

# Оглавление

|          |                                                                       |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
|          | Введение .....                                                        | 7          |
| Глава 1  | Чувствуют ли плодовые мушки страх,<br>когда спасаются бегством? ..... | 31         |
| Глава 2  | Подводная часть айсберга.....                                         | 53         |
| Глава 3  | От замирания к страху.....                                            | 88         |
| Глава 4  | Бойцовский клуб плодовых мушек .....                                  | 117        |
| Глава 5  | Дерущиеся плодовые мушки.....                                         | 140        |
| Глава 6  | Мышь, которая зарычала.....                                           | 166        |
| Глава 7  | Все для драки.....                                                    | 188        |
| Глава 8  | Испытывают ли гнев агрессивные мыши? ....                             | 215        |
| Глава 9  | Страх, ярость и душевные расстройства .....                           | 247        |
| Глава 10 | Наш мозг — не мешок химикатов .....                                   | 277        |
|          | Закключение.....                                                      | 309        |
|          | <i>Благодарности .....</i>                                            | <i>335</i> |
|          | <i>Об авторе .....</i>                                                | <i>337</i> |
|          | <i>Примечания .....</i>                                               | <i>338</i> |
|          | <i>Предметно-именной указатель .....</i>                              | <i>346</i> |



## Введение

**Р**ебенок колотит одноклассника в школьном дворе. Обмен оскорблениями в кабаке перерастает в драку у барной стойки. Два барана сцепились рогами над горным обрывом. Львицы из одного прайда заваливают южноафриканского буйвола. Озлобленная толпа штурмует Капитолий. Стрелок из окна гостиницы убивает множество зрителей концерта.

Все это — примеры неприкрытой агрессии. Внешнее поведение, которое можно распознать, описать словами или зафиксировать на видео. Однако, по крайней мере у людей, оно сопровождается тем, что нельзя увидеть, — внутренним переживанием эмоции при совершении действия. Наблюдая любую из описанных ситуаций, вы можете предположить, что нападающие ощущают гнев, злость и ярость. Но если они сами не расскажут, что чувствуют, как можно точно определить, какую эмоцию они испытывают и испытывают ли что-то вообще? А как насчет животных, которых мы даже не можем спросить?

Очевидно, что между агрессивным поведением и такими эмоциями, как гнев и злость, существует некоторая

связь. Сложно представить, чтобы кто-то мог совершать столь жестокие действия, не испытывая при этом соответствующих эмоций. С другой стороны, наши интуиция и опыт подсказывают: гнев и агрессия — не одно и то же. В конце концов, можно испытывать гнев, не выражая его физически в виде агрессии. Создается ли мозгом ощущение гнева отдельно и независимо от агрессивного поведения, или это два проявления одного процесса? Порождает ли гнев агрессивное поведение, или же агрессия вызывает гнев, а может быть, между ними нет причинно-следственной связи? В сущности, прежде чем заняться этими вопросами, мы должны ответить на более фундаментальный: «Что же такое эмоции и зачем они нужны?»

Несмотря на столетия изучения этого вопроса, мы до сих пор не знаем ответа. Более того, ученые даже не могут договориться, как должен выглядеть ответ. Существует полдюжины разных подходов к изучению эмоций: психологический, когнитивный, социологический, антропологический, философский и нейробиологический. Исследователи из этих областей говорят на разных языках и оперируют разными понятиями. Психолог объясняет эмоции в терминах внутренних побуждений, потребностей, конфликтов. Нейробиолог говорит про активность разных отделов мозга. Кто-то хочет разобраться в конкретных эмоциях, изучая, например, грусть или страх; другие стремятся понять общие черты, которые отличают эмоции от других нервных процессов. Мы не просто пытаемся описать слона по разным его частям, как слепцы из известной притчи, у нас даже нет общего названия для «слона».

При таком интеллектуальном разнообразии и отсутствии единства неудивительно, что появилось множество книг, продвигающих новые теории эмоций. Большинство

из них — и уж точно большинство тех теорий, которые становятся предметом общественного обсуждения, — берут начало в психологии. Они интересны и перспективны, но часто слишком абстрактны, и их сложно подтвердить экспериментально. У моей книги совершенно иная концепция. Я убежден, что нейронаука может предложить объективный и эмпирический подход к изучению эмоций. Он позволит нам начать поиск ответа на сложные вопросы об эмоциях, которые раньше считались вообще неразрешимыми.

Но начнем с общих сведений. Нейробиологи, изучая разные виды животных (в том числе и человека), пытаются выяснить, как из нейронов и связей в мозге зарождаются внутренние мотивации и формируется поведение. У ученых есть целый арсенал методов для измерения активности нервных клеток и манипуляций с ними. На основе полученных данных они строят компьютерные модели работы мозга. Это дает возможность понять на самом простом уровне сложные причинно-следственные связи в работе мозга. Нейронаука позволяет надеяться, что, когда мы изучим мозг достаточно подробно, мы сможем объяснить, как из его активности возникают *и поведение, и эмоции*.

