

РИЧАРД
ДОКИНЗ

ЭГОИСТИЧНЫЙ

ГЕН

ЕЖИЧ

Н СТЕП

С АН

РД



Династия

Ричард Докинз

Эгоистичный ген

«Corpus (АСТ)»

1989

УДК 575
ББК 28.0

Докинз Р.

Эгоистичный ген / Р. Докинз — «Corpus (ACT)», 1989

ISBN 978-5-17-077772-3

Мы созданы нашими генами. Мы, животные, существуем, чтобы сохранить их, и служим лишь машинами, обеспечивающими их выживание. Мир эгоистичного гена – это мир жестокой конкуренции, безжалостной эксплуатации и обмана. Ну а как же акты альтруизма, наблюдаемые в природе: пчелы, совершающие самоубийство, когда они жалят врага, чтобы защитить улей, или птицы, рискующие жизнью, чтобы предупредить стаю о приближении ястреба? Противоречит ли это фундаментальному закону об эгоистичности гена? Ни в коем случае! Докинз показывает, что эгоистичный ген – это еще и хитрый ген. И он лелеет надежду, что вид *Homo sapiens* – единственный на всем земном шаре – в силах взбунтоваться против намерений эгоистичного гена. Перевод сверен по юбилейному английскому изданию 2006 года.

УДК 575

ББК 28.0

ISBN 978-5-17-077772-3

© Докинз Р., 1989
© Corpus (ACT), 1989

Содержание

Предисловие к юбилейному изданию (2006)[1]	6
Предисловие ко второму изданию (1989)	13
Предисловие к первому изданию (1976)	17
Глава 1. Для чего мы живем?	19
Глава 2. Репликаторы	28
Глава 3. Бессмертные спирали	35
Глава 4. Генная машина	55
Глава 5. Агрессия: стабильность и эгоистичная машина	73
Конец ознакомительного фрагмента.	79

Ричард Докинз

Эгоистичный ген

© Richard Dawkins, 1989

© Н. Фомина, перевод на русский язык, 1993

© П. Петров, перевод предисловия на русский язык, 2013

© ООО “Издательство АСТ”, 2013

Издательство CORPUS ®

* * *

Фонд некоммерческих программ “Династия” основан в 2002 году Дмитрием Борисовичем Зиминим, почетным президентом компании “Вымпелком”.

Приоритетные направления деятельности Фонда – развитие фундаментальной науки и образования в России, популяризация науки и просвещение. В рамках программы по популяризации науки Фондом запущено несколько проектов. В их числе – Сайт elementy.ru, ставший одним из ведущих в русскоязычном Интернете тематических ресурсов, а также проект “Библиотека “Династии” – издание современных научно-популярных книг, тщательно отобранных экспертами-учеными. Книга, которую вы держите в руках, выпущена в рамках этого проекта.

Более подробную информацию о Фонде “Династия” вы найдете по адресу www.dynastyfdn.ru.

Предисловие к юбилейному изданию (2006)¹

На меня отрезвляюще действует мысль о том, что с книгой “Эгоистичный ген” я прожил почти полжизни. Шли годы, и после выхода каждой из семи моих последующих книг издатели организовывали лекционные туры в целях ее рекламы. Какой бы из этих книг ни было посвящено мое выступление, слушатели всегда встречали новую книгу с отрядным воодушевлением, вежливо аплодировали и задавали умные вопросы. Затем они выстраивались в очередь за моими книгами, покупали их и просили меня надписать для них... “Эгоистичный ген”. Я немного преувеличиваю. Некоторые из них все же покупали новую книгу, а что до остальных, то моя жена утешает меня, доказывая, что для людей, только что открывших для себя нового автора, вполне естественно начинать знакомство с ним с его первой книги, и, прочитав “Эгоистичный ген”, они наверняка еще доберутся и до моего последнего и в настоящее время самого любимого детища.

У меня было бы больше поводов для недовольства, если бы я считал, что книга “Эгоистичный ген” безнадежно устарела и вместо нее теперь лучше читать что-нибудь другое. К сожалению (в каком-то смысле – к сожалению), это не так. Многие подробности менялись, и факты сыпались как из рога изобилия. И все же, за одним исключением, к которому я незамедлительно вернусь, в этой книге найдется совсем немного утверждений, которые я поспешил бы взять назад или за которые теперь я стал бы просить прощения. Покойный Артур Кейн, один из моих любимых преподавателей времен моей учебы в Оксфорде в 60-х годах, а впоследствии профессор зоологии в Ливерпуле, в 1976 году сказал про “Эгоистичный ген”, что это “книга молодого автора”. А затем намеренно процитировал один отзыв о книге Альфреда Айера “Язык, истина и логика”. Мне польстило это сравнение, хотя я и знал, что Айер отрекся от многих взглядов, высказанных им в своей первой книге, и я не мог не отметить явно подразумеваемую Кейном мысль, что и мне следовало бы рано или поздно поступить точно так же.

Для начала я хочу поделиться своими запоздалыми соображениями относительно названия. В 1975 году, при посредничестве моего друга Десмонда Морриса, я показал рукопись своей еще не законченной книги патриарху лондонских книгоиздателей Тому Машлеру в его кабинете в издательстве “Джонатан Кейп” и обсудил с ним перспективы ее публикации. Ему понравилась книга, но не ее название: “В слове ‘эгоистичный’ слишком много негатива”. Не лучше ли было бы назвать книгу “Бессмертный ген”? “Бессмертный” – “позитивное” слово, бессмертие генетической информации – одна из ключевых тем моей книги, и в словосочетании “бессмертный ген” почти столько же интриги, сколько и в моем варианте названия (кажется, ни один из нас тогда не замечал созвучия “Эгоистичного гена” – *The Selfish Gene* – “Великану-эгоисту” Оскара Уайльда – *The Selfish Giant*). Теперь я думаю, что Машлер, возможно, был прав. Многие критики, особенно, как я впоследствии убедился, наиболее ярые и философски подкованные, склонны, читая книгу, ограничиваться ее названием. Этот подход, конечно, хорошо окупается, когда дело касается таких книг, как “Сказка о крольчонке Бенджамине” или “История упадка и крушения Римской империи”, но я не раз имел случай убеждаться, что мой “Эгоистичный ген” без пространного пояснения, образованного собственно текстом книги, может создать у читателя превратное представление об ее содержании. Если бы эта книга впервые выходила только теперь, для американского издания от меня так или иначе потребовали бы снабдить ее подзаголовком.

Наилучший способ объяснить название “Эгоистичный ген” состоит в том, чтобы указать, какое слово в нем ударное. Если в названии моей книги делать ударение на слове “эго-

¹ Текст приводится в сокращении. Перевод выполнен кандидатом биологических наук Петром Петровым. – Прим. ред.

истичный”, то можно подумать, что это книга об эгоизме, хотя на самом деле внимание в ней уделяется скорее альтруизму. На самом деле особый упор здесь на слово “ген”, и я сейчас объясню, почему. Один из камней преткновения в рамках дарвинизма связан с той единицей, с которой, по сути, работает естественный отбор, то есть с тем, что именно выживает (или не выживает) в результате такого отбора. Эта единица неизбежно будет более или менее “эгоистичной”. На других уровнях отбор вполне может благоприятствовать альтруизму. Работает ли отбор непосредственно с видами? Если да, мы могли бы ожидать от отдельных организмов альтруистичного поведения “на благо вида”. Они могли бы ограничивать свою рождаемость во избежание перенаселения или сдерживать активность хищничества для охраны поголовья жертв, составляющих кормовую базу их вида. Именно такое – широко распространенное – превратное понимание дарвинизма и послужило первоначальным стимулом для написания этой книги.

Или же естественный отбор, как я настаиваю здесь, непосредственно работает все-таки с генами? Если так, то нас не должны удивлять случаи, когда отдельные организмы ведут себя альтруистично “на благо генов”, например снабжая пищей и защищая своих родственников, которые, скорее всего, обладают общими с ними копиями одних и тех же генов. Эгоизм генов может преобразовываться в альтруизм организмов только за счет альтруизма в отношении близких родственников. В этой книге объясняется суть данного преобразования, а также взаимной выгоды – другого важнейшего генератора альтруизма согласно дарвиновской эволюционной теории. Если бы мне довелось переписать эту книгу, запоздало сделавшись приверженцем “принципа гандикапа” Захави – Графена, я уделил бы в ней внимание также тем представлениям Амоца Захави, согласно которым альтруистические жертвы могут быть чем-то вроде показателя превосходства, подобного раздаче подарков на индийском празднике Потлач: “Видишь, как велико мое превосходство над тобой – я даже могу тебе кое-что пожертвовать!”

Мне бы хотелось еще раз повторить и подробнее изложить основания для использования в названии этой книги слова “эгоистичный”. Главный вопрос здесь в том, какой именно уровень иерархии жизни оказывается неизбежно “эгоистичным”, то есть подверженным непосредственному действию естественного отбора. Должны ли мы наблюдать эгоистичные виды? Эгоистичные группы особей? Эгоистичные организмы? Или эгоистичные экосистемы? Большинство перечисленных вариантов ответа можно как-то обосновать, и у большинства из них были свои сторонники, опрометчиво полагавшие какие-то из этих вариантов правильным ответом. Но они ошибались. Если считать, что основную идею дарвинизма можно лаконично выразить как “эгоистичное *что-то*”, этим *чем-то* оказывается именно ген, и основания для этого вывода я и излагаю в своей книге. Независимо от того, убедят ли вас мои аргументы, именно по этой причине я и дал книге ее название.

