

**PRO  
МОЗГ**



**ДЖОЗЕФ ЛЕДУ**

профессор Нью-Йоркского  
университета, один из ведущих  
мировых нейробиологов

# **УМНЫЙ И СОЗНАЮЩИЙ**



**4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ  
ЭВОЛЮЦИИ МОЗГА**

PROмозг

Джозеф Леду

**Умный и сознающий. 4  
миллиарда лет эволюции мозга**

«Издательство АСТ»

2019

УДК 575  
ББК 28.02

**Леду Д.**

Умный и сознающий. 4 миллиарда лет эволюции мозга /  
Д. Леду — «Издательство АСТ», 2019 — (PROмозг)

ISBN 978-5-17-119674-5

«Если мы действительно хотим понять человеческую природу, нам придется разобраться в истории эволюции», – считает один из ведущих мировых нейробиологов Джозеф Леду. Как на нашей планете появилась жизнь? Как возникло половое размножение? Как из одноклеточных организмов появились многоклеточные? Как эволюционировали нервные системы? Что нам известно о сознании и мозге? Джозеф Леду пошагово рассматривает каждый из пунктов, доказывая, что самые ранние одноклеточные организмы демонстрировали поведение, направленное на выживание, наряду со способностями к обучению и запоминанию, и видит в этих механизмах ключ к пониманию поведения человеческого. Попутно Леду демонстрирует, как эволюция нервной системы сделала возможным появление существ со сложной ментальной жизнью, обладающих тем, что мы называем сознанием, однако при этом слабо понимаем; исследует происхождение и значение эмоций, а также объясняет, почему наш сознающий разум может быть единственным в своем роде. В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

УДК 575  
ББК 28.02

ISBN 978-5-17-119674-5

© Леду Д., 2019

© Издательство АСТ, 2019

# Содержание

Предисловие	8
Пролог	10
Часть I	13
Глава 1	13
Глава 2	16
Глава 3	19
Глава 4	22
Глава 5	26
Часть II	27
Глава 6	27
Глава 7	32
Глава 8	35
Конец ознакомительного фрагмента.	38



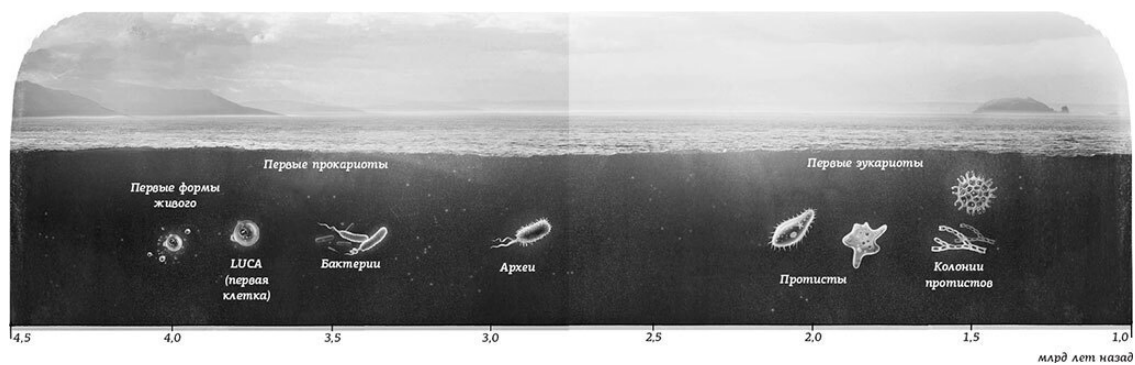
**Джозеф Леду**  
**Умный и сознающий.**  
**4 миллиарда лет эволюции мозга**

*Майку Газзаниге,  
моему наставнику и другу*

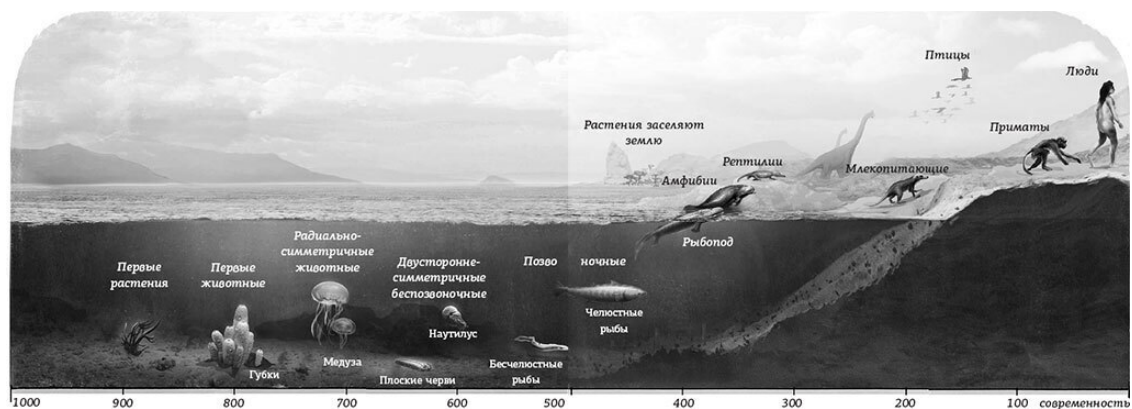
Joseph LeDoux  
THE DEEP HISTORY OF OURSELVES  
The Four-Billion-Year Story of How We Got Conscious Brains

© Joseph LeDoux, 2019

© Перевод на русский язык. ООО «Издательство АСТ», 2022



## Зарождающиеся формы жизни



## Многоклеточные формы жизни

## Предисловие

Незадолго до того, как взяться за написание этой книги, я прочитал «Смысл существования человека»<sup>1</sup> Э. О. Уилсона, и мне так приглянулась его концепция компактных глав «одной идеи», что и свою книгу я решил построить по аналогичному принципу. Вот почему названия глав моей книги сформулированы в виде четких мыслей или размышлений; каждая из них – отдельный эпизод, освещающий узкую тему. Я стремился уместить объем главы в 500–1500 слов, и в большинстве случаев мне это даже удалось. Кроме того, я хотел, чтобы у меня, как и у Уилсона, получилась небольшая книга, но тут не все пошло по плану.

Главы книги сгруппированы по тематикам, поэтому если вы, скажем, ищете ответы на вопросы вроде «Как на нашей планете появилась жизнь?», «Как ведут себя бактерии?», «Как появилось половое размножение?», «Как из одноклеточных организмов появились многоклеточные?», «Как эволюционировали нервные системы?», «Какую роль в эволюции человека сыграли губки и медузы?», «Как развивалось мышление и чувства?» или «Что нам известно о сознании и мозге?», можете прочитать только отдельные интересующие вас главы. Тех же, кто прочитает книгу от корки до корки, ждет увлекательное восхождение на самую верхушку древа жизни, в процессе которого вы поймете, как способности древних микробов выживать связаны с нашими собственными, как в этом нам помогают мышление и органы чувств, как эта способность повлияла на наше прошлое и будущее и что ждет весь человеческий род.

Эта книга – четвертая написанная мной без соавторов. Когда я писал первую, то понял кое-что важное: чтобы понять, насколько хорошо ты разбираешься в том или ином вопросе, нужно написать о нем. Правда, с «Умным и сознающим» все было не так: я с первого дня знал, что если я хочу написать об истории жизни, мне придется провести большую исследовательскую работу, поэтому когда создавалась первая часть этой книги, я чувствовал себя скорее журналистом, пишущим о науке, чем рассуждающим о ней специалистом. Когда я понимал, что мне предстоит рассказать о том, в чем я мало смыслю, я обращался за помощью к специалистам (надеюсь, в достаточной степени). Даже когда я добрался до глав, в которых, я полагал, разбираюсь, мне нередко случалось восклицать «Ага!»: я понимал, что мне в первую очередь еще многое предстоит прояснить для самого себя, и вновь обращался за помощью к коллегам.

Большое спасибо всем, с кем я советовался, в том числе Тайлеру Волку (химия пребиотиков и первые формы жизни), Нику Лейну (происхождение жизни), Карлу Никласу (происхождение многоклеточных форм жизни, передача и выравнивание способности к выживанию и размножению), Саре Бафилд (разъединение зародышевой линии), Ральфу Гринспену и Такео Кацуки (поведение медуз), Иньяки Руз-Трилло (протозойные предки многоклеточных организмов), Линде Холланд (происхождение двусторонне-симметричных животных<sup>2</sup>; дивергенция первичноротых и вторичноротых; дивергенция хордовых от других вторичноротых, а также позвоночных от других хордовых), Майе Адамске (физиология и поведение губок), Стену Гриллнеру (нервные системы первых позвоночных), Эрику Нестлеру (эпигенетика и поведение), Бетси Маррей (эволюция восприятия и системы памяти), Шарану Ранганату (восприятие и память), Сесилии Хейес и Томасу Саддендорфу (исключение теорий бессознательности до выдвижения идеи, что у людей и животных существует сознание), Натаниелю Доу (обдумывание), Мэриан Докинз (антропоморфизм), Лиз Романски, Хелен Барбас, Рузбе Киани и Тодду Пруссу (префронтальная кора), Хэквану Лау и Стиву Флеммингу (метакогнитивные и когнитивные способности), Карлу Фристону (предиктивное кодирование), Ричарду Брауну

---

<sup>1</sup> Уилсон Э. Смысл существования человека / пер. с англ. О. Пивченко. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. – Прим. изд.

<sup>2</sup> Другие термины, используемые для двусторонне-симметричных животных, – билатеральные (лат. *Bilateria*), или билатерии. – Прим. пер.



(философия мышления), Дэвиду Розенталю (теория мышления высшего порядка сознания) и Кристофу Менанту (самоидентичность, сознание и зло).

Я хотел, чтобы визуальное оформление книги не уступало вербальному повествованию. Когда я рассказал об этом своей подруге, художнику Хайде Фаснахт, она сказала, что у нее есть талантливый ученик; может, он мне подойдет. Работы Чао да Сильвы Соррентино так мне понравились, что как только он показал мне наброски, созданные на основе написанного к тому моменту текста, я сразу же согласился. С одной стороны, Чао удалось найти идеальное визуальное воплощение того, о чем я пишу, с другой – его иллюстрации невероятно похожи на рисунки из книг по биологии конца XIX века (он даже подписи сделал вручную). Безусловно, Чао – талантливый иллюстратор, мне очень понравилось с ним работать. Его вклад значительно обогатил мой труд.

Когда я писал свою предыдущую книгу – «Тревожные», – моя жена, Нэнси Принсенталь, писала свою – о художнице Агнес Мартин<sup>3</sup>; впоследствии эта книга получила премию *PEN* как лучшее биографическое произведение. Свои работы мы начали и закончили практически в одно и то же время – и при этом даже не развелись. Не развелись мы и после того, как написали еще по книге: я – «Умный и сознающий», а жена – монографию о сексуальном насилии в искусстве 1970-х. Свою книгу я не закончил бы никогда, если бы она не поддерживала меня морально и не редактировала те части, которые давались мне с особым трудом. Нередко за ужином наш сын Майло Леду, юрист рынка капиталов, подкидывал мне идеи, которые сейчас владеют умами молодежи. Например, однажды, когда я сказал, что поведение людей нередко управляется бессознательным, он съязвил: «Как будто сидишь за рулем *Tesla*». В этой книге я пару раз ссылаюсь на него.

Рик Кот, мой хороший друг и по совместительству редактор издательства *Viking*, подгонял меня и присматривал за мной, пока я писал три последние книги. Он помог мне определиться с формой для каждой из них и причесывал мои тексты, когда я начинал писать уж очень витиевато. Лучшего издателя, чем *Viking*, и желать нельзя: каждый сотрудник оказал мне огромную помощь с публикацией этой и предыдущих книг. В работе над этим произведением особо отмечу Норму Баксдейл, Кэти Хёрли, Клэр Ваккаро и Кэсси Гарруззо.

Спасибо моему агенту – Катинке Мэтсон из компании *Brockman Inc.* Она поддерживала меня, пока я писал все свои четыре книги, делала такие предложения издательствам, от которых последние не могли отказаться, и постоянно наставляла меня на путь истинный.

Университет Нью-Йорка – моя главная научная база с 1989 года. Весь университет и мой родной факультет – Центр нейробиологии – поддерживают меня на этом пути, дают возможность строить научную карьеру, параллельно работая над книгами и в каком-то смысле даже сочиняя музыку.