Возможно, вы уже согласны со мной насчет важности нейронауки. Может быть, вы даже полагаете, что мои представления устарели и этот вопрос уже решен. Например, вы могли читать, что страх возникает благодаря активности структуры мозга под названием «миндалевидное тело». Ведь существует множество исследований, где ученые сканировали мозг испытуемых и показали, что если человек ощущает страх, то его миндалевидное тело «загорается», то есть активизируется. Если это верно для страха, то, несомненно, что-то подобное должно быть и для гнева. Таким образом,

нам остается только выяснить, где именно в мозге «живет» гнев. Разве мы не можем просто поместить испытуемых в сканер, поставить кого-нибудь наблюдать, что происходит в мозге, когда человек злится, а потом повторять это для других эмоций, пока мы не локализуем их все?

Если кратко, то нет. Сканирование мозга (такой метод называется по-научному «функциональная магнитно-резонансная томография», или фМРТ) не дает возможности оценить электрическую активность в мозге напрямую. Скорее, оно позволяет увидеть ток крови в определенной области. Соответственно, с помощью этого метода мы получаем лишь общее представление об активности мозга. Но главное, подобные эксперименты обеспечивают лишь корреляционные данные. Если мы наблюдаем активность в каком-то отделе мозга человека, когда тот говорит, что злится или боится, мы не можем определить, вызывает ли активность мозга эту эмоцию, или эмоция вызывает подобную активность мозга. Кроме того, использовать устный отчет испытуемого, то есть его рассказ о своих чувствах, для определения его субъективных ощущений — не самый надежный способ. Человек может неверно интерпретировать свои ощущения или даже солгать о том, что чувствует. Более того, как показывает практика, довольно сложно вызвать настоящую, подлинную эмоцию у человека, который находится в томографе, потому что он знает, что проходит эксперимент, и его отвлекают различные факторы, например шум прибора и снующие вокруг люди в лабораторных белых халатах. И наконец, как выяснила психолог и писатель Лиза Фельдман Барретт, первые работы по изучению страха с помощью фМРТ в разных лабораториях дали очень противоречивые результаты (хотя в относительно недавних исследованиях были получены более согласованные результаты).

В последние годы вследствие этих и других причин упрощенные нейробиологические объяснения эмоций, основанные на томографических данных, были поставлены под сомнение. Например, в 2015 году в статье для *The New York Times* Фельдман Барретт отмечала, что нейронная активность в миндалевидном теле необязательно порождает страх, на самом деле страх, как и другие эмоции, диффузно распределен по всему мозгу, а не локализован в каком-то одном отделе. В другой своей колонке Фельдман Барретт писала, что гнев проявляется у людей в столь разных формах, что, в сущности, бесполезно искать какой-то один паттерн нейронной активности, который соответствовал бы этой эмоции. Если смотреть с этой точки зрения, все попытки понять гнев, как, впрочем, и любую другую эмоцию, на нейробиологическом уровне не приводят к успеху и сама природа эмоций, похоже, остается непостижимой.

Однако я надеюсь вам показать, что рано опускать руки. Нейронауке есть что поведать о работе эмоций. Просто мы неправильно подходили к этому вопросу. Ситуация начала меняться в последние два десятилетия, когда появилось множество новых революционных методов для изучения функций мозга у так называемых модельных организмов, например мышей или плодовых мушек дрозофил, которых разводят в лабораториях для исследовательских задач и с которыми можно проводить генетические манипуляции. Современные методы позволяют с помощью генов и света помечать определенные типы нервных клеток в мозге, устанавливать их местоположение, оценивать их активность и управлять ими. В отличие от томографических методов, которые оценивают нейронную активность косвенно, по интенсивности кровотока в мозге, новые подходы дают возможность измерить непосредственно электрическую актив-

ность отдельных нейронов и проследить их прямые связи с конкретными клетками в других областях мозга.

Благодаря этим технологиям можно включать и выключать определенные группы нейронов, чтобы понять, как это влияет на то или иное поведение. В отличие от томографии, такие эксперименты позволяют различить причину и следствие. Поэтому я называю эти исследования *каузальной нейронаукой*. Они не только помогут нам лучше понять фундаментальные основы эмоций, у них есть и практическое применение. Выявление причины и следствия важно, например, если вы хотите найти мишени для новых препаратов, используемых в психиатрии или применяемых для глубокой стимуляции мозга.