Надеюсь, сказанного достаточно, чтобы развеять наиболее серьезные заблуждения, связанные с этой книгой. Тем не менее я должен признать, что мне самому доводилось допускать в данной области ошибки. Особенно это касается первой главы, где содержится, в частности, такое характерное предложение: “Давайте попробуем *учить* щедрости и альтруизму, ибо мы рождаемся эгоистами”. В идее “учить щедрости и альтруизму” нет ничего неправильного, но утверждение “мы рождаемся эгоистами” может ввести читателя в заблуждение. Появление этого тезиса отчасти связано с тем, что я только в 1978 году начал отчетливо представлять себе разницу между *носителями* (обычно организмами) и *ездящими* в них *репликаторами* (в нашем случае – генами; этот вопрос подробно обсуждается в главе 13, добавленной во втором издании). Читая эту книгу, пожалуйста, мысленно вычеркивайте приведенное выше неудачное предложение и другие ему подобные и заменяйте их чем-то соответствующим мыслям, изложенным в данном абзаце.

Учитывая опасность ошибок подобного рода, теперь я хорошо понимаю, как можно превратно понять название этой книги, и уже поэтому мне, наверное, стоило остановиться на варианте “Бессмертный ген”. Еще одним возможным вариантом был бы “Альтруистичный носитель”. Быть может, такое название и показалось бы слишком непонятным, но оно, во всяком случае, разрешало бы ненужный спор о том, ген или организм является единицей естественного отбора (проблема, до последних дней привлекавшая внимание покойного Эрнста Майра). Естественный отбор работает с двумя разновидностями единиц, и спорить здесь на самом деле не о чем. Ген является единицей отбора как репликатор. Организм является единицей отбора как носитель. И то, и другое важно. Ни то, ни другое не следует сбрасывать со счетов. Ген и организм представляют собой две совершенно особые разновидности единиц, и пока мы не оценим разницу между ними, мы неизбежно будем пребывать в прискорбном заблуждении.

Еще одной неплохой альтернативой заглавию “Эгоистичный ген” был бы “Отзывчивый ген” (*The Cooperative Gene*). Это название может показаться парадоксально противоположным по смыслу, но в одном из ключевых разделов книги я доказываю, что эгоистичным генам свойственна своего рода отзывчивость и склонность к сотрудничеству. Следует подчеркнуть, что это отнюдь не означает процветания групп генов в ущерб отдельным членам таких групп или в ущерб другим подобным группам. Здесь предполагается лишь, что всякий ген действует в собственных интересах на фоне других генов генофонда – набора претендентов на половое перемешивание в пределах вида. Эти другие гены входят в состав среды, в которой выживает каждый ген, точно так же, как в ее состав входят погодные условия, хищники и жертвы, растительность и почвенные бактерии. С точки зрения каждого гена “фоновыми” генами будут те, которые делят с ним общие организмы на своем пути к новым поколениям носителей. В долгосрочной перспективе это означает все другие гены в генофонде вида. Поэтому естественный отбор неизменно благоприятствует всем членам группировок взаимно совместимых генов (то есть в каком-то смысле отзывчивых по отношению друг к другу), когда подобные гены оказываются вместе. Такая эволюция отзывчивых генов ни в коем случае не нарушает фундаментального принципа эгоистичного гена. В главе 5 я разрабатываю эту идею, пользуясь аналогией с командой гребцов, а в главе 13 еще развиваю ее.

Принимая во внимание, что естественный отбор эгоистичных генов склонен благоприятствовать сотрудничеству между ними, следует также признать, что бывают и такие гены, которые ничем подобным не занимаются и работают против интересов остального генома. Одни авторы называли их беззаконными генами, другие – ультраэгоистичными, третьи – просто эгоистичными, неправильно понимая тонкую разницу между ними и теми генами, что действуют в собственных интересах совместно, образуя картели. Примеры ультраэгоистичных генов включают описанные в этой книге гены мейотического драйва и “паразитическую ДНК”, концепция которой была впоследствии разработана рядом авторов под популярным названием “эгоистичная ДНК”. Годы, последовавшие за первой публикацией этой книги, ознаменовались находками все более причудливых примеров ультраэгоистичных генов.

“Эгоистичный ген” критиковали за антропоморфную персонификацию, что тоже требует разъяснений, если не извинений. Я использую два уровня персонификации: генный и организменный. На самом деле с персонификацией генов не должно возникать никаких проблем, потому что ни одному человеку в здравом уме не придет в голову, будто молекулы ДНК обладают индивидуальным сознанием, и ни один вменяемый читатель не станет приписывать автору подобный бред. Однажды мне посчастливилось услышать рассказ классика молекулярной биологии Жака Моно о роли творчества в науке. Я не запомнил в точности его слов, но их смысл состоял в том, что обдумывая некую химическую проблему, он задается вопросом, что бы он делал, если был бы электроном. Питер Аткинс в своей замечательной

книге “Еще раз о сотворении” прибегает к похожей персонификации, обсуждая преломление луча света, проходящего сквозь среду с более высоким коэффициентом преломления, вызывающую его замедление. Луч при этом ведет себя так, будто пытается минимизировать время, требуемое для достижения конечной точки. Аткинс представляет его себе как спасателя на пляже, спешащего на помощь утопающему. Следует ли ему бежать прямо по направлению к утопающему? Нет, потому что бежать быстрее, чем плыть, и разумно несколько увеличить долю времени, в течение которого спасатель будет передвигаться по суше. Следует ли ему добежать до точки на берегу, расположенной непосредственно напротив цели, тем самым сведя к минимуму время передвижения по воде? Это будет лучше, но тоже не идеально. Если бы у спасателя было время провести расчеты, он мог бы найти оптимальный промежуточный угол, дающий наилучшее сочетание быстрого бега и последующего неизбежно более медленного плавания. Аткинс подытоживает:

В точности так же ведет себя и свет, проходящий через более плотную среду. Но откуда свет знает (причем, судя по всему, заранее), какой путь займет меньше всего времени? И если уж на то пошло, какое ему до этого дело?

На эти вопросы Аткинс дает интереснейшие развернутые ответы, черпая вдохновение в квантовой теории.

Персонификация такого рода – не просто своеобразный дидактический прием. Иногда она также помогает ученым находить правильные ответы на интересующие их вопросы, избегая искушения допустить неочевидную ошибку. Этот прием можно применять, например, к расчетам эволюционной выгоды альтруизма и эгоизма, отзывчивости и враждебности. Здесь очень легко сбиться и получить неправильный ответ. Персонификация генов, если пользоваться ею с должным вниманием и осторожностью, нередко оказывается кратчайшим путем к спасению дарвиниста-теоретика, утопающего в путанице собственных мыслей. Пытаясь соблюдать осторожность, я в то же время вдохновлялся примером Уильяма Д. Гамильтона. В своей статье, вышедшей в 1972 году (в тот самый год, когда я начал “Эгоистичный ген”), Гамильтон писал:

Естественный отбор благоприятствует тому или иному гену, если совокупность копий этого гена составляет увеличивающуюся долю всего генофонда. Нас здесь будут интересовать гены, предположительно влияющие на социальное поведение своих носителей, поэтому давайте попробуем оживить их обсуждение, приписав им (временно) обладание интеллектом и некоторой свободой выбора. Представьте себе, что такой ген раздумывает, как бы ему увеличить число своих копий, и представьте, что он может выбирать...

Именно в таком духе и следует воспринимать значительную часть “Эгоистичного гена”.

С персонификацией организмов могут возникнуть более серьезные неприятности. Дело в том, что у организмов, в отличие от генов, есть мозги, и поэтому у них действительно могут быть эгоистичные или альтруистичные мотивы в некотором субъективном смысле, который мы будем готовы принять. Если книга называется, например, “Эгоистичный лев”, она вполне может сбить читателей с толку, чего не должно случиться с читателями “Эгоистичного гена”. Точно так же, как можно мысленно поставить себя на место воображаемого луча, разумно выбирающего оптимальный путь для прохождения ряда линз и призм, или воображаемого гена, выбирающего оптимальный путь для прохождения ряда поколений, можно предположить и существование отдельной львицы, рассчитывающей оптимальную поведенческую стратегию для выживания ее генов в долгосрочной перспективе. Первым

даром Гамильтона науке биологии был точный математический аппарат, который настоящему дарвиновскому организму, например льву, в сущности, пришлось бы применять, принимая решения, направленные на максимальное повышение длительных перспектив выживания своих генов. В этой книге я пользовался нестрогими словесными эквивалентами таких расчетов и делал это на двух разных уровнях.

В следующем отрывке из главы 8 мы одним махом переходим с одного из этих уровней на другой:

Мы рассматривали условия, при которых матери может быть выгодно гибель слабого детеныша. Интуитивно можно предполагать, что сам он должен бороться до конца, но с теоретической точки зрения это необязательно. Как только такой детеныш становится слишком маленьким и слабым, так что его ожидаемая продолжительность жизни снижается до уровня, при котором извлекаемая им из родительского вклада польза составляет менее половины того, что потенциально могли бы извлечь из этого вклада другие детеныши, слабосильный детеныш должен с достоинством умереть. При этом он обеспечит своим генам максимальный выигрыш.