Вот уже почти два десятилетия Уильям Ченг ведет мои дела в Университете Нью-Йорка. Именно он приводит в порядок тексты и иллюстрации и помогает везде, где требуется. Клаудия Фарб и Миан Хоу, также давно работающие в университете, помогли мне подобрать нужные слова. Благодарю всех студентов, аспирантов, кандидатов наук, приглашенных профессоров и ученых, которые помогали мне в исследованиях.

В заключение хочу поблагодарить всех, кто играл и играет в группе *Amygdaloids*, за дружбу, совместное музыкальное творчество и интеллектуальную стимуляцию – Тайлера Волка, Дэниеллу Шиллер, Нину Кёрли, Джеральда Макколлума, Амманду Торп и Колина Демпси. Мы потрясные ученые.

---

<sup>3</sup> Агнес Мартин – канадо-американская художница-минималист (хотя сама она называла себя абстракционисткой); ее работы в основном состоят из трех цветов и линий. – *Прим. изд.*

## Пролог Зачем же?

Когда я рассказал приятельнице о том, что пишу книгу об истории жизни, она спросила: «Зачем ты взялся за эту тему?» Она знала, что большую часть своей научной карьеры я посвятил изучению цепей в мозге, лежащих в основе поведенческих реакций крыс на опасность, и поиску ответа на вопрос о том, как эта информация помогает нам понять хотя бы отдельные аспекты человеческих эмоций, особенно таких, как страх и тревога.

Отчасти ответом на вопрос моей приятельницы может служить утверждение, что если мы действительно хотим понять человеческую природу, нам придется разобраться в истории эволюции. Как однажды заметил биолог Феодосий Добржанский, в биологии вообще все бессмысленно, кроме эволюции. Это утверждение справедливо и в отношении поведения.

Мысль о том, что поведение и эволюция взаимосвязаны, не нова: ее высказывал еще Дарвин, а также основоположники этологии – Николас Тинберген и Конрад Лоренц. А вот доминировавшие в физиологии первой половины XX века бихевиористы на эволюцию обращали мало внимания. Для современных психологов и нейробиологов это утверждение – ключевой фактор.

Обычно попытки понять эволюцию поведения (особенно если их предпринимают нейробиологи) сводятся к отношениям между тесно связанными группами – такими, как люди и другие млекопитающие, – и на то, безусловно, есть причины. Так, например, если мозг контролирует поведение, исследование развития мозга у представителей таких групп позволяет объяснить эволюцию их (а также нашего) поведенческого спектра. Однако существуют причины заглянуть еще глубже. Исследования, в ходе которых сравнивают млекопитающих (зачастую грызунов) и беспозвоночных (таких, как мухи и черви), доказывают наличие такой связи и помогают понять, как у нас работает память. В этой книге я решил пойти еще дальше, то есть забраться очень глубоко, до момента возникновения жизни, и даже углубиться в предшествовавший ему период – так называемое *добыологическое химическое состояние Земли*, благодаря которому появилась биология как таковая и все живое.

Эволюция мозга и поведения меня так или иначе интересовала всегда, но заняться этой темой серьезно не получалось до 2009 года – мне тогда дали академический отпуск, который я провел в Кембридже, где подружился с нейробиологом Сетом Грантом. Мы с Сетом познакомились еще в Колумбийском университете, где после защиты докторской он работал в лаборатории нобелевского лауреата Эрика Кандела. Там Грант начал исследовать эволюцию генов, участвующих в синаптической пластичности. Эта работа была призвана объяснить принципы биологических механизмов обучения и запоминания; ее Грант продолжил в Кембридже.

Сет обнаружил параллели в связанных с пластичностью генах грызунов и морских слизней и предположил, что и те и другие унаследовали способность к обучению от общего предка, жившего миллионы лет назад. Но что еще интереснее, некоторые из этих генов есть даже у одноклеточных простейших, и это очень важно: получается, у животных и современных одноклеточных был общий простейший предок, обитавший миллиарды лет назад. Значит, и в нашей нервной системе есть ответственные за обучение гены, которые могли достаться нам от таких микробных предков.

Если вы понимаете, что такое простейшие, возможно, эти выводы заставят вас призадуматься. Большинство из тех, кто вообще размышляет о поведении или изучает его, считают его продуктом нервной системы, но простейшие – это одноклеточные организмы, у которых нет нервной системы, потому что для нее нужны специальные клетки – нервные, – а у них всего одна многофункциональная клетка. Несмотря на это, простейшие демонстрируют совершенно

разнообразное поведение: уплывают от вредных химикатов и стремятся к полезным, используют полученный в прошлом опыт, чтобы реагировать на то, что с ними происходит в настоящем, подразумевая наличие способности к обучению и запоминанию. Логично предположить, что для поведения, обучения и запоминания нервная система на самом деле не нужна.

Для меня этот вывод стал настоящим откровением, и я провел небольшое исследование, чтобы выяснить, что нам известно о поведенческих возможностях одноклеточных организмов. Выяснилось, что они не только умеют избегать опасности и стремиться к питательным веществам, но также способны приближаться к химическим веществам и солнечному свету или отдаляться от них, чтобы регулировать баланс жидкостей и температуры внутри клетки относительно окружающей среды. Простейшие даже демонстрируют брачное поведение – секс – с целью воспроизводства себе подобных.

Простейшие – относительно новые одноклеточные организмы: они появились примерно два миллиарда лет назад и, по всей вероятности, развились из других известных нам одноклеточных существ – бактерий, старейших живых организмов, которые появились примерно 3,5 миллиарда лет назад. Бактерии демонстрируют многие виды поведения, наблюдаемые у простейших, но у них поведение появилось раньше. Бактерии приближаются к полезным веществам, существующим в их мире, и отдаляются от вредных; кроме того, они даже способны запоминать, *что* в их мире полезно, а что вредно. Правда, брачного поведения у них нет, поскольку они размножаются делением. Секс – предмет поведенческой гордости произошедших от бактерий эукариотов, включающих в себя и простейших, и животных.

Когда животные замирают или спасаются, чтобы защититься, питаются и пьют, чтобы зарядиться энергией и поддержать жидкостный баланс, демонстрируют брачное поведение, чтобы спариться, ученые и обыватели часто описывают такую их деятельность как выражение подспудных психологических состояний – такого осознаваемого опыта, как страх, голод, жажда и сексуальное удовлетворение. Поступая так, мы успешно проецируем наш собственный опыт на другие организмы, но древность этих поведенческих схем и тот факт, что они появились задолго до нервной системы, возможно, заставляют нас задуматься, прежде чем делать такие субъективные выводы.

В этой книге я высказываю мнение о том, что у схем поведения, способствующего выживанию, существуют глубокие корни, сформировавшиеся в момент появления всего живого. Позже у животных появились нейроны и схемы, благодаря чему их поведение стало целенаправленным и эффективным. Независимо от того, состоят живые организмы всего из одной клетки или из миллиардов клеток, стремясь к выживанию и благополучию, все они повторяют одни и те же схемы деятельности.

Когда эти схемы направленного на выживание поведения воспроизводят люди, они осознанно испытывают чувства, поэтому нам кажется, что эти чувства и поведение неизбежно связаны между собой и что чувства порождают поведение. Поскольку близкие к нам животные (например, другие млекопитающие) ведут себя так же, как и мы, в ситуациях, когда стоит вопрос об их выживании, и схемы, контролирующие такое поведение, у нас с ними одинаковые, мы предполагаем, что их поведение тоже управляется чувствами.

Но я представляю доказательства, опровергающие эту логику. Существуют достоверные свидетельства того, что поведение людей и животных, отвечающее за выживание, управляется одними и теми же системами мозга, однако в действительности это совсем не те системы, которые отвечают за осознанные чувства, возникающие у нас, когда мы демонстрируем такое поведение. Поведение и чувства возникают одновременно, но не потому, что чувства управляют поведением, а потому, что их системы реагируют на одни и те же стимулы.

Таким образом, у поведения, направленного на выживание, очень древние корни, единые для всех, но те переживания, которые люди называют осознанными чувствами, – то есть эмоции, – я считаю, появились гораздо позже и, возможно, в результате эволюционных изме-

нений, произошедших только с людьми несколько миллионов лет назад. Как следствие, у нас появились язык, культура и сознательное восприятие нашего вида. Многим эта мысль наверняка покажется противоречивой, поскольку выходит, что у животных нет осознанного восприятия, но я надеюсь на то, что даже те, кто скептически относится к такому взгляду на сознание, смогут меня выслушать.

На самом деле я вовсе не отрицаю наличия у животных осознанных впечатлений. Я лишь утверждаю, что те впечатления, которые получают животные, скорее всего, существенно отличаются от наших, поскольку у каждого вида мозг устроен по-своему. Учитывая, что человек обладает нейронными контурами с такими уникальными свойствами, которые не встречаются ни у каких других животных, даже у приматов, и эти контуры являются потенциально важными для тех видов осознанных впечатлений, которые у нас формируются, следует с осторожностью переносить свойственные человеку осознанные впечатления на других существ. Когда я говорю, что у животных нет таких впечатлений, как у нас, я не утверждаю, что у них вообще нет никаких впечатлений. Например, они не страдают так, как мы, но это не значит, что они не страдают вовсе. Хотя с научной точки зрения определить наличие сознания у других животных чрезвычайно трудно, в конце книги я поразмышляю о том, какие осознанные впечатления могут сформироваться у нечеловекообразных приматов и млекопитающих не-приматов, учитывая строение мозга, свойственное каждой из этих групп.

Если признать, что нейронные контуры, контролирующие ведущее к выживанию поведение, отличаются от тех, которые формируют наши эмоции и другие осознанные впечатления, мы сможем переосмыслить связь с истоками жизни на Земле. Мы похожи на вид, от которого произошли, как и все другие виды живых существ, но, с другой стороны, мы по определению отличны от него. Для того чтобы в полной мере осознать эти различия, нужно стремиться с максимальной точностью определять их так же, как и сходства, и делать выводы, опираясь на знания, а не на интуицию.

Хотя о древней биологии выживания я размышлял с 2009 года, первая публикация на эту тему у меня появилась лишь в 2012 году – статья под заголовком «Переосмысливая эмоциональный мозг». С тех пор я разрабатываю свою мысль в других статьях и лекциях. «История мозга» обобщает и расширяет возникшие у меня идеи, позже сформировавшие всеобъемлющее понимание того, кто мы такие. В этой книге я рассмотрю жизнь от самых ее истоков – первобытных микробов – до возникновения у нас способности осознанно воспринимать свое существование, мыслить, помнить и чувствовать.

## Часть I

### Наше место в природе

#### Глава 1

#### Глубокие корни

«Мы – это наш мозг». Это утверждение одни считают неоспоримым, а другие – надуманным. Ясно одно: суть каждого из нас зависит от нашего мозга. Мозг – это наша способность мыслить, радоваться и грустить, общаться посредством речи, переосмысливать то, что с нами происходит, предполагать, планировать и беспокоиться о нашем воображаемом будущем.

История эволюции человеческого мозга (рисунок 1.1) обычно преподносится с учетом относительно близких к нам животных, особенно млекопитающих и других позвоночных. Мы часто слышим о том, что нервная система людей способна формировать более сложные поведенческие и когнитивные механизмы, чем были у наших предков-приматов, мозг которых отличался от мозга других млекопитающих. Еще говорят о том, что предками млекопитающих были рептилии, мозг млекопитающих развился из мозга рептилий, а предками рептилий и амфибий были рыбы, которые, в свою очередь, произошли от беспозвоночных.