Все же в подавляющем большинстве случаев эмоции рассматриваются и объясняются в психологических терминах. Хочу уточнить, что, по сути, в этом нет ничего ошибочного. Однако с практической точки зрения если бы психологического объяснения было достаточно, то для лечения большинства психических расстройств, среди которых посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), клиническая депрессия, биполярное расстройство, шизофрения и множество других, всем хватало бы терапевтических бесед. Безусловно, психотерапия может быть полезна для некоторых пациентов, но очевидно, что во многих случаях, в том числе при тяжелых психических заболеваниях, она не помогает. Тогда в ход идут лекарства (часто в сочетании с терапевтическими беседами). Сложность в том, что у нас нет хороших препаратов для лечения или коррекции многих психических заболеваний, а у имеющих за частую присутствуют настолько неприятные и тяжелые побочные эффекты, что многие пациенты отказываются лечиться

и страдают от последствий болезни. Например, гениальный прозаик Дэвид Фостер Уоллес, автор романа «Бесконечная шутка», прекратил прием лекарств от депрессии из-за их побочных эффектов и в итоге покончил с собой.

К сожалению, за последние 50 лет не было одобрено ни одного принципиально нового препарата для лечения психических заболеваний. Все так называемые новые лекарства однотипны. Например, препараты на основе флуоксетина, пароксетина и эсциталопрама — селективные ингибиторы обратного захвата серотонина (СИОЗС). Дело в том, что большинство имеющихся препаратов, таких как СИОЗС, были открыты случайно. Подобные события происходят нечасто, поэтому множество людей страдают, пока мы ждем следующего случайного открытия. Нам необходимо найти метод, позволяющий разрабатывать новые препараты для помощи пациентам в психиатрии, основываясь на понимании механизмов, лежащих в основе заболевания.

Благодаря каузальной нейронауке мы можем надеяться, что это возможно. Например, если активность определенных нейронов скоррелирована с тревожностью, это значит, что либо активность нейронов вызывает тревожность, либо активность нейронов обусловлена тревожностью. Если выключение таких нейронов делает животное более расслабленным, а активация нейронов — более встревоженным, можно предположить, что именно эти нейроны и порождают тревожность. Отсутствие эффекта от подобных манипуляций свидетельствует, что активность данных нейронов — это следствие тревожного состояния животного, а не причина. Эти выводы пригодятся, если вы попытаетесь выбрать, на каких типах нейронов сосредоточиться в поиске новых методов лечения тревожных расстройств.

Следует признать, что эти новые методы каузальной нейронауки сложно использовать на людях — как по техническим, так и по этическим причинам. Наш мозг — большой и сложный орган, и непросто найти надежный способ стимулировать и тормозить отдельные крошечные области, чтобы установить определенные функции или активность. Более того, это *инвазивные* методы. Для их применения нужна операция на открытом мозге с вживлением электродов, оптоволокон и другого оснащения. Медицинская этика требует, чтобы у людей операции на мозге проводились только для лечения заболеваний, например эпилепсии, и чтобы регистрация активности нейронов была ограничена лишь пораженной областью. То есть нейрохирурги не могут просто воткнуть электроды в произвольное место в мозге здорового человека, начать стимуляцию и узнавать, что из этого получается. Следовательно, систематический поиск по всему мозгу участков, контролирующих разные эмоции, у человека невозможен. Кроме того, для исследований в каузальной нейронауке часто требуется внесение изменений в гены, что также запрещено при работе с людьми. Например, может потребоваться внедрить в мозг инактивированный вирус с целью генетически модифицировать нейроны, представляющие научный интерес. В случае с человеком подобные манипуляции разрешены только при лечении таких болезней, как рак мозга.

Поэтому, если мы хотим использовать новые методы, способные повлиять на здоровье человека, нам необходимо работать на модельных животных, чтобы понять на причинно-следственном уровне, как мозг порождает такие эмоции, как страх и гнев, и как они связаны с поведением, например с агрессией. Уже сейчас использование методов каузальной нейронауки очень сильно повлияло на наши представления о таких функциях мозга, как зрение, восприятие, обучение, па-

мать, двигательный контроль, и это далеко не полный список. Есть все основания полагать, что эти методы также повлияют и на наше понимание эмоций и их связи с поведением.

И вот теперь мы подошли к серьезной проблеме. Как оценить эмоции у животных? Большинство людей в повседневной речи использует слово «эмоции» для обозначения чувств. Чувства — это субъективные переживания, которые мы осознаем в процессе самоанализа. С научной точки зрения единственный способ определить субъективное чувство — получить устный отчет. Исследователь спрашивает испытуемого, что тот чувствует, и испытуемый описывает свои ощущения. Поскольку животные не умеют говорить, мы никак не можем узнать, что они чувствуют и чувствуют ли что-то вообще (по крайней мере, в том смысле, в каком это испытываем мы). Субъективные чувства — часть сознательного опыта, а в настоящее время нет способа объективно оценить наличие сознания у животных. Следовательно, если мы рассматриваем эмоции исключительно как чувства, то мы не можем знать, присущи ли они животным. Как писал нидерландский этолог, лауреат Нобелевской премии (и один из моих кумиров в науке) Нико Тинберген: «Голод, как и гнев, страх и прочее, — явление, которое можно познать только путем самоанализа. Применительно к другому виду это всего лишь предположение о возможной природе субъективного состояния животного»<sup>1</sup>.