Это самоанализ на уровне отдельного организма. Предполагается здесь не то, что детеныш выбирает, что доставит ему удовольствие, что будет ему приятно, а то, что отдельные организмы, населяющие дарвиновский мир, проводят расчеты “а что если”, выбирая наилучшую для своих генов стратегию. Эта мысль недвусмысленно высказана ниже в том же абзаце, где совершается быстрый переход к персонификации на генном уровне:

Иными словами, ген, дающий инструкцию: “Тело! Если ты гораздо мельче, чем другие члены одного с тобой помета, откажись от борьбы и умри”, может добиться успеха в генофонде, потому что его шансы попасть в тело каждого спасенного брата или сестры равны 50 %, тогда как шансы выжить, находясь в теле слабосильного детеныша, в любом случае весьма незначительны.

После этого мы возвращаемся к самоанализу нашего детеныша:

В жизни каждого слабого детеныша есть момент, после которого пути назад уже нет. До наступления этого момента он должен продолжать борьбу, а затем отказаться от нее и – что было бы лучше всего – позволить своим собратьям или родителям съесть себя.

Я вполне уверен, что эти два уровня персонификации не должны сбивать с толку, если читать книгу полностью и учитывать контекст. Корректно проводя на обоих уровнях расчеты “а что если”, мы неизбежно придем к одному и тому же выводу. Собственно, по этому критерию и можно судить о корректности таких расчетов. Итак, я не думаю, что решил бы отказаться от персонификации, если бы мне пришлось сейчас писать книгу заново.

Но одно дело – отказаться от написанного, и совсем другое – забыть прочитанное. Что, например, делать со следующим приговором, вынесенным одним читателем из Австралии?

Интереснейшая книга, но порой я жалею, что не могу забыть прочитанное в ней... На каком-то уровне я могу прочувствовать то восхищение, которое у Докинза с такой очевидностью вызывают механизмы работы столь сложных процессов... Но в то же время я склонен во многом винить “Эгоистичный ген” за ряд приступов депрессии, от которых я страдал последние десять с лишним лет... Я никогда не был уверен в своем духовном взгляде на жизнь, но пытался найти нечто более глубокое – пытался верить,

хотя это и плохо у меня получалось. Но после прочтения этой книги все мои смутные размышления о религии как ветром сдуло, и они уже никак не могли сформироваться в нечто более цельное. Несколько лет назад это вызвало у меня тяжелый личностный кризис.

Я уже упоминал пару похожих читательских откликов:

Один иностранный издатель моей первой книги признался мне, что по прочтении ее он три ночи подряд не мог заснуть, так встревожила его холодная, мрачная мораль, якобы содержащаяся в ней. Другие читатели спрашивали меня, как мне удастся находить в себе силы вставать по утрам. Школьный учитель из одной далекой страны с укоризной писал мне, что одна из его учениц, прочитав книгу, пришла к нему в слезах, оттого что мое сочинение убедило ее в пустоте и бесцельности жизни. Он советовал ей не показывать книгу друзьям, опасаясь, что и они заразятся тем же нигилистическим пессимизмом (“Расплетая радугу”).

Если нечто – правда, то с этим ничего не поделаешь, сколько бы мы ни силились выдавать желаемое за действительное. Вот первое, что я могу сказать. Есть и второе, почти столь же важное. После этих строк я написал:

У нас есть все основания полагать, что в конечной судьбе мироздания действительно нет никакой цели, но разве хоть кто-нибудь из нас связывает надежды собственной жизни с конечной судьбой мироздания? Разумеется нет, по крайней мере если мы в своем уме. Жизнью каждого из нас управляет масса всевозможных, чисто человеческих устремлений и представлений, намного более близких и сердечных. Обвинение науки в том, что она якобы отнимает у жизни ту сердечность, ради которой стоит жить, столь нелепо и ошибочно, столь диаметрально противоположно моим собственным чувствам и чувствам большинства действующих ученых, что едва не повергает меня в отчаяние, в котором меня напрасно подозревают.

Похожую склонность казнить гонца демонстрируют и другие критики, возражающие против тех нехороших социальных, политических или экономических выводов, которые, по их мнению, следуют из “Эгоистичного гена”. В 1979 году, вскоре после первых выборов, выигранных Маргарет Тэтчер, мой друг Стивен Роуз в журнале “Нью сайентист” написал:

Я не хочу сказать, что рекламное агентство “Саатчи и Саатчи” привлекло команду социобиологов в качестве спичрайтеров Тэтчер, и не хочу даже сказать, что некоторые оксфордские и сассекские преподаватели порадовались тому практическому приложению, которое нашли проповедуемые ими простые истины генетического эгоизма. Дело с совпадением модной теории и политических событий обстоит намного сложнее. Однако я действительно полагаю, что когда будет написана история произошедшего в 70-х годах XX века сдвига вправо – от законности и правопорядка к монетаризму и (не столь последовательным) нападкам на этатизм, – то сопутствующие сдвиги в научной моде, хотя бы от моделей группового отбора к моделям кин-отбора в эволюционной теории, будут восприниматься как часть той волны, на которой пришли к власти тэтчеристы с их концепцией неизменной, состязательной и ксенофобской викторианской природы человека.

Под “сассекским преподавателем” подразумевался ныне покойный Джон Мейнард Смит, высоко ценимый и Роузом, и мной, ответивший на это в характерном для него стиле в

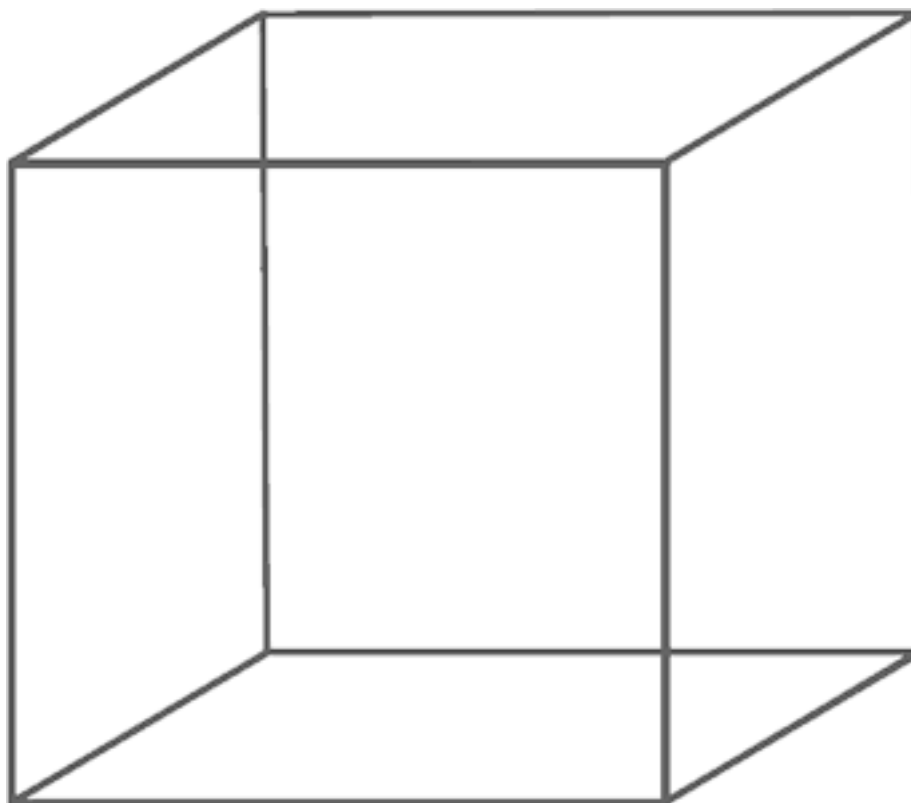
письме, опубликованном в том же журнале: “А что нам было делать? Подогнать уравнения под другой ответ?” Основная мораль “Эгоистичного гена” содержит мысль (отстаиваемую также в заглавном очерке сборника “Капеллан дьявола”) о том, что нам вовсе не следует черпать свои ценности из дарвинизма, разве что делать это с обратным знаком. Эволюция нашего мозга достигла уровня, позволяющего нам восстать против тирании своих эгоистичных генов. Эта наша способность с очевидностью проявляется, например, в использовании противозачаточных средств. Тот же принцип может и должен работать в более широком масштабе.

Предисловие ко второму изданию (1989)

За двенадцать лет, прошедших после выхода в свет “Эгоистичного гена”, главная идея книги стала общепринятой и вошла в учебники. Это парадоксально, хотя парадоксальность и не бросается в глаза. Книга не принадлежит к числу тех, которые вначале терпели лишь поношение, а затем постепенно приобретали все больше и больше сторонников, пока в конечном счете не оказались столь ортодоксальными, что теперь мы только удивляемся, чем, собственно, был вызван переполох. Происходило как раз обратное. На первых порах рецензии радовали своей благожелательностью и книгу не считали спорной. Репутация вздорной созревала на протяжении многих лет, и лишь теперь к книге стали относиться как к произведению экстремистскому. Однако именно в те годы, когда за книгой все более закреплялась репутация экстремистской, ее фактическое содержание все менее казалось таковым, приближаясь к общепринятым взглядам.

Теория эгоистичного гена – это теория Дарвина, сформулированная иным способом, чем это сделал Дарвин, но, как мне хотелось бы думать, Дарвин сразу признал бы ее уместность, и она ему понравилась бы. Это, в сущности, логический продукт ортодоксального неodarвинизма, выраженный по-новому. В центре внимания находится не отдельный организм, а взгляд на природу с точки зрения гена. Это иное видение, а не иная теория. На первых страницах моего “Расширенного фенотипа” я объяснил это, воспользовавшись метафорой куба Неккера.