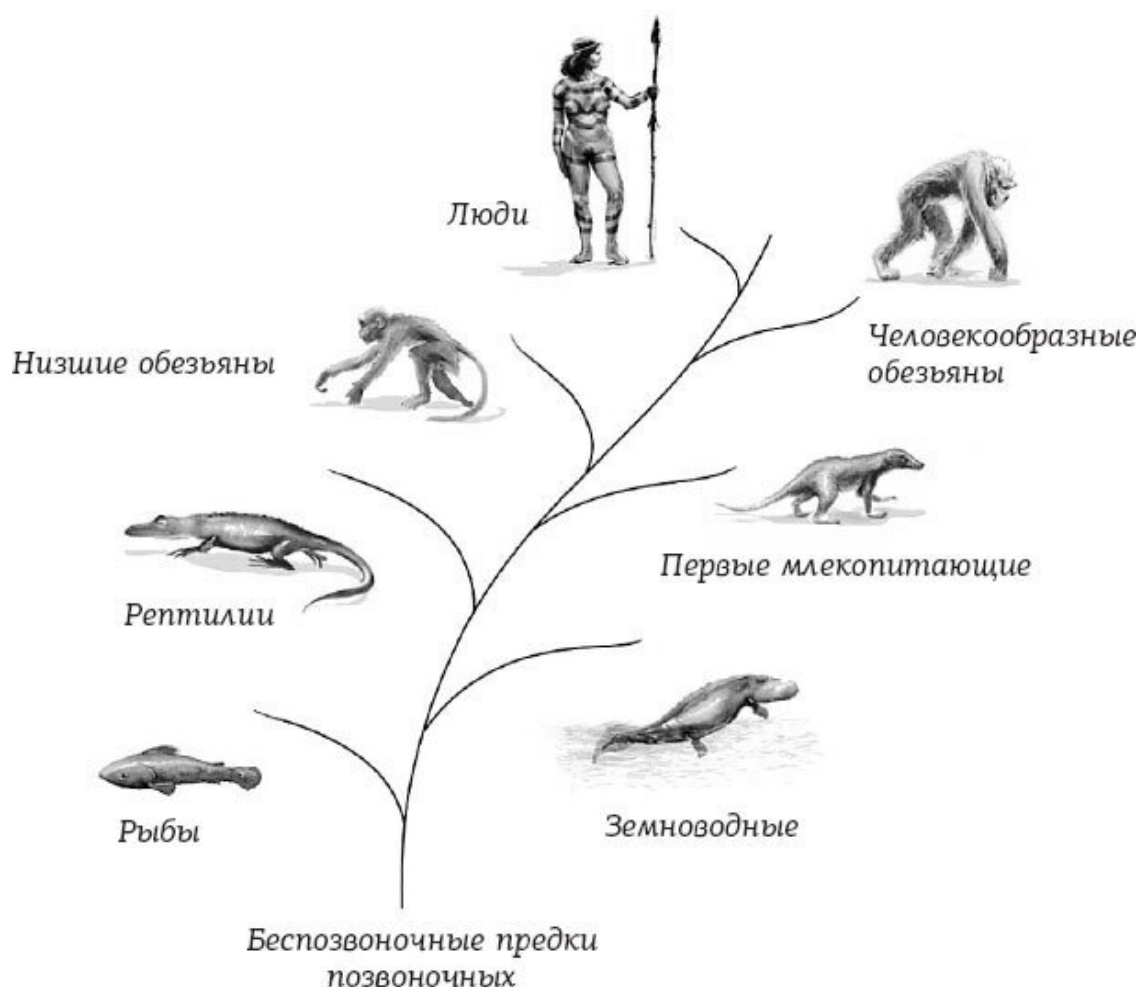


Рисунок 1.1. Эволюция людей от позвоночных предков

Разбираясь в физиологических функциях других позвоночных, можно понять, как человеческий мозг стал таким, каким мы его видим сегодня, и какое влияние оказывает мозг на нашу психологическую сущность – ядро нашей личности, включая те черты, которые нам в самих себе нравятся, и те, которых мы предпочли бы не иметь. Правда, я думаю, что эта общепринятая стратегия не может дать ответы на все вопросы. Представьте, что вы пытаетесь понять всю историю цифровых вычислительных машин, ограничиваясь только первыми устройствами, которые с коммерческой точки зрения аналогичны сегодняшним компьютерам, – персональными компьютерами конца 1970-х годов марок *Commodore*, *Apple* и *IBM*. На самом деле суть цифрового вычисления была известна задолго до появления этих устройств. Поэтому если вы будете выяснять, как работают современные компьютеры, вам придется тщательно изучить эти устройства и их непосредственных предшественников, но если вас интересует, почему компьютеры сегодня такие, какие есть, и почему они работают именно так, вам придется углубиться в историю их создания и их эволюцию начиная с аналоговых процессов, включая даже неэлектронные устройства (например, счеты).

Аналогично истории компьютеров, если вы хотите понять сложные физиологические функции нашего мозга, придется отправиться в долгое – *очень* долгое – путешествие вглубь истории жизни. Когнитивные и поведенческие способности нашего мозга не очевидны, как не видны глубокие корни дерева; чтобы увидеть их, нам придется заглянуть очень глубоко – туда, где остались другие млекопитающие, позвоночные и даже наши общие беспозвоночные предки, туда, где существовали только древние одноклеточные микроорганизмы, первые живые существа на Земле<sup>4</sup>.

Но зачем же заглядывать в такие дебри, ведь мы всего лишь хотим понять, как сформировался человеческий мозг с его функциями? У одноклеточных организмов – таких, как бактерии – даже нервной системы нет, что уж говорить о мозге. Если мы хотим понять, как устроен человеческий мозг, почему нельзя сосредоточиться только на изучении тех животных, у которых есть мозг или по крайней мере нервная система? Ключевой аргумент этой книги изложен в прологе: необходимые для выживания требования были с успехом соблюдены еще первыми живыми организмами миллиарды лет назад, и эту свою способность они передали всем своим потомкам.

По мере эволюции появились многоклеточные организмы, которым стало сложнее контролировать свою поведенческую деятельность в борьбе за выживание. Требовалось скоординировать клетки, расположенные в разных частях тела, что сначала привело к распределению клеток нервной системы по всему телу (как у полипов, медуз и подобных им существ), а позже – к появлению нервных систем с единым центром управления, то есть мозгом.

Таким образом те характерные для клеток черты, которые позволили первым примитивным организмам выживать и размножаться, продолжили свое существование и составили основу всего живого в том виде, в котором мы его знаем (см. рисунок на форзаце). Я не ставлю своей целью проследить биологическую взаимосвязанность населяющих Землю организмов: это предпринималось уже много раз; я лишь хочу показать, что корни того поведения, которое мы по привычке называем обыденной жизнью, гораздо древнее, чем принято думать.

В отличие от общепринятого представления, поведение не является инструментом мышления. Безусловно, человеческое поведение отражает осознанные намерения, желания и страхи, однако, углубившись в историю поведения, мы вынуждены будем признать, что оно

---

<sup>4</sup> В числе других недавно вышедших книг, посвященных связи человеческого мозга с биологией Древнего мира, стоит отметить *From Bacteria to Bach and Back Again* Дэниела Деннета (*Деннет Д. Разум от начала до конца. Новый взгляд на эволюцию сознания от ведущего мыслителя современности* / пер. М. С. Соколовой. М.: Бомбора, 2021), «Станный порядок вещей» Антонио Дамасио и «Первый мозг» Артура Ребера. Взгляд каждого из авторов своеобразен, сделанные ими выводы отличны от моих.

прежде всего является инструментом выживания, причем выживания как отдельной клетки, так и более сложных организмов, способных сознательно контролировать некоторые из своих действий. Связь поведения с психической жизнью, как и сама психическая жизнь, с точки зрения эволюции второстепенна.

Чтобы досконально разобраться в вопросе о том, как мозг сделал нас теми, кем мы являемся сегодня, нужно понять те стратегии выживания, которые были встроены в древние одноклеточные организмы, сохранились в примитивных многоклеточных формах жизни и были унаследованы специальными клетками под названием «нейроны», когда у древних беспозвоночных появились нервные системы. Эти стратегии сохранились в древних системах беспозвоночных предков позвоночных организмов, ими ежедневно успешно пользуются люди и другие животные, независимо от того, просто устроено их тело или сложно.

Только изучая естественную историю жизни на Земле, мы сможем понять, какие уникальные черты постепенно добавлялись живым организмам в ходе эволюции, в итоге приведя к формированию нашего мозга со всеми его функциями. Это не значит, что человеческое поведение постижимо сквозь призму древних реакций, направленных на выживание, но позволяет четче определить, какие аспекты человеческого поведения связаны с процессами, унаследованными нами от других организмов, а какие являются уникальными.

## Глава 2

### Древо жизни

Вплоть до второй половины XIX века взаимоотношения живых организмов в основном расценивались как последовательность, на вершине которой находились люди, а под ними – все прочие населяющие Землю живые существа. Классификация Аристотеля, получившая название «лестница природы» (*scala naturae*), основана на усложнении видимых черт организмов, и люди как обладатели самых сложных тел оказались на верхней ступеньке этой лестницы. Позвоночных от беспозвоночных отличало наличие субстанции, которую мы сегодня называем кровью, а среди беспозвоночных в отдельный класс выделяли тех, у которых были раковины (например, моллюсков, мидий и устриц): они считались чем-то средним между животными и растениями. На основании книги Бытия и лестницы Аристотеля средневековые христианские теологи предложили классификацию, в основе которой лежал такой параметр, как «совершенство»; его понимали как приближенность к Богу. В этой великой цепи бытия люди, созданные по образу и подобию Бога, считались наиболее совершенными организмами на Земле. Исключительно заметным в рамках этой традиции было понятие о том, что все формы жизни на Земле появились относительно одновременно. Случилось это примерно 6000 лет назад – в тот момент, когда Бог заселил райский сад преимущественно людьми, яблонями и змеями, и эти организмы продолжили свое существование в неизменном виде: за прошедшие тысячелетия их внешний вид нисколько не изменился.

В XIX веке появились и другие точки зрения; они отражены в работах Альфреда Рассела Уоллеса и Чарлза Дарвина. Теория Дарвина вошла в историю – вот на ней мы и сосредоточимся.

В своей книге 1859 года «О происхождении видов» Дарвин высказал предположение о том, что современные организмы произошли от древних форм, и на это превращение потребовалось очень много времени – гораздо больше, чем те несколько тысячелетий, о которых говорилось в библейских текстах. Исходя из своих собственных наблюдений за дикой природой, а также наблюдений своих предшественников – философов и ученых, Дарвин предположил, что отношения, существующие между организмами, напоминают скорее ветвистое дерево, «*древо жизни*», а не прямую лестницу с метафоричными ступеньками. Дарвин говорил: «Его зеленые цветущие ветви – это существующие виды, а те, что выросли в предыдущие годы, представляют длинную цепочку вымерших видов».

Внизу, у ствола, находится то, что Дарвин называл изначальной формой, – организм, из которого поэтапно развились все прочие формы жизни; одни претерпели адаптацию и выжили, другие вымерли. Отказавшись от иудейско-христианской традиции, считавшей все организмы уникальными и не связанными друг с другом созданиями, Дарвин высказал мнение о том, что все живые организмы связаны между собой посредством этого общего предка.

С научной точки зрения древо жизни точнее отображает положение видов в природе, чем лестница или шкала, и его удалось построить, полностью отказавшись от убеждения, что людям в природе отведено особое место. Так, например, биолог конца XIX века Эрнст Геккель опубликовал несколько иллюстраций, направленных на популяризацию дарвиновского древа жизни. На одной из самых известных, озаглавленной «Родословная человека» (рисунок 2.1), изображено дерево с ветвями, однако основные группы животных распределены друг над другом по стволу, а люди помещены на самую верхушку дерева. Вряд ли Геккель – ученый-первопроходец, внесший огромный вклад в развитие науки, – предполагал, что человек является результатом линейного развития жизни. Какими бы ни были его намерения, эта диаграмма доказывает наивность представления о человеке как о высшем организме на Земле и венце развития жизни с древних времен.