Таким образом, когда животное дерется, это необязательно означает, что оно испытывает нечто, определяемое нами как гнев. Тот факт, что животное замирает, необязательно означает, что оно испытывает страх в человеческом понимании. Действие — это одно, а эмоции — совсем другое. Если мы наблюдаем, что животные ведут себя определенным образом, это необязательно означает, что у них есть какие-либо эмоции.

Те из вас, у кого (как и у меня) есть домашние питомцы, могут счесть такую позицию несправедливой. Большинство из нас убеждены, что способны понять чувства животного, просто взглянув на него. Например, я почти уверен, что могу определить, счастлива моя кошка или встревожена, взглянув на движения ее тела и мордочку. Если она выглядит довольной или встревоженной, то кажется очевидным, что она должна *испытывать* эти чувства (то есть осознавать их). Если вы согласны с этим, то вы в хорошей компании. Великий натуралист Чарльз Дарвин (еще один мой научный кумир) писал в 1872 году в своей книге «О выражении эмоций у человека и животных», что «даже насекомые выражают гнев, ужас, ревность, любовь особенными звуками»<sup>\*</sup>.

Предположение, что животные чувствуют так же, как и мы, кажется верным и логичным, пока речь идет о домашних собаках и кошках, которые сталкиваются с пугающими или угрожающими, на наш взгляд, ситуациями. Однако что можно сказать о реакции рыбы, мухи или пчелы на угрожающие стимулы? Следует ли приписать эмоции и им тоже, как это сделал Дарвин? Или же следует занять нейтральную позицию, пока мы не найдем объективный способ оценивать эмоции у конкретного вида животных?

Мнение Дарвина соответствовало его цели — объяснить эволюционные преимущества «эмоционального» поведения, общего для людей и некоторых животных. Например, почему расширяются зрачки, когда мы испуганы<sup>\*\*</sup>. Однако для такого упертого нейробиолога, как я, это предположе-

---

<sup>\*</sup> Перевод под редакцией А. О. Ковалевского. — *Прим. пер.*

<sup>\*\*</sup> Дарвин объяснял феномен широко раскрытых глаз тем, что это позволяет нам увеличить поле периферического зрения и облегчить обнаружение хищника, который может скрываться поблизости. — *Здесь и далее примечания автора, если не указано иное.*

ние неочевидно по ряду причин. Во-первых, если мы определяем эмоции как чувства, то, согласно Тинбергену, мы не можем объективно узнать, испытывают ли животные эмоции вообще. Во-вторых, если мы вслед за Дарвином просто предположим, что эмоции присущи всем животным, тогда, чтобы определить, *какую именно* эмоцию испытывает данное существо, мы должны представить себя на его месте и подумать, что мы сами почувствовали бы в такой момент. Но животные — это не маленькие люди в меховых костюмах, и наша интуиция может нас подвести. Например, если я вижу, как кошка, встречая меня после работы, переворачивается на спину кверху лапами, то делаю вывод, что она рада меня видеть, поскольку я был бы рад себя увидеть, если бы был кошкой, запертой целый день дома в одиночестве. При этом у меня нет никакого независимого и объективного способа узнать, что чувствует кошка, кроме наблюдения за ее поведением. Я не могу объяснять ее поведение, предполагая, что знаю ее эмоции, *и одновременно* определять, что она чувствует, основываясь на ее поведении. Это — замкнутый круг. Может быть, кошка просто поняла, что может приучить меня гладить ей живот, если перевернется на спину лапами вверх.

Проблема усложняется тем, что в основе конкретного поведения может лежать несколько возможных эмоций, которые бывает трудно различить. Иногда животное неподвижно, поскольку замерло от страха или потому что спит. Оно может нападать, потому что чувствует угрозу, хочет продемонстрировать доминирование или съесть жертву. Аналогично, когда один самец пытается спариться с другим самцом, что это — гомосексуальное поведение или же проявление доминирования? Текущее эмоциональное состояние животного непросто определить, наблюдая только за его поведением.