Перед вами плоский рисунок, сделанный чернилами на бумаге, но он воспринимается как прозрачный трехмерный кубик. Посмотрите на него в течение нескольких секунд, и вам покажется, что вперед выступает задняя грань. Продолжайте смотреть, и вновь вернется прежнее впечатление. Оба кубика одинаково соответствуют двумерной информации, поступающей на сетчатку, а в мозгу благополучно возникает то одно, то другое изображение. Ни одно из них нельзя считать более правильным, чем другое. На этом примере я хотел показать, что на естественный отбор можно смотреть с двух разных точек зрения – с точки зрения гена и с точки зрения индивидуума. При правильном понимании они равноценны; это два взгляда на одну и ту же истину. Можно перескакивать с одного на другое, но это будет все тот же неodarвинизм.



Теперь такая метафора кажется мне слишком робкой. Нередко самый ценный вклад ученого заключается не в выдвижении новой теории или обнаружении какого-то нового факта, а в новом взгляде на уже существующие теории или известные факты. Модель куба Неккера вводит в заблуждение, поскольку позволяет считать, что оба наши восприятия одинаково верны. Конечно, метафора эта отчасти правомерна: “углы”, в отличие от теорий, не поддаются проверке экспериментом. Мы не можем прибегнуть к привычным критериям, позволяющим установить истинность или ложность. Однако изменение подхода может в случае удачи подарить нечто большее, чем просто теорию. Оно может создать особую атмосферу мышления, в которой зародится много увлекательных, поддающихся проверке теорий и обнаружатся факты, которые нельзя было даже вообразить. Все это совершенно выходит за пределы метафоры с кубом Неккера. Она ухватывается за идею перескока зрительного восприятия, но оказывается не в состоянии отдать должное ее значению. То, о чем мы толкуем, это не перескок к равноценному взгляду, а – в крайних случаях – преобразование.

Я спешу сказать, что мой собственный скромный вклад отнюдь не претендует на такой статус. Тем не менее именно поэтому я предпочитаю не проводить четкой границы между наукой и ее популяризацией. Излагать идеи, которые до того рассматривались только в специальной литературе, – искусство нелегкое. Оно требует глубоко продуманных “перекручиваний” привычного языка и ярких наглядных метафор. Зайдя в обновление языка и метафор достаточно далеко, можно в конечном счете обрести новый взгляд на вещи. А новый взгляд, как я только что говорил, может сам по себе оказаться оригинальным вкладом в науку. Эйнштейн был неплохим популяризатором, и мне приходит в голову, что его яркие метафоры помогли не только нам, простым смертным. Не подпитывали ли они также его творческий гений?

Взгляд на дарвинизм с точки зрения гена просматривается уже в работах Рональда Э. Фишера и других великих создателей неodarвинизма начала 30-х годов, но лишь в 60-е годы он был четко сформулирован Уильямом Д. Гамильтоном и Джорджем К. Уильямсом. Мне их проницательность казалась чем-то фантастическим. Однако я считал, что они

излагают свои представления слишком лаконично и недостаточно решительно. Я был убежден, что более полное и подробное изложение могло бы расставить все, относящееся к живому, по своим местам – как в сердце, так и в мозгу. Я хотел написать книгу, превозносящую взгляд на эволюцию с точки зрения гена. Приводимые в ней примеры я собирался черпать из области социального поведения, что помогло бы исправить бессознательную приверженность к теории группового отбора, которой в то время были пропитаны изложения дарвинизма. Я начал писать эту книгу в 1972 году, когда мне пришлось прервать свои лабораторные исследования вследствие перебоев с электроэнергией, вызванных забастовками. К моему сожалению, после написания двух глав перебои прекратились и я забросил свой проект, пока не получил в 1975 году годичный отпуск для научной работы. Тем временем неodarвинизм развивался, особенно благодаря работам Джона Мейнарда Смита и Роберта Триверса. Теперь я понимаю, что это был один из тех загадочных периодов, когда новые идеи носятся в воздухе. Я писал “Эгоистичный ген” в состоянии какого-то лихорадочного возбуждения.

Когда издательство “Оксфорд юниверсити пресс” предложило мне выпустить книгу вторым изданием, оно настаивало, чтобы я отказался от обычного последовательного пересмотра всего текста, страница за страницей. По их мнению, есть книги, явно обреченные на целый ряд переизданий, но “Эгоистичный ген” не относится к их числу. Первое издание позаимствовало от эпохи, в которую книга была написана, юношеский пыл. В мире повело революцией, вспышкой блаженной вордсвортовской зари. Казалось обидным подвергать переделкам дитя тех времен, откармливать его новыми данными или заставлять морщиться от всяких усложнений и оговорок. Так что было решено сохранить первоначальный текст со всеми его огрехами, сексистскими местоимениями и прочими недостатками. Все исправления, ответы на замечания и новые данные помещены в конце книги. Решено было также написать две совершенно новые главы на темы, которые, будучи новыми уже для своего времени, продолжали бы создавать атмосферу зарождающейся революции. Так возникли главы 12 и 13. При этом я черпал вдохновение в двух книгах, особенно волновавших меня в годы, разделяющие два издания: это “Эволюция кооперации” Роберта Аксельрода, поскольку она дает нам некую надежду на наше будущее, и моя собственная книга “Расширенный фенотип”, потому что она всецело владела мной все эти годы и потому что – хотите верьте, хотите нет – это, вероятно, лучшее из того, что я написал и напишу.

Заглавие “Хорошие парни финишируют первыми” я позаимствовал у телепрограммы “Горизонт”, которую представлял на Би-би-си в 1985 году. Это был 50-минутный документальный фильм Джереми Тейлора, посвященный эволюции сотрудничества в свете теории игр. Создание этого фильма, а также другого фильма Тейлора, “Слепой часовщик”, вызвало во мне новый прилив уважения к его профессии. Режиссеры, готовящие программу “Горизонт” (некоторые из их программ показывают в Америке, нередко под рубрикой “Нова”), иногда становятся высококвалифицированными экспертами по освещаемой ими теме. Работе с Джереми Тейлором и с группой, выпускающей “Горизонт”, глава 12 обязана не только своим названием, но и многим другим, за что я им очень признателен.

Недавно мне стало известно одно неприятное обстоятельство: некоторые влиятельные ученые имеют привычку ставить свое имя на печатных трудах, в создании которых они не участвовали. По-видимому, кое-кто из крупных ученых претендует на соавторство, даже если вся их роль сводится к предоставлению рабочего места, денежной субсидии и прочтению готовой рукописи. В таком случае возможно, что репутация некоторых ученых целиком основана на работах их учеников и коллег! Я не знаю, что можно противопоставить такой бесчестности. Быть может, редакторы журналов должны требовать подписанных авторами справок об участии каждого из них в представленной работе. Но все это между прочим. Я поднял этот вопрос с прямо противоположным намерением. Елена Кронин сделала так

много для улучшения каждой строки, более того – каждого слова, что ее следовало бы, не будь она столь непреклонной, указать как соавтора всех новых частей книги. Я глубоко благодарен ей и сожалею, что должен ограничить свою признательность лишь этим. Я благодарю также Марка Ридли, Мэриан Докинз и Алана Графена за их советы и конструктивную критику отдельных разделов, а Томаса Уэбстера, Хилари Мак-Глинн и других сотрудников “Оксфорд юниверсити пресс” за то, как бодро они сносили мои капризы и нарушения сроков.

Предисловие к первому изданию (1976)

Эту книгу следует читать почти так, как если бы это была научная фантастика. Она задумана с целью поразить воображение. Но это не научная фантастика, это наука. Мое отношение к правде точно выражает избитая фраза “превосходит самую смелую фантазию”. Мы всего лишь машины для выживания, самоходные транспортные средства, слепо запрограммированные на сохранение эгоистичных молекул, известных под названием генов. Это истина, которая все еще продолжает изумлять меня. Несмотря на то, что она известна мне уже не один год, я никак не могу к ней привыкнуть. Хочется надеяться, что мне хотя бы удастся привести в изумление других.

Я посвящаю эту книгу трем воображаемым читателям, которые стояли за моей спиной, когда я ее писал, и заглядывали в рукопись. Один из них – это рядовой читатель, то есть непрофессионал. Помня о нем, я почти не прибегал к научному жаргону, а в тех случаях, когда все же приходилось пользоваться специальными терминами, приводил их определения. Мне теперь кажется, что следовало бы по возможности изгонять жаргон и из научных журналов. Я исходил из допущения, что мой непрофессионал не обладает специальными знаниями, но не считал его глупым. Всякий может популярно изложить научную проблему, чересчур упростив ее. Я затратил немало усилий, стараясь представить в доступной форме некоторые сложные и хитроумные проблемы, не прибегая к языку метафизики, но и не в ущерб существу дела. Не знаю, в какой мере я в этом преуспел, так же как не знаю, удалось ли мне достичь другой своей цели – сделать книгу такой интересной и увлекательной, как того заслуживает ее тема. Я давно уже чувствую, что биология должна увлекать не меньше, чем какая-нибудь таинственная история, потому что она и есть некая таинственная история. Я не смею надеяться, что подарил читателю больше, чем крошечную долю того восторга, который способна вызвать тема книги.