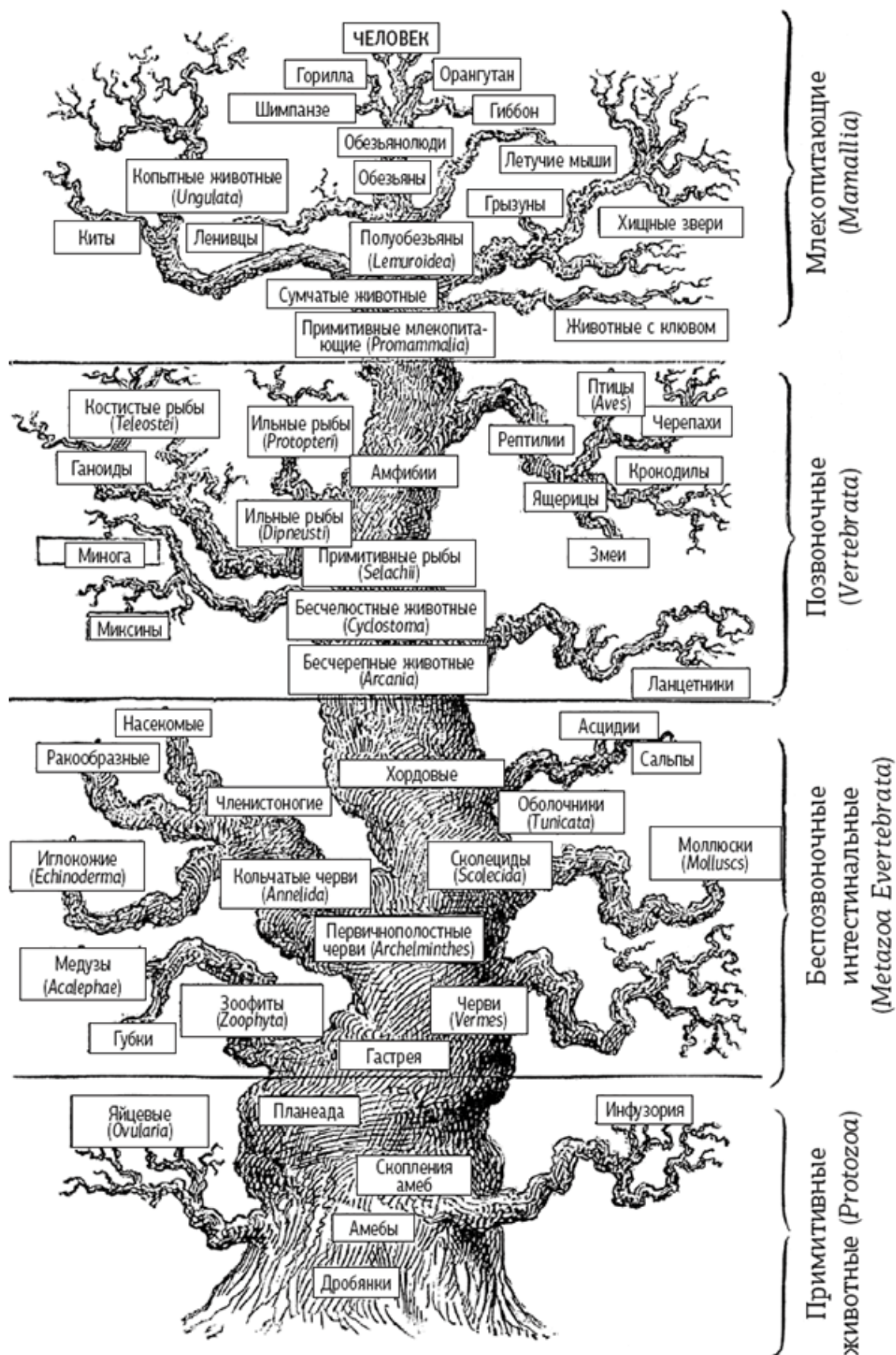


Рисунок 2.1. Родословная человека по Геккелю

В учебниках середины XX века человек по-прежнему занимает вершину древа жизни, что отчасти было обусловлено популярностью знаменитой теории об эволюции мозга, согласно которой человеческий мозг совмещает в себе части мозга наших позвоночных предков. Над мозгом рептилий расположен мозг первых млекопитающих, а над ним – появившийся позднее мозг высших приматов; человеческий мозг представлен как вершина этой иерархии. В некоторых кругах представление о человеке как о вершине эволюционной пирамиды еще долго влияло на формирование взглядов об эволюции мозга и о его функциях, природе человеческого сознания, а также таких сферах, как этика и мораль. Похоже, людям сложно отказаться от мысли о том, что мы – особенные, что мы – цель жизни.

Многие люди в «исключительности» нашего вида даже не сомневаются. Для религиозных людей это Богом данный факт, для гуманистов – олицетворение особой власти наших мыслей и чувств, но наш вид появился в результате изменений, и мы тоже все время меняемся. Каждый новый ребенок при зачатии наделяется уникальным набором генов – таким, которого раньше ни у кого не было. То, что сегодня считается уникальным, у организмов, которые произойдут от нас, станет обыденным; у наших потомков будут свои особенные черты, которыми они будут отличаться от нас.

В определенном смысле и нас можно назвать особенными, если под «особенными» подразумевать «другими». Используя этот критерий, можно считать особенным любой живой организм, представляющий собой отдельную форму жизни, однако точно определить, чем мы отличаемся от других видов, не отрицая важности черт, которыми представители этих видов наделены, и не приписывая им тех черт, которых у них нет, трудно.

Когда мы говорим об истории своей семьи, о нашем семейном древе, мы имеем в виду группу крошечных побегов, расположенных далеко-далеко на одной из ветвей древа жизни. Вы интересуетесь историей своей семьи, потому что считаете ее своей личной историей, но также и история эволюции всего нашего вида – это ваша личная история, и для каждого из нас она представляет исключительный интерес. Но ведь наш вид – всего лишь пруттик на одной из ветвей этого дерева. Этот пруттик нам небезразличен, он – отправная точка нашего понимания истории жизни, и вовсе не потому, что мы занимаем особое место в естественном порядке вещей.

## Глава 3

### Эра царств

На протяжении долгого времени классификацией мира природы занимались исключительно ученые. Греки называли это занятие «расчленением на составные части согласно с их природою»<sup>5</sup>. Аристотель делил мир природы на три категории: растений, животных и людей. Разницу между ними он объяснял так: растения способны только питаться и размножаться; животные, помимо этого, испытывают ощущения и способны двигаться; а люди, в свою очередь, отличаются от животных способностью мыслить и делать выводы. Эти способности отражают три типа душ: у растений душа вегетирующая; у животных, которых он называл «тварями», – чувствительная (сенсорная) душа; у людей же душа разумная.

Образованные в результате этой классификации категории называются *царствами*, и число этих царств постоянно обсуждается (таблица 3.1). Великий систематик XVIII века Карл Линней пересмотрел систему Аристотеля и разделил все живое на растения, животных (включая людей) и минералы. Изобретение в XVII веке микроскопа привело к открытию *микробов* – одноклеточных организмов, неразличимых невооруженным глазом. Эрнст Геккель называл их *протистами* (что означает «первые»); вместе с растениями и животными они образовывали трехцарственную систему жизни. Когда в XX веке был изобретен электронный микроскоп, обнаружилось, что у некоторых микробов есть клеточное ядро, из которого можно выделить ДНК, а у других клеточного ядра нет, так что и ДНК такая клетка не имеет. Одноклеточные организмы с ядром (например, амёбы, инфузории-туфельки и водоросли) остались в царстве протистов, а те, у которых ядра не было (бактерии), были отнесены к царству *дробянок*, разделенному на две группы – *бактерии* и *архебактерии* (обычно называемые просто «археи»). Позже добавилась еще одна многоклеточная группа – *грибы* (обычные и дрожжевые); таким образом, царств стало шесть. На сегодняшний день эта классификация природы является самой распространенной<sup>6</sup>. Как мы узнаем в дальнейшем, безъядерные организмы (бактерии и археи) называли *прокариотами*, а те, клетки которых содержат ядра, – *эукариотами* (протисты, растения, грибы и животные).

Таблица 3.1. Развитие представления о царствах живого

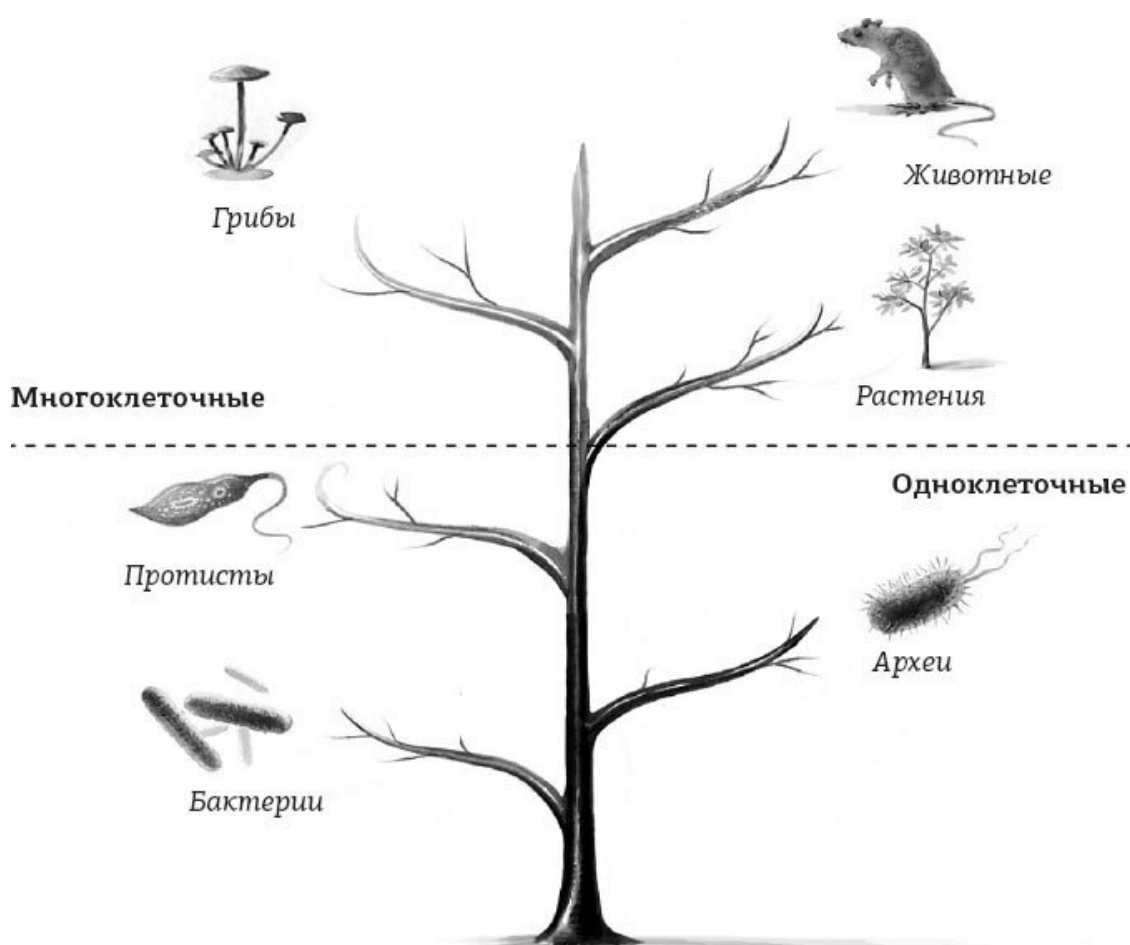
---

<sup>5</sup> Речь, очевидно, идет о цитате из диалога Сократа «Федр»: «Быть в состоянии в обратном направлении расчленять идею на составные, согласно с их природою, части и не пытаться исказить ни одной части, по образцу плохого повара, но поступать так, как сделано было в только что сказанных речах» (пер. С. А. Жебелева). – *Прим. пер.*

<sup>6</sup> Есть предложения использовать систему из семи или даже восьми царств, но в рамках нашего рассказа мы не будем углубляться в эти противоречия.

2 ЦАРСТВА	3 ЦАРСТВА	4 ЦАРСТВА	5 ЦАРСТВ	6 ЦАРСТВ
Растения	Растения	Дробянки	Дробянки	Бактерии
Животные	Животные	Протисты	Протисты	Археи
	Минералы	Растения	Растения	Протисты
		Животные	Грибы	Растения
			Животные	Грибы
				Животные

Современные биологи по-прежнему используют ветвистое дерево в качестве метафоры, с помощью которой они объясняют отношения, существующие внутри царств и между ними, но старательно избегают определения роли человека как вершины эволюционного развития. У современной версии древа жизни шесть основных ветвей, каждая из которых символизирует одно из царств, а мелкие побеги на ветвях каждого царства обозначают отдельные группы организмов (рисунок 3.1).



*Рисунок 3.1. Шесть царств, представленные на древе жизни*

Но делением на одни лишь царства классификация не ограничивается: внутри каждого из них выделяют различные подгруппы организмов. Линней стремился создать упорядоченную систему, которая распределяла бы эти группы по узким категориям в зависимости от возрастания сложности. Исходя из этой мысли Линней внутри царств организмы принято делить на тип, класс, отряд, семейство, род и вид. Что касается нашего с вами вида, он классифицируется так: царство – животные, тип – хордовые, подтип – позвоночные, класс – млекопитающие, отряд – приматы, семейство – гоминиды, род – люди, вид – разумные.

Использование различных классификационных схем вовсе не означает возврата к представлению об изначальной уникальности отдельных типов организмов. На самом деле мы строго придерживаемся теории Дарвина, согласно которой все живущие сегодня организмы так или иначе связаны с существующими ныне и существовавшими в прошлом членами своего царства, потому что все формы жизни произошли от общего первобытного предка.

## Глава 4

### Общие предки

Существуют два принципиальных способа отслеживания эволюционной истории. Первый – по ископаемым останкам организмов в различных слоях или пластах камней. Определив возраст камней, можно понять, в каком периоде обитали организмы. Ограничения этого метода связаны с тем, что мягкие ткани многих организмов не превращались в окаменелости. Второй способ предполагает реконструкцию истории с помощью современных генетических методов; он точнее, поскольку гены организмов свидетельствуют об их эволюционной истории.