Последнее и наиболее важное в контексте данной книги замечание: множество поведенческих актов животных, которые, если смотреть через призму антропоморфизма, *выглядят* для нас «эмоциональными», могут быть просто автоматическими, генетически предопределенными реакциями, которые запускаются в ответ на какие-либо сенсорные стимулы. По сути, это рефлекс, почти такие же, как разгибание ноги, когда врач ударяет по колену маленьким молоточком. Кибернетик Валентино Брайтенберг из Института биологической кибернетики Макса Планка показал, как легко можно запрограммировать машинку на четырех колесах двигаться так, что люди ошибочно будут приписывать ей эмоции (симпатию или отвращение). На самом же деле движение контролируется датчиком, который управляет вращением колес по часовой или против часовой стрелки, как у марсохода (подробнее об этом будет в главе 2). Итак, если мышь отскакивает от горячей поверхности, обязательно ли она испытывает боль? Или это просто рефлекс? Даже у человека быстрое отдергивание руки от горячей плиты — рефлекс, который контролируется спинным мозгом и в целом срабатывает без участия головного. Ощущаемая при этом боль — совсем другое, она возникает в вашем мозге позже. Точно так же муха или мышь, отпрыгивая или замирая в ответ на угрозу, может всего лишь проявлять рефлекс без какого-либо сопутствующего ощущения страха.

Итак, если нейронаука способна предложить лучшую трактовку эмоций (как мне верится), то теперь мы знаем, какой эта наука должна быть. Во-первых, следует сразу переформулировать понятие «эмоции» — так, чтобы оно не требовало приписывания чувств животным. Во-вторых, необходимо определить, является ли поведение выражением какой-либо эмоции, или это просто автоматическая

реакция. В-третьих, наука должна предложить способ определить, *какого типа* эмоцию животное испытывает, а не приписывать ему наши собственные субъективные человеческие переживания. И наконец, изучение работы эмоций в мозге животного должно рассказать нам о том, что происходит с эмоциями и в нашем мозге.

Чтобы у вас появилось некоторое представление, о чем я буду говорить, давайте начнем с самого первого и самого сложного вопроса: возможно ли объективно идентифицировать проявление эмоций у животных, не приписывая им человеческих чувств? Когда я зависаю в размышлениях о мозге и поведении, то обращаюсь за вдохновением к своим кошкам: Серафине — нежной, чувствительной трехцветной кошечке с любознательной пытливой мордочкой, которая выглядит совсем по-человечески, и Бастеру — серому полосатому коту, которого котенком подобрали в кустах за моей институтской лабораторией. Непроницаемый взгляд желтых глаз, энергия и бесстрашие выдают его дикое происхождение. Бастер появился у нас на год позже Серафины, и она так и не смогла к нему привыкнуть. Она старательно избегала Бастера, несмотря на все его попытки добиться ее расположения. Когда он был слишком настойчив, Серафина могла с шипением ударить его лапой, зачастую поранив когтями до крови. Бастер убегал в другую комнату, а она умывалась и возвращалась в свое обычное созерцательное состояние.

Бастер же, напротив, и мухи не обидит. Даже в самых бурных играх он никогда не выпускает когти и кусает только понарошку. Серафина же быстро приходит в ярость, если я не совсем аккуратно играю с ней, и раздирает мои руки своими острыми, как бритва, когтями и зубами. Но был

однажды случай, когда Бастер изменился до неузнаваемости. Он не выходит на улицу, но как-то раз увидел через стеклянную заднюю дверь незнакомого огромного серого котяру, который забрел к нам во двор. Оказавшись нос к носу с противником, Бастер испустил глубокий гортанный звук, выгнул спину дугой и вздыбил шерсть так, что хвост стал казаться в несколько раз толще обычного. Он застыл в таком положении, уставившись сквозь стекло, и орал до тех пор, пока чужак не ушел. Вскоре после этого в комнату к Бастеру забрела Серафина — он вдруг развернулся к ней и набросился с невиданной ранее яростью и злобой, оставив на ее носу неприятную царапину, которая заживала несколько недель.

Очевидно, нападение Бастера на Серафину не было всего лишь автоматической реакцией на серого котяру. Скорее всего, Бастер находился в некотором возбужденном состоянии, сохранявшемся и после того, как чужой кот ушел, и в итоге снял напряжение, напав на Серафину. Осознавал ли Бастер свое состояние? Испытывал ли субъективное переживание вроде нашего гнева или ярости? Может быть, да, а может, и нет. Мы этого не знаем. Но я понял, что это неважно, если я на самом деле хочу понять, как такое состояние порождается мозгом. Можно провести такую аналогию: камень, лежащий на солнце, — горячий, а ночью тот же камень становится холодным. Это физическая характеристика камня, которая зависит от количества содержащейся в нем тепловой энергии. Я абсолютно уверен, что у камня нет субъективного ощущения своего тепла, и тем не менее мы можем измерить его температуру термометром.