Другим моим воображаемым читателем был специалист. Он был настроен резко критически, охая и вздыхая при некоторых моих аналогиях и оборотах речи. Его любимыми выражениями были: “за исключением того-то”, “однако с другой стороны” и “уф”. Я внимательно выслушивал все это и даже, в угоду ему, нацело переписал одну главу, но в конце концов мне пришлось вести рассказ по-своему. Специалист, вероятно, будет не очень-то доволен моей манерой изложения. Тем не менее мне хочется надеяться, что даже он найдет в книге что-то новое, новый подход к хорошо знакомым представлениям; а вдруг она даже натолкнет его на какие-то новые идеи. А если все это слишком самонадеянно, то, быть может, она просто развлечет его в дороге.

Мой третий читатель – студент, то есть тот, кто находится в процессе превращения из обыкновенного человека в специалиста. Если он еще не решил, в какой области биологии ему специализироваться, я надеюсь, что под влиянием этой книги у него возникнет желание поближе ознакомиться с выбранной мною областью – зоологией. Заниматься ею стоит не только потому, что она может быть “полезной” и что животные, в общем, существа “симпатичные”. Есть и другая, более серьезная причина: животные, к которым принадлежим и мы с вами, – это самые сложные и совершенные механизмы из всех известных нам во Вселенной. При такой постановке вопроса трудно понять, как человек может изучать что-то другое! Студенту, уже решившему посвятить себя зоологии, моя книга, надеюсь, окажет известную помощь. Ему непременно придется прорабатывать оригинальные статьи и научные монографии, на которых она основана. Если оригинальные источники покажутся ему трудными для усвоения, мое изложение может облегчить задачу в качестве вводного и вспомогательного пособия.

Совершенно очевидно, что попытка привлечь столь разных читателей сопряжена с определенными опасностями. Могу лишь сказать, что я хорошо сознавал эти опасности, но мне кажется, что положительные стороны такой попытки перевешивают их.

Я этолог, и книга эта посвящена поведению животных. Я многим обязан этологическим традициям, в которых был воспитан. Так, Николас Тинберген не представляет себе, сколь большое влияние оказывал он на меня на протяжении тех двенадцати лет, когда я работал под его руководством в Оксфорде. Слова “машина выживания”, хотя он их и не произносил, вполне могли принадлежать ему. Но этология недавно получила новый стимул, пополнившись идеями из источников, которые не принято считать этологическими. Книга в значительной степени основана на этих новых идеях. Их авторам, среди которых следует прежде всего назвать Дж. К. Уильямса, Дж. Мейнарда Смита, У. Д. Гамильтона и Р. Триверса, я отдаю должное в соответствующих разделах.

Разные люди предлагали для книги названия, которые я с благодарностью использовал для отдельных глав: “Бессмертные спирали” – Джон Кребс, “Генная машина” – Десмонд Моррис, “Генное братство” – Тим Клаттон-Брок и Джин Докинз независимо друг от друга, с извинениями в адрес Стивена Поттера.

Мы можем обращаться к воображаемым читателям со своими благочестивыми надеждами и притязаниями, но пользы от них меньше, чем от реальных читателей и критиков. Я отчаянный приверженец проверок, и Мэриан Докинз пришлось читать несчетное множество черновиков и новых вариантов каждой страницы. Ее широкое знакомство с биологической литературой и понимание теоретических вопросов, а также постоянное воодушевление и моральная поддержка имели для меня очень большое значение. Джон Кребс также прочитал всю книгу в первой редакции. Он знает предмет лучше, чем я, и был безгранично щедр в своих советах и предложениях. Гленис Томсон и Уолтер Бодмер подвергли доброжелательной, но строгой критике мое изложение генетических проблем. Я опасаюсь, что даже пересмотренный текст все еще не вполне удовлетворит их, однако надеюсь, что он покажется им более приемлемым. Я очень благодарен им за потраченное время и за терпение. Джон Докинз зорким глазом выявил все места, изложенные недостаточно ясно, и высказал чрезвычайно конструктивные предложения по их переделке. Я не мог бы пожелать себе более подходящего “интеллигентного неспециалиста”, чем Максвелл Стэмп. Его проницательность, позволившая ему заметить существенный общий недостаток в стиле изложения первого варианта книги, принесла большую пользу окончательному тексту. Конструктивные критические замечания по отдельным главам и другие ценные советы я получил от Джона Мейнарда Смита, Десмонда Морриса, Тома Машлера, Пика Блертона Джонса, Сары Кеттлуэлл, Ника Хамфри, Тима Клаттон-Брока, Луизы Джонсон, Кристофера Грэма, Джефа Паркера и Роберта Триверса. Пат Серл и Стефани Верхувен не только тщательно перепечатавали рукопись, но и воодушевляли меня, делая вид, что это доставляет им удовольствие. Наконец, я хочу поблагодарить Майкла Роджерса из “Оксфорд юниверсити пресс”, который не только сделал полезные критические замечания по рукописи, но и участвовал во всех процессах, связанных с изданием книги, что выходило далеко за пределы его обязанностей.

Глава 1. Для чего мы живем?

Разумная жизнь на той или иной планете достигает зрелости, когда ее носители впервые постигают смысл собственного существования. Если высшие существа из космоса когда-либо посетят Землю, первым вопросом, которым они зададутся, с тем чтобы установить уровень нашей цивилизации, будет: “Удалось ли им уже открыть эволюцию?”. Живые организмы существовали на Земле, не зная для чего, более трех тысяч миллионов лет, прежде чем истина осенила, наконец, одного из них. Это был Чарльз Дарвин. Справедливости ради следует сказать, что крупницы истины открывались и другим, но лишь Дарвин впервые связно и логично изложил, для чего мы существуем. Дарвин дал нам возможность разумно ответить на вопрос любознательного ребенка, вынесенный в название этой главы. Нам теперь нет нужды обращаться к суевериям, когда мы сталкиваемся с извечными проблемами: существует ли смысл жизни? для чего мы живем? что есть человек? Задав последний из этих вопросов, знаменитый зоолог Джордж Г. Симпсон заявил: “Я хочу... подчеркнуть, что все попытки ответить на этот вопрос, предпринимавшиеся до 1859 года, ничего не стоят и что нам лучше совсем не принимать их во внимание”².

В наши дни теория эволюции вызывает примерно столько же сомнений, сколько теория о вращении Земли вокруг Солнца, но мы еще не вполне осознали все значение совершенной Дарвином революции. Зоологией в университетах продолжают заниматься лишь немногие, и даже те, кто выбирает ее своей специальностью, нередко принимают такое решение, не задумываясь над ее глубоким философским смыслом. Философию и предметы, известные под названием “гуманитарных”, по-прежнему преподают так, как если бы Дарвина никогда не было на свете. Со временем такое положение вещей несомненно изменится. Эта книга не ставит своей целью пропаганду дарвинизма вообще. В ней будут рассмотрены последствия эволюционной теории для одной частной темы. Моя цель – изучение биологии эгоизма и альтруизма.

Помимо чисто академического интереса, эта тема безусловно важна для самого человека. Она затрагивает все аспекты его социальной жизни, любовь и ненависть, борьбу и сотрудничество, благотворительность и воровство, жадность и щедрость. На все это могли бы претендовать книги Лоренца “Агрессия”, Ардри “Общественный договор” и Эйбл-Эйбесфельдт “Любовь и ненависть”. Беда этих книг состоит в том, что их авторы совершенно ошибочно представляют себе все эти проблемы, поскольку они не понимают, как происходит эволюция. Они принимают неверное допущение, что самое важное в эволюции – благополучие вида (или группы), а не благополучие индивидуума (или гена). Парадоксально, что Эшли Монтегю критикует Лоренца как “прямого потомка мыслителей XIX века с их представлениями о природе как о чудовище ‘с окровавленными клыками и когтями’”. Насколько я понимаю взгляды Лоренца на эволюцию, он должен быть совершенно заодно с Монтегю, отбрасывая возможные заключения, вытекающие из знаменитого высказывания Теннисона. В отличие от них обоих я считаю, что “природа с окровавленными клыками и когтями” как нельзя лучше выражает наши современные представления о естественном отборе.

² Некоторые люди, даже среди неверующих, были оскорблены этой цитатой из Симпсона. Я согласен, что при первом чтении она звучит грубовато и несколько безапелляционно, вроде высказывания Генри Форда: “История – это более или менее чепуха”. Но, не касаясь ответов, которые дает религия (мне они известны; не тратьте попусту почтовые марки), когда вам приходится задуматься над додарвиновскими ответами на такие вопросы, как “Что есть человек?”, “...ть хоть какие-нибудь высказывания, не потерявшие в наши дни всякий смысл, если и не считать (значительного) исторического интереса? Ведь существуют же на свете совершенно неверные представления, и именно к их числу относятся все ответы, дававшиеся на эти вопросы до 1859 года.

Прежде чем начать свое изложение, я хочу вкратце разъяснить, что это за книга, а также предупредить, чего от нее ожидать не следует. Если нам скажут о ком-то, что этот человек прожил долгую и благополучную жизнь среди чикагских гангстеров, мы вправе сделать некоторые предположения о том, какой это человек. Можно предположить, что это человек крутой, всегда готовый пустить в ход оружие и способный обзаводиться преданными друзьями. Нельзя рассчитывать на то, что такие дедукции окажутся безошибочными, но зная кое-что об условиях, в которых данный человек жил и преуспевал, вы в состоянии вывести некоторые заключения о его характере. Основной тезис этой книги состоит в том, что человек и все другие животные представляют собой машины, создаваемые генами. Подобно удачливым чикагским гангстерам, наши гены сумели выжить в мире, где царит жесточайшая конкуренция. Это дает нам право ожидать наличия у наших генов определенных качеств. Я утверждаю, что преобладающим качеством преуспевающего гена должен быть безжалостный эгоизм. Генный эгоизм обычно дает начало эгоистичности в поведении индивидуума. Однако, как мы увидим в дальнейшем, при некоторых особых обстоятельствах ген способен лучше всего достигать собственных эгоистичных целей, поощряя ограниченную форму альтруизма на уровне индивидуальных животных. Слова “особые” и “ограниченная” в последней фразе имеют важное значение. Как бы нам ни хотелось верить, что все обстоит иначе, всеобщая любовь и благополучие вида как целого – концепции в эволюционном плане бессмысленные.

