это продемонстрировать. В одном из них он хирургическим путем просто перевернул лягушке глаз вверх ногами. После этого, когда ей показывали муху, ее язык двигался в противоположном направлении. И даже спустя несколько месяцев после операции лягушка продолжала искать муху не там, где нужно. Система обладала специализацией: она не была пластичной и не могла адаптироваться. Затем Сперри взял золотую рыбку и удалил у нее часть сетчатки. Когда нервы регенерировали, он наблюдал, где они будут расти в том участке среднего мозга, куда поступают зрительные импульсы, — в оптическом тектуме. Оказалось, нервы росли очень специфично. Если они росли в задней части сетчатки, то прорастали к передней части тектума, и наоборот. Иными словами, нервные волокна тянулись к особому месту, независимо от их начального положения.