К сожалению, для эмоций у нас нет такого прибора. Я же не могу прийти в хозяйственный магазин, купить «яростеметр» за 9,95 доллара плюс налог и засунуть его в прямую

кишку Бастеру. (И *это* было бы непросто сделать!) Тем не менее происшествие с котом явно запустило *что-то* в мозгу и теле Бастера, что продолжалось и после исчезновения этого кота и что радикально изменило поведение Бастера по отношению к Серафине. Как можно было бы с научной точки зрения исследовать это неопределенное «что-то», не приписывая коту субъективных чувств? Признаюсь, когда я прихожу домой и снимаю свой лабораторный халат, я обращаюсь со своими кошками так, как будто у них *есть* субъективные чувства, и я думаю, что чувства есть и у собак, и у многих других млекопитающих. Но, когда я прихожу в лабораторию, я должен оставить за порогом свои домыслы и сохранять научную объективность.

Важным шагом было отказаться от идеи, что эмоции состоят исключительно из субъективных чувств. Скорее, их надо рассматривать как *внутренние, центральные состояния* мозга, которые существуют независимо от того, осознает их индивидуум или нет. Мы даже знаем, что бывают случаи, когда человек не осознает своих эмоций, но друзья и близкие замечают их по жестам и выражению лица. Существуют и лабораторные исследования, подтверждающие наличие неосознанных эмоций у человека. А если у людей эмоции могут существовать независимо от сознания, то они могут возникать и у животных, вне зависимости от того, что мы думаем про наличие у них сознания. Это не значит, что я считаю, будто у кошек, собак и других животных нет сознательных переживаний, — это значит, что мне не надо искать научный ответ на этот вопрос, чтобы изучать, как мозг формирует эмоциональные состояния.

Что именно я имею в виду, когда говорю о «состояниях» мозга? От состояния мозга зависит, каким образом этот мозг будет интерпретировать информацию из внешнего мира

и реагировать на нее. Например, если вы умираете с голоду, то готовы с жадностью наброситься на тарелку с холодной жареной картошкой в лужице застывшего жира, когда же вы сыты, тот же самый стимул может вызвать отвращение. Точно так же ведет себя большинство животных, в том числе и плодовые мушки дрозофилы. Субъективно вы можете чувствовать себя сытым или голодным, но не чувства управляют вашим поведением. Ваше поведение контролируется состоянием мозга, а ваши осознаваемые переживания — это восприятие мозгом своего внутреннего состояния.

Некоторые состояния мозга вообще блокируют реакции на стимулы. Например, сон. Когда вы крепко спите, вы не слышите слабых звуков, которые легко обнаружили бы в состоянии бодрствования. Конечно, если звуки будут достаточно громкими, они могут вас разбудить. Но суть в том, что один и тот же сенсорный стимул по-разному обрабатывается, когда вы находитесь в состоянии сна или бодрствования. И человеку не нужно осознавать себя спящим, чтобы подавлять реакцию на внешние стимулы. Точно так же животному необязательно испытывать субъективное переживание жажды, чтобы при обезвоживании мозг командовал организму найти и выпить воды.

Другими словами, эмоции — это внутренние состояния, которые контролируют, как входящий сигнал в мозге конвертируется в исходящий. Как будто начальник указывает своим подчиненным, как им соединять провода на старинном телефонном коммутаторе. Одним из показателей внутреннего эмоционального состояния будет внешне наблюдаемое поведение на выходе. Но внутри организма есть и другие измеряемые показатели — изменение частоты сердцебиения, кровяного давления или уровня гормонов. Субъективные чувства, то есть наше осознанное пережива-

ние этих эмоциональных состояний, — это тоже показатели на выходе. При этом они не единственные и не необходимые. Поэтому, рассматривая эмоции как внутренние функциональные состояния, мы можем на моделях животных организмов изучать, как мозг контролирует эмоции, не выясняя, есть ли у животных субъективные чувства.

Нейронаука стремится понять, как внутренние эмоциональные состояния формируются, или «реализуются», мозгом человека и других животных. При такой реализации может меняться общая структура электрической активности мозга (например, появляются определенные мозговые ритмы), содержание определенных нейромедиаторов или других химических веществ, активность отдельных областей мозга, некоторых типов нейронов и нейронных цепочек. По идее, если бы мы понимали, как мозг создает эмоции, то, измерив электрическую активность или содержание веществ в мозге, могли бы определить эмоциональное состояние животного. И наоборот, если бы мы знали эмоциональное состояние животного (оценив поведение и физиологические параметры), то сумели бы предсказать характер активности мозга и происходящие в нем химические изменения. Но чтобы все это проделать, сначала нужно распознать, находится ли животное, ведущее себя определенным образом, в каком-либо эмоциональном состоянии и если да, то *в каком*.