Это подводит меня к первому из нескольких предупреждений о том, чего читатель не найдет в этой книге. Я не проповедую в ней мораль, основанную на эволюции³. Я просто говорю о том, как происходила эволюция живых существ. Я не говорю о том, как мы, люди, должны были бы себя вести в нравственном плане. Я подчеркиваю это, потому что мне угро-

³ Некоторые критики ошибочно считают, что “Эгоистичный ген” проповедует эгоизм как нравственный принцип, которого мы должны придерживаться в жизни! Другие (возможно, потому, что они прочитали только заглавие книги или не пошли дальше первых двух страниц) полагают, что, по моему мнению, эгоизм и другие скверные черты характера составляют неотъемлемую часть человеческого природы, нравятся нам это или нет. В эту ошибку легко впасть, если вы считаете (как, по-видимому, полагают непостижимым образом многие другие люди), что генетическая “детерминированность” дана нам навсегда, что она абсолютна и необратима. На самом же деле гены “детерминируют” поведение лишь в статистическом смысле. Хорошей аналогией этому служит широко распространенное мнение, что красный закат обещает ясную погоду на следующий день. Возможно, что по статистике красный закат действительно предвещает великолепную погоду завтра, но никто не станет заключать об этом пари на крупную сумму. Мы прекрасно знаем, что на погоду действует множество факторов – и притом очень сложными путями. Любое предсказание погоды подвержено ошибкам. Это всего лишь предсказание, опирающееся на статистику. Мы не считаем, что красные закаты бесспорно определяют хорошую погоду завтра, и точно так же не должны считать гены окончательными детерминантами чего бы то ни было. Нет никаких причин, чтобы влияние генов нельзя было повернуть в противоположную сторону с помощью других воздействий. “Генетический детерминизм” и причины возникновения недоразумений всесторонне рассмотрены в главе 2 моей книги “Расширенный фенотип” и в статье “Социобиология: новая буря в стакане воды”. Меня даже обвиняли в том, будто я считаю, что все люди по своей сути – чикагские гангстеры! Однако главное в моей аналогии с чикагским гангстером заключалось, конечно, в том, что зная кое-что о среде, в которой преуспел данный человек, вы получите известное представление о самом человеке. Это не имеет никакого отношения к особым качествам чикагских гангстеров. Я мог бы с таким же успехом провести аналогию с человеком, возглавившим англиканскую церковь или избранным в “Атенеум”. В любом случае объектом моей аналогии были не люди, а гены. Я обсуждал это, наряду с другими недоразумениями, вызванными чересчур буквальным восприятием, в статье “В защиту эгоистичных генов”, из которой и взята приведенная цитата. Должен добавить, что, перечитывая свою книгу в 1989 году, я испытывал некоторую неловкость от встречающихся в этой главе политических отступлений. Фраза “Сколько раз в недалеком прошлом надо было повторять это [о необходимости обуздать свою эгоистичную жадность, чтобы избежать уничтожения всей группы] английскому рабочему классу” звучит так, как если бы я был тори! В 1975 году, когда она была написана, лейбористское правительство, за которое я голосовал, отчаянно боролось против 23-процентной инфляции и, естественно, было обеспокоено требованиями повышения заработной платы. Мое замечание могло быть взято из речи любого лейбористского министра того времени. Теперь же, когда Англией управляют “новые правые”, которые возвели низость и эгоизм в статус идеологии, мои слова приобрели скверный оттенок, о чем я сожалею. Я не отказываюсь от своих слов. Эгоистичная недалекость не утратила нежелательных последствий, о которых я говорил. Однако сегодня в поисках примеров эгоистичной недалекости в Англии следовало бы обращаться прежде всего к рабочему классу. В сущности, вероятно, лучше всего было бы не отягощать научный труд политическими отступлениями, поскольку они удивительно быстро устаревают. Книжки склонных к политике ученых 30-х годов, например Джона Б. С. Холдейна и Ланселота Хогбена, сегодня в значительной степени проигрывают от содержащихся в них анахроничных колкостей.

жает опасность оказаться непонятым теми людьми, а их слишком много, кто не умеет отличить констатации положения дел от пропаганды того, как они должны были бы обстоять. Я понимаю, что жить в обществе, в основе которого лежит один лишь установленный геном закон всеобщего безжалостного эгоизма, было бы очень неприятно. Но, к несчастью, как бы мы ни сожалели о тех или иных обстоятельствах, этого недостаточно, чтобы устранить их. Главная цель этой книги – заинтересовать читателя, но если он извлечет из нее какую-то мораль, пусть примет ее как предостережение. Пусть он знает, что если, подобно мне, он стремится к созданию общества, члены которого великодушно и самоотверженно сотрудничают во имя общего блага, ему нечего рассчитывать на помощь со стороны биологической природы человека. Давайте попробуем *учить* щедрости и альтруизму, ибо мы рождаемся эгоистами. Осознаем, к чему стремятся наши собственные эгоистичные гены, и тогда у нас по крайней мере будет шанс нарушить их намерения – то, на что никогда не мог бы посягнуть ни один другой вид живых существ.

К этим замечаниям относительно обучения следует добавить, что представление о генетически унаследованных признаках как о чем-то постоянном и неизменном – это ошибка, кстати, очень распространенная. Наши гены могут приказывать нам быть эгоистичными, но мы вовсе не обязаны подчиняться им всю жизнь. Просто научиться альтруизму при этом может оказаться труднее, чем если бы мы были генетически запрограммированы на альтруизм. Человек – единственное живое существо, на которое преобладающее влияние оказывает культура, приобретенная в результате научения и передачи последующим поколениям. По мнению одних, роль культуры столь велика, что гены, эгоистичны они или нет, в сущности не имеют никакого значения для понимания человеческой природы. Другие с ними не согласны. Все зависит от вашей позиции в спорах о том, что определяет человеческие качества – наследственность или среда. Это подводит меня ко второму предупреждению о том, чем не является эта книга: она не выступает в роли защитника той или другой из сторон в споре “наследственность или среда”. Конечно, у меня имеется собственное мнение по этому вопросу, но здесь я его выскажу лишь в той мере, в какой оно связано с моими взглядами на культуру, излагаемыми в заключительной главе. Если действительно окажется, что гены не имеют никакого отношения к детерминированию поведения современного человека, если мы в самом деле отличаемся в этом отношении от всех остальных животных, тем не менее остается по крайней мере интересным исследовать правило, исключением из которого мы стали так недавно. А если вид *Homo sapiens* не столь исключителен, как нам хотелось бы думать, то изучить это правило тем более важно.

Третье предупреждение состоит в том, что книга не содержит подробного описания поведения человека или какого-либо другого конкретного вида животных. Детали поведения рассматриваются в ней только в качестве иллюстративных примеров. Я не буду говорить: “Наблюдая за поведением павианов, вы обнаружите, что они эгоистичны, поэтому существует вероятность, что поведение человека также эгоистично”. В своем примере с чикагским гангстером я рассуждаю совершенно иначе: человек и павиан эволюционировали под действием естественного отбора. Изучая образ действия естественного отбора, приходишь к выводу, что любое существо, эволюционировавшее под его давлением, должно быть эгоистичным. Поэтому следует ожидать, что, занявшись изучением поведения павианов, людей и всех других живых существ, мы обнаружим, что они эгоистичны. Если же наши ожидания окажутся ошибочными и мы увидим в поведении человека подлинный альтруизм, то это будет означать, что мы столкнулись с чем-то загадочным, с чем-то, требующим объяснения.

Прежде чем пойти дальше, следует дать одно определение. Некое существо, например павиан, называют альтруистичным, если оно своим поведением повышает благополучие другого такого же существа в ущерб собственному благополучию. Эгоистичное поведение приводит к прямо противоположному результату. “Благополучие” определяется как

“шанс на выживание”, даже если его влияние на перспективы фактической жизни и смерти так мало, что *кажется* пренебрежимым. Одно из неожиданных следствий современного варианта дарвиновской теории состоит в том, что, казалось бы, банальные и совершенно незначительные влияния на вероятность выживания могут иметь огромное эволюционное значение. Дело в том, что эти влияния оказывались на протяжении огромных промежутков времени, прежде чем они проявились.

Важно понять, что приведенные выше определения альтруизма и эгоизма не субъективны: они касаются *поведения*. Меня здесь не интересует психология побуждений. Я не собираюсь вступать в споры о том, “действительно” ли люди, совершающие альтруистичные поступки, делают это во имя тайных или подсознательных эгоистичных целей. Возможно, что у них есть такие цели, а может быть и нет, и мы никогда этого не узнаем, но во всяком случае моя книга не об этом. Мое определение касается лишь того, повышает или понижает *результат* данного действия шансы на выживание предполагаемого альтруиста и шансы на выживание предполагаемого благополучателя.