Ученые сумели определить дарвиновскую первобытную форму, сравнив гены организмов, представляющих различные царства, и выделив общие гены, относящиеся к истокам жизни. Как пишет Ник Лейн в книге «Вопрос жизни»<sup>7</sup>, предком всего живущего на Земле является клетка, появившаяся около 4,0–3,8 миллиарда лет назад, примерно через полмиллиарда лет после возникновения самой Земли. Эта клетка, считает он, имела довольно сложное строение. Сумев выжить, она передала необходимые для выживания свойства каждой из существовавших после нее клеток, включая все клетки нашего организма. У первобытного организма, прародителя всего живого, есть имя, или, скорее, прозвище, – его называют *LUCA* (сокр. от англ. *last universal common ancestor* – «последний универсальный общий предок»); это и есть основа древа жизни<sup>8</sup>.

Скорее всего, *LUCA* был не первым живым существом. Клетка – это сложное звено биологического механизма, и *LUCA* не мог появиться внезапно, будучи полностью сформированным. В древних водах РНК, ДНК и белки сформировали примитивные формы жизни, называемые *протоклетками*. Из этих биологических зачатков в итоге развился *LUCA*, и хотя его самого больше нет, его отпрыски – бактерия и архея – живы по сей день и составляют ключевое звено эволюции всех появившихся позднее форм жизни, включая нас.

Таким образом, ключом к пониманию эволюционной истории является понятие общего предка. Группа организмов, имеющих общего предка, называется *кладой*. Биологи-эволюционисты часто иллюстрируют кладограммами теорию о существовании общего предка, основанную на данных археологии и генетики. На кладограмме (рисунок 4.1) изображены шесть царств, произошедших от *LUCA*. Каждая ветвь, отходящая от длинной диагональной линии, обозначает общих предков, которые зачастую являются не живущими в настоящий момент организмами. 99 % когда-либо существовавших видов вымерли (на первой кладограмме точками обозначены места ответвления от общих предков). Концы линий, тянущихся от мест ответвления, символизируют живые организмы<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> \* Лейн Н. Вопрос жизни / пер. К. Сайфулиной, М. Колесника. М.: Соргус, 2018. – Прим. изд.

<sup>8</sup> Многие высказываются против использования в названии *LUCA* формы существительного в единственном числе, полагая, что это была не отдельная клетка, а собрание некоторого количества клеток. Например, Карл Вёзе, один из ведущих ученых в этой области, отмечает: «Предком не может быть отдельный организм или даже ряд организмов. То была группа; разрозненная разнообразная масса примитивных клеток, которые эволюционировали как единое целое и в итоге достигли той ступени, когда разделились на несколько отдельных сообществ». Эти сообщества, продолжает он, стали тремя основными линиями эволюции – бактериями, археями и эукариотами. В рамках этой книги мы будем придерживаться понятия *LUCA*, признавая при этом возможность того, что *LUCA* – метафора сообщества древних клеток, а не отдельная клетка или тип клеток.

<sup>9</sup> Изучая кладограмму на рисунке 4.1, велик соблазн предположить, что грибы и животные развились из растений, однако такое предположение будет неверным. У растений, грибов и животных были свои уникальные простейшие предки, которые, в свою очередь, произошли от существовавшего до них общего простейшего предка.

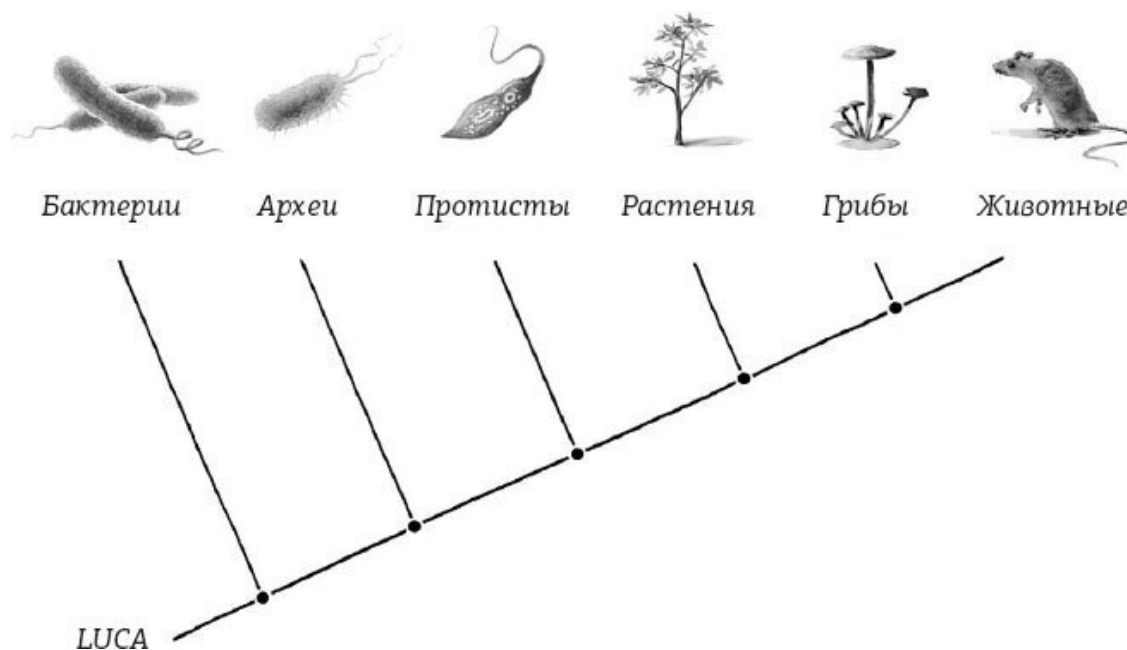


Рисунок 4.1. Шесть царств жизни, представленные в виде кладограммы

Самое время развеять заблуждение о том, что люди произошли от обезьян. Знаменитый «обезьяний процесс», в ходе которого науке об эволюции пришлось противостоять религии, отчасти был построен на этом ошибочном утверждении. Люди относятся к гоминидам, и наши ближайшие родственники среди приматов – это человекообразные шимпанзе, так что если громкий судебный процесс и стоило затевать, его следовало бы назвать «процесс шимпанзе»<sup>10</sup>. На самом деле мы произошли не от шимпанзе, просто у древних человекообразных был общий с шимпанзе предок (рисунок 4.2).

<sup>10</sup> Речь о деле 1925–1926 годов «Штат Теннесси против Джона Томаса Скоупса», известном как судебный «обезьяний процесс» (англ. *monkey trial*). Школьного учителя Джона Скоупса из города Дейтон обвинили в нарушении антидарвинистского «акта Батлера» – закона, запрещавшего преподавать в государственных образовательных учреждениях штата «любую теорию, которая отвергает историю божественного сотворения человека, которой учит <...> Библия, и учит вместо этого о том, что человек произошел от животных низшего порядка». Для виновного был предусмотрен штраф в 100–500 долларов. Процесс стал проявлением раскола в среде американских христиан: фундаменталисты настаивали на буквальном прочтении каждого слова Библии, а модернисты считали, что наука совместима с религией. – Прим. пер.



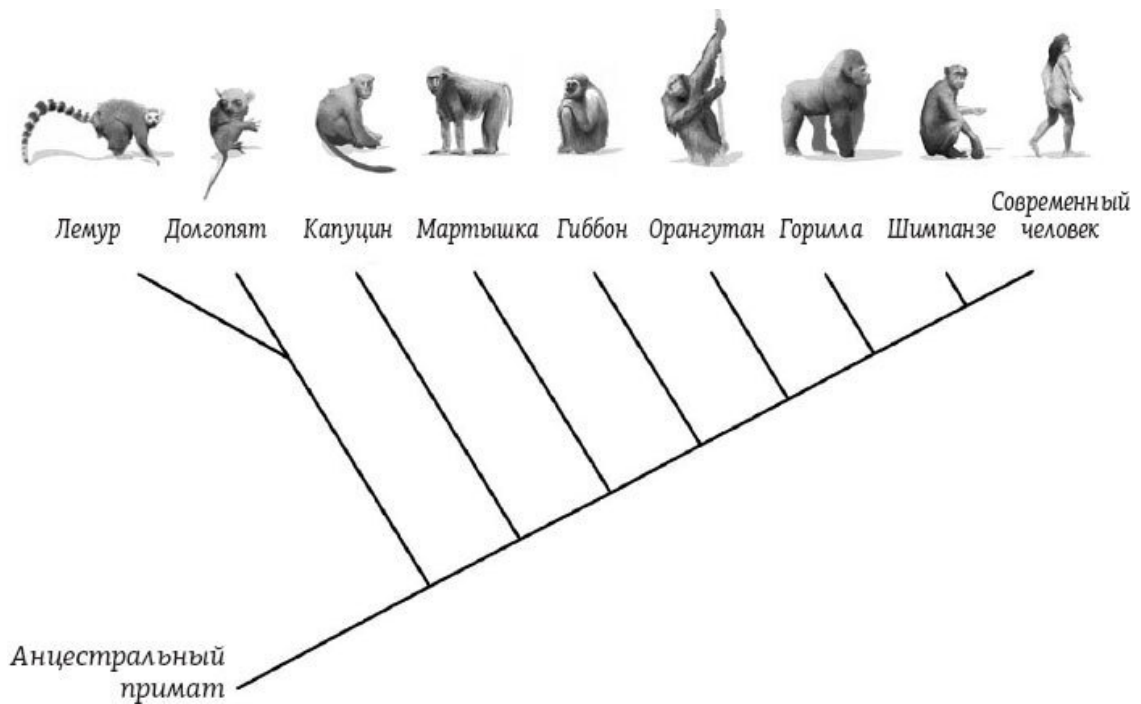


Рисунок 4.2. Кладограмма эволюции приматов

Приведем еще и такой пример: хотя люди и крысы относятся к млекопитающим и, следовательно, имеют определенные общие физиологические и поведенческие черты (такие, например, как волосы на теле и вскармливание потомства), мы крысами никогда не были; просто у приматов с крысами общий млекопитающий предок, от которого они и унаследовали эти черты. Вот почему так много важной информации о человеческом мозге мы почерпнули, изучая мозг грызунов. Правда, занимаясь такой работой, нельзя допускать мысль о том, что человек – всего лишь продвинутая крыса или даже продвинутый шимпанзе, поскольку эти животные относятся к разным клadam.

Дарвин предположил, что клaды произошли от общего предка посредством естественного отбора. Согласно его теории, разные представители вида обладают разными чертами и способствующие выживанию черты постепенно встречаются чаще, потому что у обладающих ими особей больше шансов выжить и произвести потомство. Другими словами, полезные черты отбираются и закрепляются. Когда позже выяснилось, что механизмами наследования являются гены и хромосомы, теория Дарвина получила мощную поддержку.

Похоже, естественный отбор заставлял организмы постоянно совершенствоваться – так, чтобы им лучше жилось в окружающей их среде. Отлично, только, как гласит старая поговорка, лучше, когда хорошего понемножку. Если к очередному эволюционному шагу группу толкает недостаток пищи или появление нового хищника, те особи, которые слишком хорошо приспособились к существующей среде, могут быть к такому шагу не готовы, поскольку утратили свойства, ответственные за адаптационную гибкость. В новых условиях могут понадобиться свойства, не используемые в текущий момент.

Помимо отбора и миграции существуют другие важные с точки зрения эволюции факторы. Источником разнообразия являются мутации. Чаще всего в связи с мутациями вспоминают их отрицательное воздействие на вид, например заболевания, но они также могут проявляться возникновением черт, полезных для выживания. Такие мутации закрепляются внутри популяции. Случайный генетический дрейф – спонтанные изменения в чистоте появления определенных генов внутри популяции – также оказывает влияние на ход эволюции. Представьте, например, что в результате урагана гибнет множество обитателей уединенного острова.



Если у погибших были гены, ответственные за проявление определенных свойств, частота проявления этих генов в будущем снизится у всего населения. По мере того, как выраженность определенных черт растёт, формируется новая кладка.

Здесь нужно особо подчеркнуть разницу между теми свойствами, которые были получены организмом от общего предка, и теми, которые являются схожими у разных видов, но при этом не связаны с тем, что у этих видов был общий предок. Позвоночный столб (спинной хребет, или позвоночник) есть у всех позвоночных животных: они унаследовали эту характеристику скелета от общего предка; также и волосы на своих телах все млекопитающие получили от пушистого общего предка этого класса, а вот отстоящий большой палец на конечностях приматов и панд – черта, которой у общего млекопитающего предка этих животных не было, следовательно, он сформировался отдельно с целью решения аналогичных задач. У летучих мышей и птиц тоже не было общего крылатого предка – на самом деле у мышей крылья развились из предплечий их бескрылых млекопитающих предков. Считается, что различия, в основе которых лежит общий предок, гомологичны, а если общего предка нет, различия являются не более чем сходствами.