Почему вообще возникает этот вопрос? И как может быть иначе? Разве не ясно, что если животное замирает или убегает прочь, то оно испытывает страх? Хотя наша интуиция говорит, что это так, с точки зрения нейронауки это неочевидно. Дело в том, что поведение, которое, на первый взгляд, отражает эмоциональное состояние, может быть всего лишь автоматической, жестко запрограммированной

реакцией. В главе 2 я расскажу, как можно создать довольно простого робота, который демонстрирует поведение, направленное на определенный стимул (например, источник света) и с виду выглядящее как «любовь», «страх» или «ненависть». Инженеры запрограммировали робота так, чтобы он отвечал на стимул определенным образом, его поведение зависит от его нацеленности на стимул и его внутренних нейронных связей. Подобным же образом эволюция «запрограммировала» нервные системы многих организмов реагировать замиранием или избеганием на жизненно важные стимулы, например на присутствие хищника или испорченную еду. Подобное поведение называется фиксированным комплексом действий. Если мы наблюдаем, как животное замирает в ответ на появление хищника или отходит от испорченной пищи, это еще не означает, что оно испытывает страх или отвращение. Возможно, перед нами просто запрограммированная, рефлекторная реакция. Существует ли научный способ отличить одно от другого?

В этой книге я расскажу, как мы с коллегами на основе тщательного анализа поведения животных разработали и использовали точные критерии для выявления таких различий. Подобный подход, в принципе, может быть применен для любого вида животных. Вы даже можете использовать его при наблюдении за вашими домашними питомцами, он неинвазивен и абсолютно безвреден. Эти критерии я разработал в сотрудничестве с моим коллегой Ральфом Адольфсом, профессором Калифорнийского технологического института, изучающим эмоции у людей. Они основаны на общих чертах, или свойствах, многих, если не всех вариантов эмоционального поведения. Можно сказать, что это надповеденческие признаки. У многих разновидностей

эмоциональных реакций есть общие свойства. Более того, в совокупности эти свойства не присущи большинству видов рефлекторных реакций. Они описывают, *как* животное реализует данное поведение, а не *что* именно оно делает. Мы называли их *элементарными свойствами эмоций*.

Среди элементарных свойств есть такие, как *продолжительность* (эмоциональному поведению свойственно продолжаться после окончания действия вызывавших его стимулов, а рефлекторное прекращается сразу, когда исчезает стимул), *масштабируемость* (эмоциональное поведение может усиливаться или ослабляться в зависимости от изменения интенсивности стимула, а рефлексы, как правило, осуществляются по принципу «все или ничего») и *генерализация* (одно и то же эмоциональное состояние может быть вызвано разными стимулами, и, возникнув, оно само влияет на восприятие других стимулов). Мы предложили и другие элементарные свойства, они будут описаны в главе 2. Необходимо отметить, что они одновременно характеризуют и внутреннее состояние мозга, и вызванное им внешне наблюдаемое поведение. Следовательно, если в реакции на определенный стимул присутствуют такие надповеденческие признаки, то, вероятно, это не «бездумный» рефлекс, а поведение, обусловленное внутренним состоянием.

Я расскажу вам историю, связанную с моей подругой Кейт, чтобы на примере показать, как это работает. У Кейт есть небольшой пруд на заднем дворе с десятком золотых рыбок. Рыбки привыкли к тому, что она их кормит, поэтому, когда Кейт подходила к пруду, они поднимались к поверхности и собирались группой у берега рядом с ее ногами. Однако однажды рано утром Кейт выглянула в окно и, к своему ужасу, увидела, как голубая цапля выловила рыбу из пруда и одним махом проглотила ее. Возможно, рыбка перепутала

цаплю с Кейт и беззаботно приплыла навстречу своей гибели. Примерно через 20 минут после того, как цапля улетела переваривать свою добычу, Кейт на цыпочках подкралась к пруду, чтобы оценить урон. Большинство рыб уже не было видно, они переплыли в защищенную навесом часть водоема. Однако две рыбки неподвижно лежали на дне. Вначале Кейт решила, что они умерли — возможно, из-за шока. Однако, к ее изумлению, еще примерно через 10 минут рыбки начали шевелиться и в итоге уплыли прочь.

Очевидно, эти две особи демонстрировали рыбий эквивалент поведения опоссума, когда тот притворяется мертвым. Бегство этих рыб в убежище могло бы быть рефлексорной реакцией, если бы произошло немедленно. Однако рефлексы обычно не запускаются через полчаса после исчезновения вызвавшего их стимула (в данном случае цапли). Похоже, что реакция рыб, притворившихся мертвыми, была продолжительной, то есть тут проявилось элементарное свойство эмоций. Это, в свою очередь, навело меня на мысль, что поведение рыбок управлялось стойким внутренним состоянием мозга. Неважно, назовете вы это страхом или нет, но я, будучи нейробиологом, немедленно захотел узнать, как мозг рыбки смог продержаться в таком, казалось бы, почти безжизненном состоянии на протяжении довольно длительного времени и как он «узнал», что уже безопасно «просыпаться».

Эта история — реальный пример того, как можно обнаружить элементарные свойства эмоций в поведении животных, обитающих у вас на заднем дворе. Она показывает, *каким образом* можно использовать концепцию элементарных свойств, чтобы разобраться, как мозг контролирует поведение животных и людей. Однако важно отметить, что элементарные свойства не заменяют определения эмоций.