Продемонстрировать воздействие поведения на отдаленные перспективы выживания крайне сложно. Пытаясь применить наше определение к реальному поведению, мы непременно должны вводить в него слово “по-видимому”. Действие, по-видимому, являющееся альтруистичным, это такое действие, которое на первый взгляд как будто повышает (хотя и слегка) вероятность смерти альтруиста и вероятность выживания того, на кого это действие направлено. При более пристальном изучении нередко оказывается, что действиями кажущегося альтруиста на самом деле движет замаскированный эгоизм. Повторяю еще раз: я не имею в виду, что альтруист втайне руководствовался эгоистичными побуждениями, однако реальные воздействия его поступка на перспективы выживания оказались противоположными тем, какими они казались сначала.

Я приведу несколько примеров поведения, кажущегося эгоистичным и кажущегося альтруистичным. Имея дело с представителями *Homo sapiens*, трудно подавить в себе привычку к субъективному мышлению, а поэтому я воспользуюсь примерами, относящимися к другим видам. Приведу вначале несколько примеров эгоистичного поведения индивидуальных животных.

Обыкновенная чайка гнездится большими колониями, в которых гнезда расположены на расстоянии 1,5–2 метра одно от другого. Только что вылупившиеся птенцы так малы и беспомощны, что их легко проглотить. Нередко чайка поджидает, пока соседка отвернется или отправится на рыбную ловлю, и, налетев на одного из соседских птенцов, заглатывает его целиком. Она получает таким образом хорошую питательную еду, не утруждая себя добыванием рыбы и не оставляя собственное гнездо без защиты.

Гораздо шире известен мрачный каннибализм самок у богомолов. Богомолы – крупные хищные насекомые. Их обычную пищу составляют мелкие насекомые, например мухи, но они нападают почти на все, что движется. При спаривании самец осторожно взбирается на самку и копулирует. При этом самка, если ей удастся, съедает самца, откусывая ему сначала голову. Она проделывает это, когда самец к ней приближается, либо как только он взберется на нее, либо после того, как они разошлись, хотя, казалось бы, благоразумнее было начать поедать самца после окончания копуляции. Однако создается впечатление, что утрата головы не нарушает ритма полового акта. Более того, поскольку в голове насекомого расположены некоторые тормозящие нервные центры, возможно, что, съедая голову самца, самка повышает его половую активность⁴. В таком случае это дает дополнительную выгоду. Главная же выгода – получение прекрасной пищи.

⁴ Я узнал об этой странной особенности самцов насекомых на докладе одного коллеги о его работе о ручейниках. Он сказал, что ему хотелось бы разводить ручейников в неволе, но как он ни старался, ему не удавалось заставить их

Для таких крайних проявлений, как каннибализм, прилагательное “эгоистичный” может показаться слишком мягким, хотя оно хорошо соответствует нашему определению. Вероятно, нам легче понять поведение королевских пингвинов в Антарктике: в одной заметке сообщалось, что они стояли на краю воды, не решаясь нырнуть, так как опасались пасть жертвой тюленей. Если бы хоть один из них рискнул нырнуть, остальные узнали бы, есть поблизости тюлень или нет. Никто, естественно, не хочет выступать в роли морской свинки, и поэтому они выжидают, а иногда даже пытаются столкнуть друг друга в воду.

Чаще эгоистичное поведение выражается просто в отказе поделиться каким-нибудь ценным ресурсом – пищей, территорией или брачным партнером. Приведем теперь несколько примеров поведения, очевидно альтруистичного.

Поведение рабочих пчел, жалящих грабителей, которые пытаются украсть у них мед, обеспечивает весьма эффективную защиту. Но эти пчелы, в сущности, выступают в роли камикадзе. Ужалив врага, пчела обрекает себя на гибель, так как при попытке вытащить назад жало она вытаскивает вместе с ним из собственного тела все внутренние органы. Ее самоубийственная акция может спасти запасы пищи, жизненно необходимые семье, но сама она уже не сможет воспользоваться ими. Согласно нашему определению, такое поведение следует называть альтруистичным. Напомню еще раз, что речь идет не об осознанных побуждениях. Как в этом случае, так и в примерах эгоизма такие побуждения, есть они или нет, не имеют отношения к нашему определению.

Пожертвовать жизнью ради друзей – несомненное проявление альтруизма, но подвергнуть себя ради них небольшому риску также следует считать альтруизмом. Многие мелкие птицы, заметив летящего хищника, например ястреба, издают характерный “крик тревоги”, в ответ на который вся стая принимает соответствующие меры, чтобы избежать нападения. Судя по косвенным данным, птица, подающая сигнал тревоги, подвергает себя особенно большой опасности, потому что привлекает внимание хищника к себе. Это лишь незначительный добавочный риск, но тем не менее такой акт следует, во всяком случае на первый взгляд, отнести в соответствии с нашим определением к числу альтруистичных.

Наиболее распространенные и самые ясно выраженные акты альтруизма среди животных совершают родительские особи, в особенности матери, по отношению к своим детенышам. Самки высиживают их в гнездах или вынашивают в собственном теле, кормят ценой больших жертв и подвергают себя большому риску, защищая их от хищников. Приведем лишь один пример. Многие птицы, гнездящиеся на земле, заметив приближающегося хищника, например лису, начинают “отводить” его от гнезда. Родительская особь отходит от гнезда, прихрамывая и приподняв одно крыло, как если бы оно было сломано. Хищник, почуяв легкую добычу, уходит от гнезда с птенцами. В конце концов птица перестает притворяться и взлетает вверх как раз вовремя, чтобы избежать лисьих челюстей. Она, вероятно, спасла жизнь птенцов, но рисковала при этом сама.

Рассказывая все это, я не пытаюсь что-то доказать. Избранные примеры никогда не могут служить серьезными аргументами ни для какого обобщения, заслуживающего доверия. Я привожу эти истории просто в качестве иллюстраций того, что я понимаю под альтруистичным или эгоистичным поведением на уровне индивидуумов. Эта книга покажет, как эгоизм или альтруизм отдельного индивидуума можно объяснить тем основополагающим законом, который я называю *эгоистичностью гена*. Однако сначала я должен остановиться на одном ошибочном определении альтруизма, поскольку оно широко известно и даже преподносится учащимся во многих школах.

спариваться. Один крупный энтомолог прорычал из первого ряда, как если бы это было самое очевидное упущение: “А вы что, не пробовали отрезать им головы?!”

Это объяснение основано на уже упоминавшемся мною неверном представлении, что предназначение эволюции живых существ – совершать действия “во благо данного вида” или “во благо данной группы”. Нетрудно видеть, как эта идея зародилась в биологии. Большая часть жизни животного посвящена размножению, а большинство актов альтруистичного самопожертвования, наблюдаемых в природе, совершаются родителями во благо своих детенышей. “Сохранение вида” – обычный эвфемизм, означающий размножение, и оно несомненно представляет собой *следствие* размножения. Достаточно лишь слегка продолжить наши рассуждения, чтобы прийти к выводу, что “функция” размножения состоит в продолжении существования вида. От всего этого лишь один короткий неверный шаг к заключению о том, что поведение животных обычно направлено на сохранение вида. Совершенно очевидно, что следующий вывод – альтруизм по отношению к собратьям по виду.

Такой ход рассуждений можно сформулировать в терминах, приближающихся к дарвиновским и не слишком четких. Эволюция действует через естественный отбор, а естественный отбор означает дифференциальное выживание “наиболее приспособленных”. Но идет ли при этом речь о наиболее приспособленных индивидуумах, наиболее приспособленных расах, наиболее приспособленных видах или о чем-то еще? В ряде случаев это не играет большой роли, но когда мы говорим об альтруизме, решающее значение этого момента становится очевидным. Если в процессе, который Дарвин назвал борьбой за существование, конкурируют виды, то индивидуум, по-видимому, лучше всего рассматривать как пешку в игре, которой жертвуют во имя высших интересов вида как целого. Выразим это в несколько более пристойной форме: такая группа, как вид или популяция в пределах вида, отдельные члены которой готовы принести себя в жертву во имя благополучия данной группы, имеет больше шансов избежать вымирания, чем соперничающая с ней группа, отдельные члены которой ставят на первое место собственные эгоистичные интересы. Поэтому мир оказывается населенным главным образом группами, состоящими из самоотверженных индивидуумов. В этом суть теории “группового отбора”, которую биологи, недостаточно хорошо знакомые с эволюционной теорией, долгое время считали правильной и которая открыто и прямо изложена в знаменитой книге Веро К. Уинн-Эдвардса и популярно представлена Робертом Ардри в его книге “Общественный договор”. Ортодоксальную альтернативную теорию обычно называют “индивидуальным отбором”, хотя лично я предпочитаю говорить о генном отборе.

На изложенные выше соображения сторонник “индивидуального отбора” не задумываясь ответит примерно следующим образом. Даже в группе альтруистов почти наверное будет некое диссидентское меньшинство, которое откажется приносить какие бы то ни было жертвы. Если в группе имеется хоть один эгоистичный бунтовщик, готовый эксплуатировать альтруизм остальных ее членов, то он, по определению, имеет больше шансов выжить и оставить потомство, чем другие. Каждый из его потомков будет наследовать его эгоистичные черты. После нескольких поколений такого естественного отбора “альтруистичная группа” будет наводнена эгоистичными индивидуумами и станет неотличимой от эгоистичной группы. Даже допустив изначальное существование чисто альтруистичных групп без единого бунтовщика, что маловероятно само по себе, очень трудно представить, каким образом можно предотвратить миграцию эгоистичных особей из соседних эгоистичных групп и “загрязнение” ими – путем скрещиваний – альтруистичных групп.