## Глава 5

### Оно живое

Что именно мы группируем, когда строим древо жизни, классификацию царств или кладограмму? Если ответить коротко, мы классифицируем организмы, правда, сам термин «организм» я с первых страниц использую, не дав точного определения, поэтому пусть оно появится здесь. *Организм* – это живое существо, которое функционирует как физиологическая единица, а сутью составляющих его частей, действующих с высокой степенью сотрудничества и низкой степенью конфликтности, является обеспечение благополучия существа, поддержания его жизнеспособности и состояния, необходимого для размножения, чтобы его род продолжался.

Миссия у организма очень простая – потреблять необходимые для роста питательные вещества и энергию, поддерживать жизнеспособность по крайней мере до момента размножения. Организмы рождаются на свет, взрослеют, размножаются и в определенный момент прекращают свое существование как физиологические единицы. Только те из них, кому удалось дожить до момента произведения на свет потомства, получают возможность внести свой вклад в генетическое будущее своего рода. Таким образом, ключевыми характеристиками организмов являются *жизнеспособность* (способность расти и выживать) и *плодовитость* (способность размножаться), которые определяются *обменом веществ* – химическим процессом, в результате которого клетки производят и используют энергию. Более того, Ричард Докинз с помощью термина «энергия» объясняет разницу между живым и неживым: живое (организмы) производит и расходует энергию в процессе жизни, а на неживое энергия только влияет (мертвые тела разлагаются, вода испаряется, камни и минералы распадаются).

*LUCA*, общий предок всех организмов, передал своим потомкам гены, из которых сложилась основа структуры отдельных организмов, состоящих из одной или множества клеток. У одноклеточных организмов все инструменты, необходимые для выживания и размножения, содержатся в одной клетке. Для многоклеточных организмов выживание – задача гораздо более сложная, поскольку разные типы клеток формируют различные ткани, органы и системы, которым приходится работать вместе как единое целое. Ключевым в нашей истории является представление о том, как многоклеточные организмы развились из одноклеточных форм жизни и как сформировалось поведение, играющее в эволюции важную роль.

## Часть II

### Выживание и поведение

#### Глава 6

#### Поведение организмов

Эволюция – это процесс, в ходе которого составляющие отдельную группу организмы из поколения в поколение меняются посредством естественного отбора. В основу этого процесса заложено стремление отдельного организма приспособиться к окружающей среде. Те организмы, чьи специфические черты полезны в существующих условиях, имеют больше шансов прожить долго и произвести на свет потомство, передав отпрыскам свои гены. И хотя выживание организмов зависит от множества характеристик, оно, как отмечал один из первых бихевиористов Теодор Шнейрла, является «фактором естественного отбора».

Другой выдающийся специалист в этой области – Б. Ф. Скиннер – считал поведение «той частью организма, которая вступает во взаимодействие с внешним миром или сообщается с ним». Обычно поведение считают результатом работы нервной системы и мышечных сокращений, происходящих под ее влиянием, поэтому оно якобы может формироваться только у тех животных, которые имеют и нервную систему, и мышцы. Несмотря на то что свои исследования Скиннер проводил на животных, он предусмотрительно дал определение поведению всех организмов в целом. В следующих главах мы увидим, что поведение свойственно всем организмам, а не только тем, у которых есть мышцы и нервная система, но давайте начнем с поведения животных.

Простейшей формой поведения животных является *рефлекс* – врожденная реакция на импульс, которая осуществляется посредством нервов, напрямую соединяющих системы восприятия органов чувств с мышцами. Рефлексы – это автоматические реакции на определенные стимулы; они не контролируются волей. Вот почему рефлексы так полезны при оценке неврологической функции у младенцев. Врожденное рефлекторное поведение играет ключевую роль для выживания, причем не только в раннем возрасте, но и на протяжении всей жизни. Оно контролирует, например, вашу способность держать равновесие и походку и позволяет рефлекторно поднять ногу, если вы наступите на острый предмет. Резкий громкий звук активирует сразу несколько рефлексов, совместно называемых *стартовой реакцией*: вы начинаете моргать, шея цепенеет и вы вздрагиваете всем телом. Все движения, совершаемые во время приема пищи, – жевание, глотание, а также переваривание пищи и выведение отходов – это тоже рефлексы. Когда кровяное давление повышается, сердечный ритм рефлекторно снижается, чтобы оно оставалось в пределах безопасного диапазона.

Обычно к рефлексам относят реакции отдельной группы мышц (рта, ног, глаз) или набор реакций всего организма (способность удерживать равновесие, переваривать пищу, вздрагивать). Но ведь животным тоже нужно осуществлять действия, предполагающие координацию всего организма, и некоторые из этих действий, как и рефлексы, являются врожденными. Пионеры-этологи Конрад Лоренц и Николас Тинберген называли эти сложнозакодированные реакции *фиксированной последовательностью движений*, однако я предпочитаю употреблять термин «*фиксированная последовательность реакций*», который подчеркивает автоматизм поведения.

Как и рефлексы, фиксированные последовательности реакций активируются автоматически посредством специфических стимулов, но, в отличие от рефлексов, они развиваются постепенно и представляют собой сложную поведенческую последовательность. Самый известный

пример Тинбергена – возвращение в гнездо укатившегося гусиного яйца. Как только гусыня видит укатившееся яйцо, она вытягивает шею и закатывает его обратно. Другой пример с птицами: птенцы раскрывают рты, как только сидящая на краю гнезда птица-мать начинает водить клювом из стороны в сторону. Если самцы рыбы колюшки видят красное брюшко (как у чужака-самца), они бросаются в драку, а если раздутое брюшко самки (готовой к спариванию партнерши), демонстрируют брачное поведение. Вид или запах пищи заставляет млекопитающих подойти к его источнику ближе, тогда как вид хищника, его запах или издаваемые им звуки заставляют спастись бегством, застыть на месте или готовиться к схватке – в зависимости от близости хищника.

Неудивительно, что фиксированные последовательности реакций лежат в основе универсальных действий, направленных на выживание (таких, как потребление пищи, воды, защиту и воспроизводство; у некоторых видов к числу этих действий добавляются забота о потомстве и взаимодействие с другими особями). При этом специфическое выражение такого поведения у данных видов уникально: все животные защищаются, едят и спариваются, но *как именно* они это делают, зависит от строения их тел. Исходя из этого фиксированные последовательности реакций считаются типичными для отдельных видов.

В 1950-е годы вокруг природы этих фиксированных последовательностей велись ожесточенные споры: действительно ли они врожденные? Сегодня считается, что, хотя в этих реакциях силен видовой (врожденный) компонент, на их формирование существенное влияние оказывают факторы окружающей среды. Так, например, на сложные поведенческие последовательности действий может влиять полученный в прошлом опыт; в то же время они могут формироваться или меняться под влиянием впечатлений, получаемых в настоящий момент. Когда гусыня закатывает назад укатившееся из гнезда яйцо, ее действия отчасти продиктованы обратной связью со стороны органов чувств; если обратную связь исключить, ее действия потеряют точность. Некоторые брачные ритуалы происходят только во время брачного сезона, когда условия окружающей среды вызывают повышение уровня половых гормонов, в результате чего возникает репродуктивное поведение. По аналогии на поиск пищи и ее потребление животных толкают определенные химические реакции в организме и мозге, указывающие на низкий уровень энергии.

Хотя люди в большей степени полагаются на обучение и культуру, а не на врожденные склонности, полностью избавиться от таких предрасположенностей нам пока не удастся; люди, например, инстинктивно боятся высоты, змей, агрессивных сородичей в непосредственной к себе близости, автоматически реагируют на плачущего ребенка или сексуальные стимулы. Не у всех реакция одна и та же, но у большинства, по крайней мере, наблюдается склонность к действиям.

Несмотря на то что в ходе эволюции рефлексy и фиксированные последовательности реакций тесно переплелись с определенными классами стимулов, оба этих типа поведения могут формироваться в результате обучения как реакции на новые стимулы. Допустим, вы долго не ели – и вдруг увидели рекламу чего-то вкусного, например сочного гамбургера. У вас, скорее всего, начнет выделяться слюна; происходит это как реакция не на саму пищу, а на стимул, символизирующий эту пищу. Этот пример взят из реальной жизни: аналогичный опыт Иван Павлов ставил на собаках. Подопытные так привыкали к звонку, звучавшему всякий раз перед появлением пищи, что со временем у них начинала выделяться слюна, как только они его слышали (рисунок 6.1). Рефлекторная реакция сама по себе врожденная: она не изменилась и не развилась в результате обучения; изменился лишь стимул, который ее вызывал (подопытные запомнили его связь с пищей). Аналогичным образом *замирание на месте* – специфическая фиксированная последовательность реакций у определенных видов, которая проявляется, когда они чувствуют запах или видят хищника – может развиться как реакция на новые, иногда абсолютно бессмысленные стимулы, свидетельствующие о приближении хищ-

ника. В лаборатории Павлова подопытные животные получали удар электрическим током в тот момент, когда видели хищника, слышали его голос и ощущали запах. Удар током имитировал ощущения, которые испытывало укушенное хищником животное, а стимул, предсказывающий раздражение ткани в результате удара, провоцировал развитие защитного поведения, обычно вызываемого хищником, а также вызывал психологические изменения, поддерживавшие такое поведение (например, учащение сердечного ритма и дыхания). Если говорить о людях, представьте, что вас кусает соседская собака, когда вы проходите мимо их почтового ящика. Возможно, когда в другой раз вы, проходя, задумавшись, вдруг увидите этот ящик, то замрете на месте, а ваш сердечный ритм участится. Павловский условный рефлекс формируется у всех животных и наблюдается даже у одноклеточных организмов.

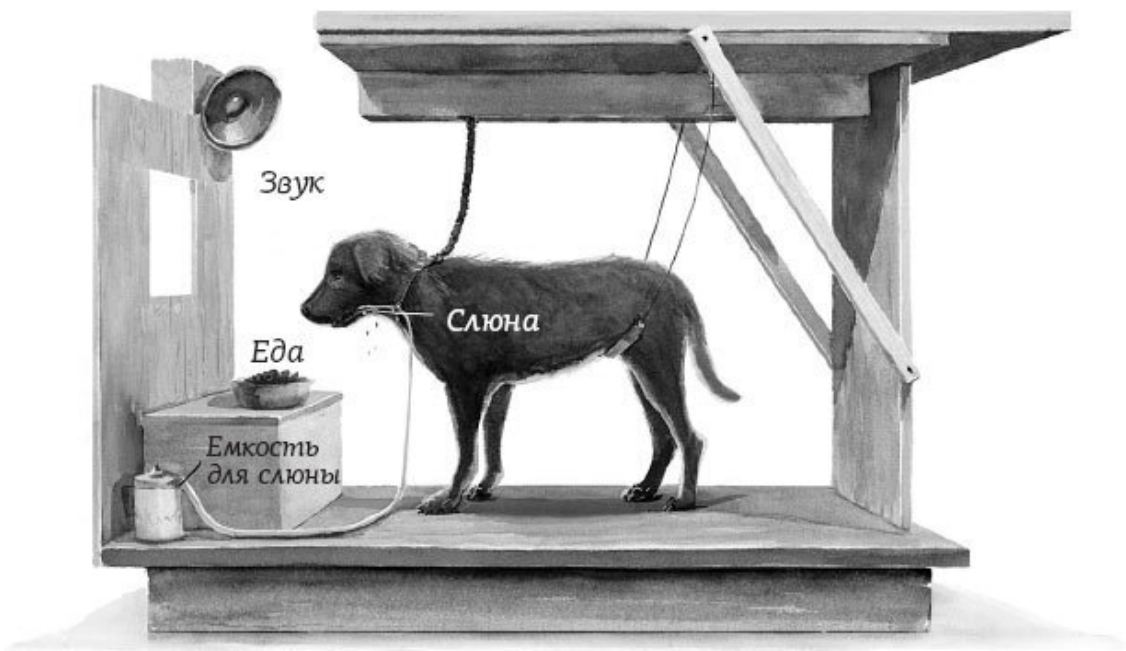


Рисунок 6.1. Условные рефлексy: собака Павлова

Выше я привел примеры того, как новые стимулы провоцируют по большей части врожденные алгоритмы поведения; однако некоторые животные могут выработать новые алгоритмы в процессе обучения. Если за произвольными движениями – такими, как нажатие на рейку или кнопку – следует положительный результат (подкрепляющий стимул), вероятность того, что аналогичное поведение повторится в будущем, возрастает. Первым такой эффект в конце XIX века описал Эдвард Торндайк; он выяснил, что если рядом с клеткой кошки, которую долго не кормили, поставить миску с едой, та очень оживится. Случайные движения животного приводили к тому, что дверь клетки открывалась – и кошка получала доступ к еде (рисунок 6.2). Опыт многократно повторялся, и кошка поняла, какие именно движения приводят к открыванию двери. Такое обучение называется *инструментальным*, потому что поведение является инструментом формирования подкрепляющего стимула.