А также что это — не новая теория эмоций. Элементарные свойства всего лишь позволяют отличить рефлекторные реакции от поведения, которое, вероятно, обусловлено внутренним состоянием мозга, но при этом не предполагается, что животное как-то субъективно осознает это состояние или что это состояние каким-то образом соотносится со специфическими человеческими эмоциями, такими как страх или отвращение. Эволюционно древние эмоциональные состояния, такие как страх, безусловно, могут быть общими для человека и животных, но другие характерны только для людей — например, злорадство. Элементарные свойства эмоций, однако, можно использовать для выявления поведения, отражающего внутреннее эмоциональное состояние, независимо от того, характерно оно для многих групп животных или специфично для определенного вида. В принципе, их можно использовать и для доказательства наличия эмоциональных состояний у марсиан — по движению их щупалец. Как только мы обнаружим поведенческое проявление внутреннего состояния, мы сможем использовать методы каузальной нейронауки для изучения того, как эти элементарные свойства, то есть компоненты эмоционального ответа, закодированы в мозге. Например, как мозг золотой рыбки заставил ее оставаться неподвижной в течение 20 минут после ухода цапли. Таким образом, этот подход позволяет найти ответы на вопросы, на которые раньше нельзя было ответить. Теперь ученые смогут разложить внутреннее эмоциональное состояние на отдельные компоненты, нейронный контроль которых изучается на животных.

Вы можете рассматривать элементарные свойства как эволюционные блоки, из которых состоят эмоции, по аналогии с тем, как автомобиль состоит из двигателя внутрен-

него сгорания, коробки передач и карбюратора. Все эти устройства должны были быть изобретены до того, как их объединили в создаваемый автомобиль, — точно так же и эмоциональные свойства могли появиться в процессе эволюции раньше, чем возникли полноценные эмоции. Следовательно, чтобы понять, как эмоции легли в основу системы контроля поведения животных, концепцию элементарных эмоциональных свойств стоит применить к одному и тому же поведению разных организмов и к разному поведению одного организма. Существуют ли животные, которые действуют как полностью автоматические рефлекторные системы? Или у всех, даже у медузы, есть некоторое внутреннее состояние, которое может гибко контролировать поведение? И существуют ли среди элементарных свойств эмоций более древние?

Концепция элементарных свойств эмоций относительно молодая. Мы с Ральфом впервые представили ее в 2014 году и развили ее в монографии<sup>3</sup> 2018 года. Она еще не получила широкого признания в научном сообществе, хотя появляется все больше и больше статей, где ее используют и цитируют. Мы разработали концепцию элементарных свойств эмоций, чтобы помочь нейробиологам исследовать формирование мозгом эмоциональных состояний у различных животных, от мышей до плодовых мушек и круглых червей. Посмотрим, окажет ли она долгосрочное влияние на более широкую область изучения эмоций.

В этой книге я расскажу про наши работы с использованием элементарных свойств эмоций для изучения оборонительных и агрессивных внутренних состояний у мышей и плодовых мушек. Мы определяли, может ли этот подход выявить общие черты в разных эмоциях одного вида жи-

вотных («страх» и «гнев» у мышей) и в одинаковых состояниях у разных видов (например, «страх» или «гнев» у мышей по сравнению с такими же состояниями у плодовых мушек). Поскольку страх и агрессия — эволюционно древние явления, мы можем изучать их у видов, расположенных на эволюционном древе довольно далеко друг от друга. Мы знаем, что у мух есть внутренние состояния голода и жажды, они даже спят (короткими периодами по пять минут). Но есть ли у них внутренние состояния, обуславливающие бегство, агрессию или спаривание, состояния, которые можно определить, измерить и понять? И могут ли эти внутренние состояния быть эволюционными предшественниками страха, гнева или вожделения? Это мы выясним.

Нейробиологические представления о том, как мозг создает внутренние эмоциональные состояния у разных организмов, позволяют по-новому взглянуть на роль эмоций в нашей жизни: как они направляют наше поведение и насколько они похожи на те, которыми обладают наши любимые питомцы. Этот подход показывает, как много всего происходит в мозге, когда мы испытываем эмоцию, а субъективное переживание — это лишь вершина нейронного айсберга. Нейронаука позволяет объединить многие другие подходы к этой увлекательной теме, что имеет важные последствия для развития диагностики и лечения в психиатрии. Тем не менее понять, как мозг контролирует эмоциональные состояния, — непростая задача, до решения которой еще далеко, и я не могу гарантировать, что дам удовлетворительный ответ на все вопросы, которые, вероятно, возникли у вас при прочтении введения. Но я могу обещать, что путешествие, в которое я вас отправляю, позволит заглянуть в интересный мир внутренней работы мозга.