*Рисунок 6.2. Инструментальное поведение: кошки Торндайка*

Если говорить об отвращении, лабораторные опыты с инструментальной выработкой условного рефлекса обычно подразумевают научение избеганию: животное учится использовать стимулы-указатели (например, звуки), связанные с опасностью (обычно это удар электрическим током), чтобы эффективно направлять свои действия. Сначала оно замирает; но как только становится ясно, что при появлении звука можно предпринять определенный ряд действий, направленных на избегание вреда, начинает повторять такие все точнее, усиливая формирование реакции избегания.

Бывает, что инструментальное поведение, выработанное за счет подкрепляющих результатов, повторяется настолько часто, что входит в привычку и реализуется, даже если в итоге желаемый результат больше не наступает. Хотя инструментальные привычки могут быть полезны, они также вносят свой вклад в целый ряд самых разных проблем, которые возникают у людей с привыканием: так, например, желание принимать наркотики сохраняется в течение долгого времени после того, как заканчивается ожидаемый от приема эффект. Проведенные недавно исследования доказали, что разновидность инструментального поведения, формирование которой зависит от получаемого результата, наблюдается только у млекопитающих и птиц, а вот привычки могут формироваться у всех позвоночных и даже у некоторых беспозвоночных.

Стимулы, связанные с действиями, от которых напрямую зависит выживание (защита, потребление пищи и воды, воспроизводство), являются теми подкрепляющими факторами (результатами), которые лежат в основе павловских и инструментальных рефлексов. Теперь понятно, почему для лабораторных опытов, в ходе которых изучают инструментальные рефлексы, обычно используют такие подкрепляющие стимулы, как пища, вода и секс, либо избавление от потенциального вреда. Выживание и обучение тесно связаны между собой.

Некоторые виды демонстрируют еще более сложные формы поведения, которые зависят от их когнитивных способностей. В данном случае сознанием пользуются как отсылкой к возможности формировать определенные представления, которые, в свою очередь, направляют поведение; примерно так же, как вы мысленно представляете себе объемную карту, когда

собираетесь добраться куда-то на машине. Как мы увидим, такие базовые когнитивные способности, как зависимые от результата инструментальные реакции, есть у млекопитающих и птиц, но у других видов не наблюдаются. Среди млекопитающих когнитивные способности, включающие в себя внутреннее размышление (обдумывание действий), лучше всего развиты у приматов, особенно у людей. Такие сложные когнитивные способности обеспечивают возможность находить новые гибкие способы решения различных задач выживания, и эти возможности гораздо шире тех, которые обеспечиваются рефлексам, фиксированными последовательностями реакций, реакциями Павлова и инструментальным обучением. Так, например, люди способны одновременно держать в уме целый ряд возможных действий, обдумывать выбор и принимать решение исходя из того, какое из них приведет к наиболее благоприятному результату. Чем сложнее когнитивные способности вида, тем больше у его представителей шансов выжить в долгосрочной перспективе; они способны поступать определенным образом, чтобы жить, а не просто чтобы не умереть. Способностью серьезного когнитивного контроля над поведением можно объяснить малую важность фиксированных последовательностей реакций в человеческой жизни. С другой стороны, когнитивные способности позволяют людям поступать таким образом, который с точки зрения выживания в принципе вреден (намеренно подвергать себя риску, например водить машину на высокой скорости, лазать по горам, прыгать с парашютом или принимать наркотики).

## Глава 7

### За пределами поведения животных

В XIX веке поведенческие реакции растений на воздействие света и химикатов описывали Чарльз Дарвин и Жак Лёб, а наглядным примером тому может служить хорошо известная способность подсолнухов поворачиваться за солнцем. Примитивное, возникшее в ответ на стимул поведение неподвижных организмов – таких, как растения – называется *тропизм*. Исследований в области «поведения» растений ведется много.

Например, в книге «Тайные знания растений»<sup>11</sup> биолог Дэниел Чамовиц описывает впечатляющие способности растений обрабатывать информацию, которые те используют для контроля своих движений в ответ на стимуляцию. Растения способны не только «следовать за солнцем», поворачиваясь на стебле, – они могут направлять свои листья так, чтобы каждый из них получал максимум солнечного света и растение росло быстрее. Некоторые виды даже научились запоминать время восхода солнца и хранить эту информацию в течение нескольких дней, даже если на этот срок они лишены солнечного света. Авторы монографии «О чем думают растения?»<sup>12</sup> Стефано Манкузо и Алессандра Виола считают, что растения способны не только видеть, осязать, обонять и слышать: у них есть с десятков других сенсорных возможностей, которых нет у людей (включая способность распознавать минералы, влагу, магнитные сигналы и силу притяжения). Например, корни растений могут распознавать минеральный состав и воду в почве, и направлять рост корней в ту область под землей, где выше концентрация полезных веществ. Некоторые хищные растения способны почувствовать присутствие жертвы на своей поверхности; самое известное из таких растений – венерина мухоловка.

Некоторые не спешат называть движение растений поведением, поскольку у растений нет нервов и мышц, но ведь они дышат, хоть и без легких, и переваривают питательные вещества, не имея желудка, а значит, растения могут двигаться (проявлять поведение). Не стоит отрицать наличие поведенческих возможностей у организма только потому, что он лишен физиологического механизма, с помощью которого поведение проявляется у животных.

Очевидно, что растения способны чувствовать окружающую среду, учиться, хранить информацию и использовать ее, чтобы направлять свои движения, то есть демонстрировать поведение. Есть мнение, что поведение должно быть «разумным», и это верно, если мы определяем разумность как способность решать задачи посредством поведенческого взаимодействия с окружающей средой, а не как определенный набор умственных способностей.

Рассуждая о поведении, нельзя (да и не стоит) ограничиваться примерами из мира животных и растений. Еще на рубеже XIX–XX веков первые исследователи поведения Конви Морган и Герберт Дженнингс серьезно интересовались одноклеточными протистами, особенно простейшим под названием «инфузория-туфелька» (рисунок 7.1). Доказано, что эти организмы в своей повседневной жизни в ответ на полезные и вредные стимулы использовали примитивные реакции на приближение и отдаление, называемые *таксисами*<sup>13</sup>. Морган, например, отмечал: «Первичная цель рецепций воздействий (стимулов) внешнего мира или окружающей среды... – это активизация определенной деятельности. У одноклеточных организмов восприятие и реакция осуществляются одной и той же клеткой, поэтому и деятельность эта по большей части примитивна, хотя и среди простейших есть такие организмы, которые *не* демонстрируют реакций малой сложности» (курсив автора). Бертран Рассел, известный английский

<sup>11</sup> \* Чамовиц Д. Тайные знания растений. Что видят, слышат и помнят цветы и деревья / пер. с англ. З. А. Зарифовой. М.: ЗАО Издательство Центрполиграф, 2015. – Прим. изд.

<sup>12</sup> Манкузо С., Виола А. О чем думают растения? / пер. с итал. Т. П. Мосоловой. М.: Бомбора, 2020. – Прим. изд.

<sup>13</sup> От греч. *taxís* – «расположение в порядке». – Прим. пер.



философ начала XX века, высказывал схожую мысль: «Между простейшими и человеком нет такой уж существенной разницы ни в плане строения, ни в плане поведения». Позже с ним согласился и Лоренц, добавив, что между простейшими и людьми существует неразрывная эволюционная связь. То же самое можно сказать и о бактериях. В следующей главе речь пойдет о том, как эти древние одноклеточные организмы воспринимали окружающую их среду и реагировали на нее; возможно, они даже учились и запоминали.

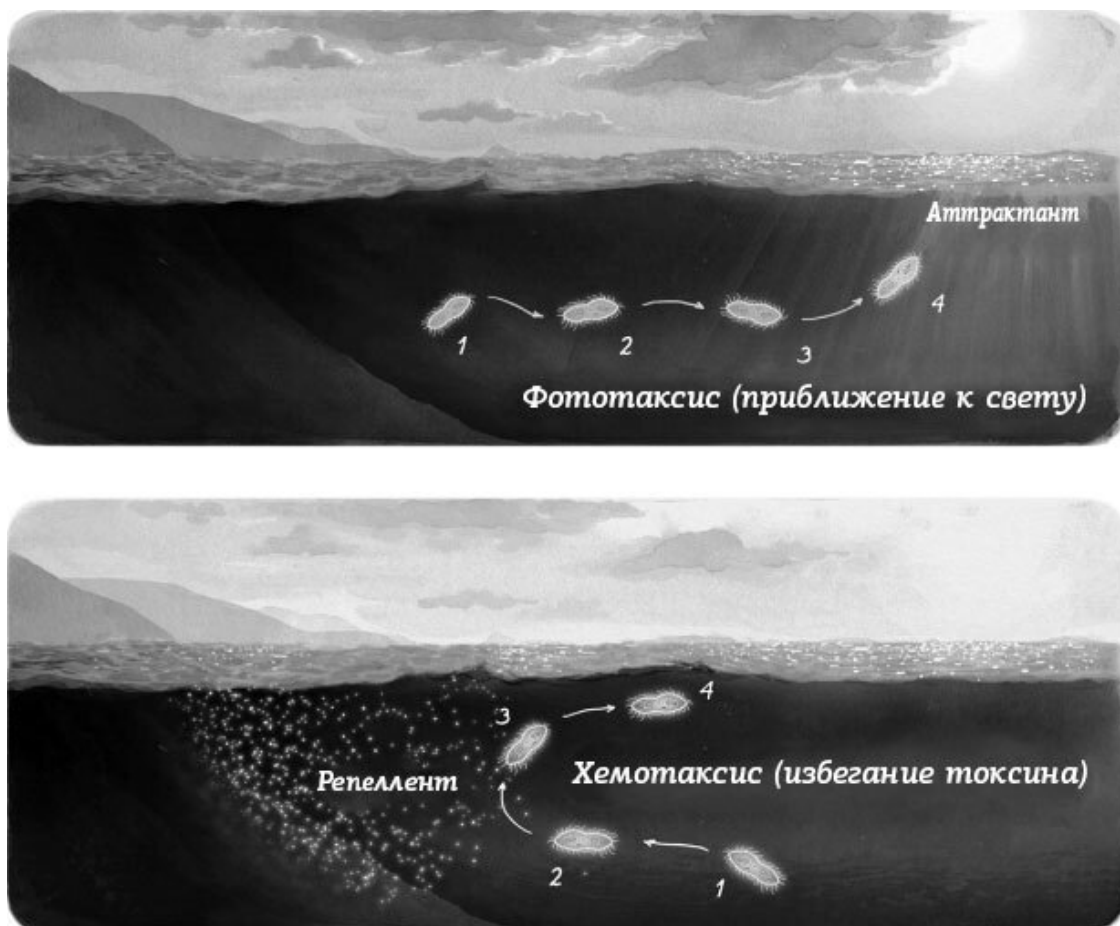


Рисунок 7.1. Поведенческие таксисы простейших

Выше я уже описал сознание как способность формировать внутренние представления и использовать их в управлении поведением. Существует тенденция расширять понятие сознания за пределы роли, которая ограничивается использованием внутренних представлений в управлении поведением, так чтобы растения и микроорганизмы тоже можно было считать разумными созданиями. Некоторые достигают этой цели, приравнивая сознание к способности обрабатывать информацию. Поскольку любая форма поведения предполагает обработку информации, согласно этой теории любая форма поведения осознанна; другие выбирают иной путь и определяют сознание как адаптивную регуляцию состояний и взаимодействий относительно последствий для его жизнеспособности. В рамках обеих концепций все организмы, включая простейшие и бактерии, являются мыслящими существами.

Считается, что эти подходы корректируют антропоцентрическое представление о сознании. Более того, современные ученые-когнитивисты вовсе не считают сознание прерогативой исключительно человека, и исследований по изучению сознания животных проводится очень много. Если описанная выше точка зрения будет развиваться, мы придем к необходимости сформулировать новое название для процесса, лежащего в основе использования внутренних

представлений, управляющих поведением. Пока же термин «сознание» вполне соответствует своей роли, но, возможно, нужен новый термин для описания такого сложного поведения, которое не контролируется внутренними представлениями.

Дальше в тексте этой книги я буду использовать следующие поведенческие категории: таксисы, тропизмы, рефлексy, фиксированные действия, привычки, зависящие от результата инструментальные действия и зависящие от сознания реакции. Мы будем обращаться к этим терминам, наблюдая за возникновением поведенческих черт в ходе превращения одноклеточных организмов в огромное множество их разнообразных многоклеточных потомков.

## Глава 8

### Первые выжившие

*LUCA*, общий предок всего живого на Земле, в форме генов передал свои черты, необходимые для выживания, всем своим потомкам. Некоторые, а возможно, многие из этих отпрысков продолжить свое существование не смогли, но у одной группы получилось выжить. 3,5 миллиарда лет назад появились бактерии, существующие и по сей день и представляющие собой самый многочисленный род организмов на Земле.

Независимо от среды обитания – будь то сад за домом, глубины теплого моря или просторы Арктики, глинистые пруды или пустыни, мужской туалет на Центральном вокзале Нью-Йорка или ваша собственная прямая кишка, в которой бактерии выполняют токсическую или пробиотическую функцию, – бактериальным клеткам приходится справляться с теми же ключевыми задачами, что и людям, чтобы жить и здравствовать: избегать опасностей, распознавать и усваивать питательные вещества, а также источники энергии, управлять жидкостями и электролитами в организме. Для того чтобы их род выжил, организмы должны размножаться. Как и мы, бактерии должны удовлетворять многие необходимые для выживания потребности, в том числе за счет поведенческой вовлеченности в окружающую среду.

Поскольку вся сущность бактерии заключена в одной-единственной клетке, у нее нет других клеток, необходимых для работы отдельных органов чувств, мускулов или нервной системы, координирующей ее восприятие и движения. Клетка всего одна, сама по себе.

Многие бактерии подвижны: они выживают, ежедневно находясь в постоянном движении. Эти движения осуществляются своеобразными молекулярными моторами, контролирующими нитевидные образования – *жгутики*. С их помощью бактерии способны передвигаться, совершая два типа движений – «бег» и «кувыркание» (рисунок 8.1). Когда все жгутики вращаются в одном и том же направлении, бактерия «бежит», совершая направленное движение; когда жгутики вращаются в обратную сторону, бактерия «кувыркается», меняя направление.

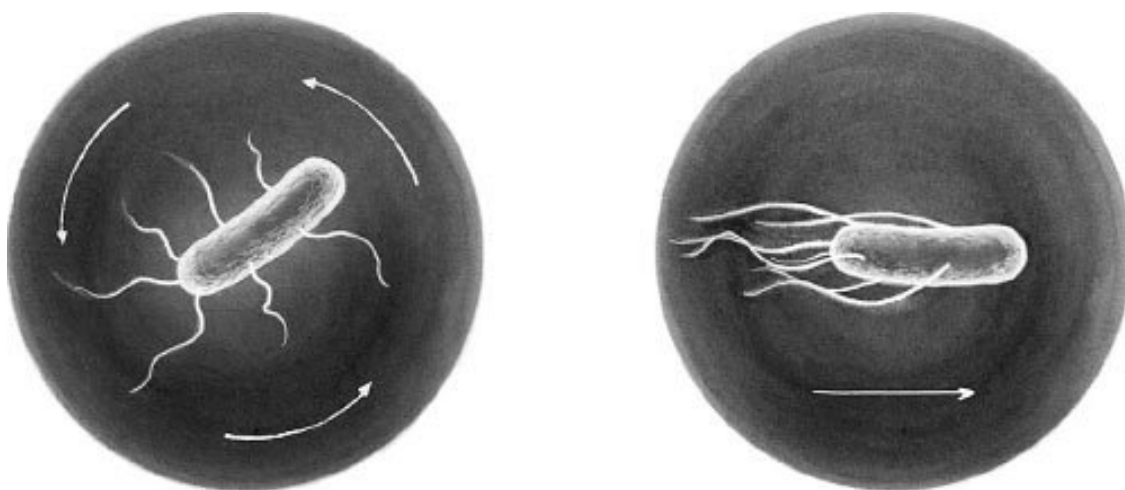


Рисунок 8.1. «Кувыркание» и «бег» у бактерий

У способности двигаться есть как преимущества, так и издержки. Для того чтобы двигаться, нужны жгутики, а на шевеление жгутиками уходит огромный объем энергии, отведенной бактерии на обеспечение ежедневных нужд. С другой стороны, подвижность позволяет поглощать больше пищи и избегать вреда. Как уже отмечалось, примитивные движения бактерий называются *таксисами* – это ориентировочные реакции приближения к полезным

субстанциям и удаления от вредных. Полезные и вредные субстанции называются «*аттрактанты*» и «*репелленты*» соответственно. Таксисное поведение проявляют только подвижные организмы; таким образом, оно отличается от тропизмов стеблей, листьев и корней неподвижных растений; таксисы – это реакции, в результате которых весь организм меняет свое пространственное расположение.

Таксисы возникают, когда рецепторы распознают аттрактант или репеллент. Одни рецепторы чувствительны к концентрации химического вещества в окружающей среде (*хемотрецепторы*), а другие – к свету (*фоторецепторы*). Поведение, управляемое химическими соединениями, носит название «*хемотаксис*», а светом – «*фототаксис*» (рисунок 8.2).

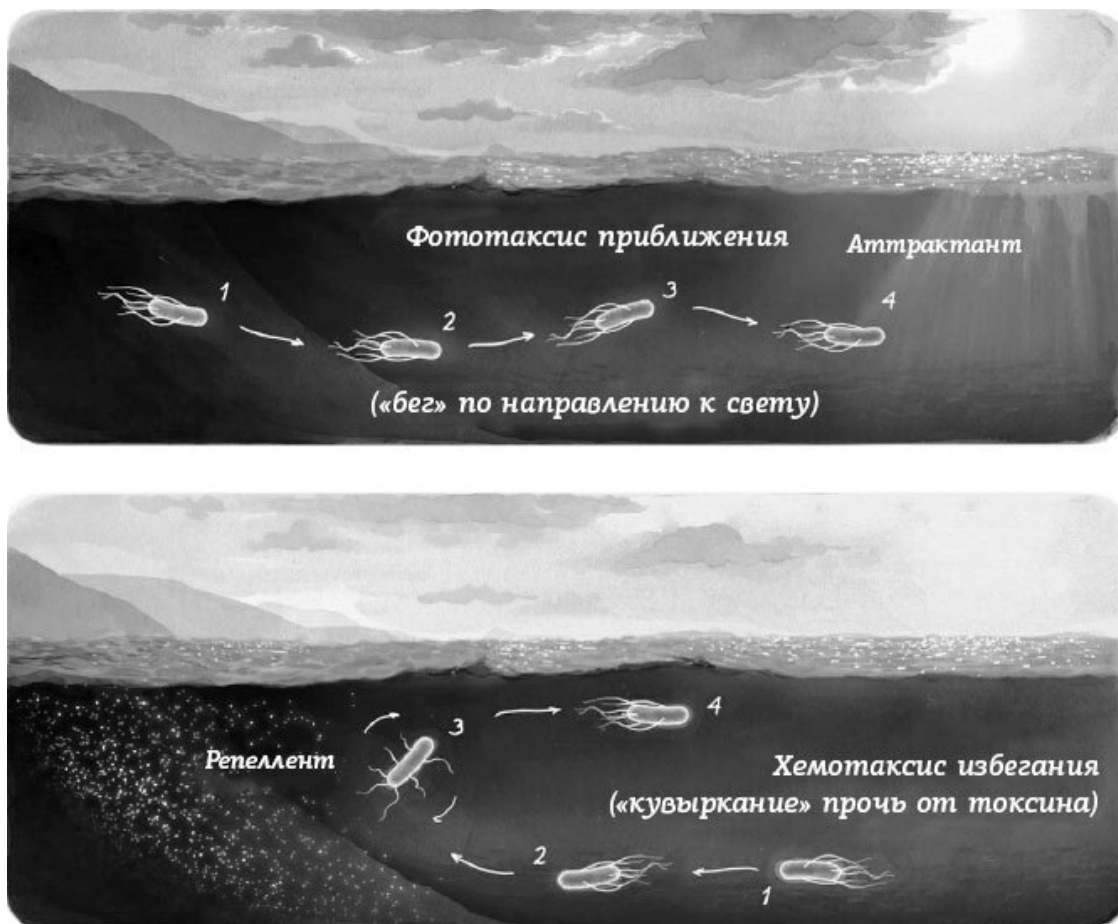


Рисунок 8.2. Бактериальные таксисы

Направление движения зависит от текущей ситуации, в которую попадает бактерия. Когда бактерия распознает аттрактант, она реже «кувыркается» и чаще «бежит», в результате чего она приближается к субстанции. И наоборот: если же обнаружен репеллент, бактерия «кувыркается», меняя направление движения и избегая таким образом опасности. Что будет делать бактерия – «кувыркаться» или «бежать», – зависит от молекулярных выходных сигналов рецепторов бактерии; интенсивность этих реакций зависит от концентраций стимула (химического или светового).

Кроме того, чтобы оставаться здоровыми, бактериальным клеткам приходится поддерживать определенный объем жидкости внутри себя; если жидкости будет слишком много, клетка взорвется, а если слишком мало – схлопнется. Этот процесс предполагает сложную систему взаимодействий электролитов (таких солей, как натрий или калий) и воды. Если концентрация солей снаружи клетки выше, чем внутри, вода вытесняется; таким образом достигается

равновесие жидкостей и солей, и структура клетки не повреждается; если концентрация солей внутри клетки выше, она втягивает больше воды, чтобы избежать схлопывания.

У животных аналогичные факторы влияют на поддержание баланса жидкостей в различных клетках организма. Когда в наших клетках слишком много солей, мы ищем способ напиться, чтобы восполнить дефицит жидкости, которая вытянет соль из клеток и восстановит баланс. Когда мы теряем жидкость с рвотой, поносом или в ходе интенсивных тренировок, запас электролитов истощается, баланс в клетках нарушается. Организму необходимо восполнить потерянную жидкость и электролиты, например с помощью изотонических напитков (таких, как *Gatorade*), а в тяжелых случаях – с помощью внутривенных вливаний.

Многие животные умеют поддерживать стабильную температуру своего тела, когда температура окружающей среды колеблется. Такая физиологическая способность необходима для выживания, потому что разница между внутренней и внешней температурой может стать губительной для процессов и реакций, необходимых для выживания клеток. Кроме того, для терморегуляции животные используют поведение: мы раздеваемся и ищем тень, когда на улице слишком жарко, и наоборот, если холодно, мы надеваем на себя несколько слоев одежды; у некоторых млекопитающих есть сезонная линька; птицы мигрируют. Бактерии же вместо поддержания внутренней температуры на определенном уровне меняют свои внутренние биохимические процессы, что позволяет их физиологии приспособиться к внешней температуре. Эта способность – ключевой фактор выживания древних одноклеточных форм жизни в самых разных климатических условиях. Кроме того, бактерии ощущают внешнюю температуру и меняют свое поведение, подстраиваясь под окружающую среду.

Для продолжения рода бактерии, как и все прочие организмы, должны размножаться. Для нас и многих других животных размножение предполагает взаимодействие с другим организмом, но бактерии размножаются делением. Секс появился как модификация клеточного деления одноклеточных простейших и не мог бы существовать в отсутствие бесполого способа размножения, которым бактерии пользовались на протяжении миллиардов лет.

Хотя само по себе размножение не является социальным поведением бактерий, их тоже в определенной степени можно считать социальными организмами: нередко они собираются вместе на поверхностях и выделяют вещества, позволяющие отдельным клеткам буквально приклеиваться друг к другу. Такие колонии клеток называют *биопленками*. Налет у вас на зубах, липкий слой на стенке душевой кабины, след от электрической зубной щетки на полочке и многое другое из того, что мы считаем грязью, на самом деле является биопленками. Недавние исследования показали, что клетки биопленок не просто пассивно соединяются: на самом деле они общаются друг с другом посредством электрических сигналов, позволяющих координировать питание, размножение и привлечение в группу новых членов. Зачастую поведение, которое считается проявлением психологического или социального взаимодействия у более сложных организмов (например, стремление к местам или вещам, обладающим определенным запахом, и избегание тех, которые им не обладают), на самом деле объясняется аналогичными простыми факторами.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.