Сторонник теории индивидуального отбора согласится допустить, что группы действительно вымирают и что вымирание или сохранение данной группы может зависеть от поведения ее членов. Он может даже допустить, что *если бы* члены данной группы обладали даром предвидения, они могли бы понять, что в отдаленной перспективе им самим выгоднее всего обуздать свою эгоистичную жадность, с тем чтобы избежать уничтожения всей группы. Сколько раз в недалеком прошлом надо было повторять это английскому рабочему

классу. Но вымирание группы – процесс медленный по сравнению с чрезвычайно оживленной конкуренцией на уровне индивидуумов. Даже в то время, пока данная группа медленно и неотвратно катится под откос, эгоистичные индивидуумы достигают кратковременного процветания за счет альтруистов. Граждане Британии могут быть наделены способностью к предвидению или лишены ее, но эволюция слепа к будущему.

Несмотря на то, что теория группового отбора в настоящее время не пользуется поддержкой среди тех профессиональных биологов, которые разбираются в эволюции, интуитивно она весьма привлекательна. Уже не одно поколение зоологов, выйдя из стен учебных заведений, с удивлением обнаруживает, что эта теория отнюдь не является ортодоксальной. В этом вряд ли можно винить их, поскольку в руководстве для преподавателей биологии в Англии (*Nuffield biology teacher's guide*) можно прочесть: “У высших животных поведение может принять форму самоубийства индивидуума для обеспечения выживания вида”. Анонимный автор этого руководства находится в блаженном неведении о том, что он высказал нечто спорное, оказавшись в компании с одним из нобелевских лауреатов. Конрад Лоренц в своей книге “Агрессия” пишет о функциях агрессивного поведения, направленных на сохранение вида, одна из которых состоит в том, чтобы возможность размножаться имели только наиболее приспособленные особи. Это самый великолепный пример аргументации, заводящей в порочный круг, однако я хочу обратить здесь внимание на то, что идея группового отбора укоренилась очень глубоко, а поэтому Лоренц, подобно автору упомянутого выше руководства, очевидно, не отдавал себе отчета, что его утверждения идут вразрез с ортодоксальной дарвиновской теорией.

Я недавно слышал прекрасный пример того же рода в одной, в остальном превосходной, телепрограмме Би-би-си, посвященной паукам Австралии. В этой программе “эксперт” заметила, что огромное большинство молодых пауков оказывается жертвой других видов, после чего продолжила: “Возможно, это и есть их истинное предназначение, ибо для сохранения вида достаточно выживания лишь некоторого числа его представителей”.

В “Общественном договоре” Роберт Ардри использовал теорию группового отбора для объяснения всего устройства общества. Он определенно считает человека видом, отклонившимся от праведного пути животных. Ардри по крайней мере основательно изучил проблему. Его решение не соглашаться с ортодоксальной теорией принято сознательно, и это делает ему честь.

Быть может, одна из причин привлекательности теории группового отбора состоит в том, что она полностью соответствует моральным и политическим идеалам, которые разделяет большинство из нас. Каждый из нас нередко ведет себя эгоистично, но в самые свои светлые моменты мы отдаем должное тем, кто ставит на первое место благо других, и восхищаемся ими. Правда, мы не совсем четко представляем себе, сколь широко мы согласны понимать слово “другие”. Нередко альтруизм в пределах данной группы вполне совмещается с эгоизмом в отношениях между группами. На этом основан тред-юнионизм. В других случаях главный выигрыш от нашего альтруистичного самопожертвования получает государство: от молодых людей ожидают, что каждый из них должен быть готов умереть как индивидуум к вящей славе своей страны как целого. Кроме того, их побуждают убивать других индивидуумов, о которых им ничего не известно, за исключением того, что они принадлежат к другой нации. (Любопытно, что в мирное время призывы к небольшим жертвам, которые бы чуть снизили скорость повышения жизненного уровня людей, оказываются, по-видимому, менее эффективными, чем призывы пожертвовать своей жизнью в военное время.)

В последнее время наблюдается неприятие расизма и патриотизма и тенденция к тому, чтобы объектом наших братских чувств стало все человечество. Такое гуманистическое расширение нашего альтруизма приводит к интересному следствию, которое опять-таки, по-

видимому, подкрепляет эволюционную идею “во благо вида”. Люди, придерживающиеся либеральных политических взглядов, которые обычно бывают самыми убежденными пропагандистами “видовой этики”, теперь нередко выражают величайшее презрение к тем, кто пошел в своем альтруизме чуть дальше, распространив его и на другие виды. Если я скажу, что меня больше интересует защита от истребления крупных китов, чем улучшение жилищных условий людей, я рискую шокировать этим некоторых своих друзей.

Убеждение, что представители твоего собственного вида заслуживают особо бережного отношения по сравнению с членами других видов, издавна глубоко укоренилось в человеке. Убить человека в мирное время считается очень серьезным преступлением. Единственное действие, на которое наша культура налагает более суровый запрет – людоедство (даже в случае поедания трупов). Однако мы с удовольствием поедаем представителей других видов. Многие из нас содрогаются от ужаса, узнав о вынесенных судом смертных приговорах, даже если это касается самых отвратительных преступников. Однако мы охотно одобряем уничтожение безо всякого суда довольно мирных животных, причиняющих нам неудобства. Более того, мы убиваем представителей других видов просто для развлечения. Человеческий зародыш, чувства которого находятся на уровне амебы, пользуется значительно большим уважением и правовой защитой, чем взрослый шимпанзе. Между тем шимпанзе чувствует и думает, а возможно – согласно новейшим экспериментальным данным – способен даже освоить некую форму человеческого языка. Но человеческий зародыш относится к нашему собственному виду и на этом основании сразу получает привилегии и права. Я не знаю, можно ли логически обосновать такую особую этику в отношении собственного вида, которую Ричард Райдер назвал “видизмом” (*speciesism*), более убедительно, чем расизм. Зато я знаю, что она не имеет надлежащей основы в эволюционной биологии.

Неразбериха в этических представлениях о том, на каком уровне должен кончатся альтруизм – на уровне семьи, нации, расы, вида или всего живого, – отражается, как в зеркале, в параллельной неразберихе в биологии относительно уровня, на котором следует ожидать проявлений альтруизма в соответствии с эволюционной теорией. Даже приверженец группового отбора не будет удивлен, обнаружив вражду между членами двух враждующих групп – так они, подобно членам одного профсоюза или солдатам, помогают собственной группе в борьбе за ограниченные ресурсы. Но в таком случае уместно задать вопрос, на основании чего он будет решать, какой уровень следует считать важным? Если отбор происходит на уровне отдельных групп в пределах вида или на уровне видов, то почему бы ему не действовать также и на уровне более крупных групп? Виды объединяются в роды, роды – в семейства, семейства – в отряды, а отряды – в классы. Львы и антилопы принадлежат к классу млекопитающих, как и мы с вами. Не следует ли нам поэтому ожидать, что львы должны воздерживаться от охоты на антилоп “во благо всех млекопитающих”? Безусловно, им надо было бы охотиться на птиц или рептилий, чтобы препятствовать вымиранию млекопитающих. Как быть, однако, в таком случае с необходимостью сохранения всего типа позвоночных?

Все это хорошо до тех пор, пока я, доводя свои рассуждения до абсурда, говорю о затруднениях, с которыми сталкивается теория группового отбора, но при всем при этом остается необходимым объяснить, очевидно, существующий индивидуальный альтруизм. Ардри заходит так далеко, что называет групповой отбор единственным возможным объяснением такого поведения, как “стоттинг” у газели Томсона. Эти энергичные прыжки, привлекающие внимание хищника, аналогичны крику тревоги у птиц: они, по-видимому, предостерегают других газелей от опасности, одновременно отвлекая хищника на себя. Мы обязаны дать объяснение такому поведению газели Томсона и всем сходным явлениям, и я займусь этим в последующих главах.

Но сначала я должен обосновать свое убеждение, что эволюцию лучше всего рассматривать как результат отбора, происходящего на самом нижнем уровне. На это мое убеждение сильно повлияла замечательная книга Джорджа К. Уильямса “Адаптация и естественный отбор”. Предвосхищением главной идеи, которой я воспользовался, была доктрина Августа Вейсмана, сформулированная им на пороге XX века, то есть в догенную эпоху, – доктрина о “непрерывности зародышевой плазмы”. Я буду настаивать, что основной единицей отбора, представляющей поэтому самостоятельный интерес, служит не вид, не группа и даже, строго говоря, не индивидуум. Основная единица – это ген, единица наследственности⁵. Некоторым биологам в первый момент такое утверждение покажется экстремальным. Я надеюсь, что, когда они поймут, какой я в него вкладываю смысл, они согласятся, что оно в сущности ортодоксально, хотя и выражено необычным образом. Изложение моих представлений потребует времени, и нам придется начать все с самого начала – с возникновения самой жизни.

⁵ Написав свой манифест о геномном отборе, я по зрелом размышлении подумал, а не существует ли также *некий* отбор более высокого уровня, действующий время от времени на длительном эволюционном пути. Спешу добавить, что говоря о “более высоком уровне”, я отнюдь не имею в виду нечто, относящееся к “групповому отбору”. Я говорю о чем-то гораздо более тонком и интересном. Мне теперь кажется, что дело не только в более высокой способности отдельных организмов к выживанию: возможно, целые классы организмов более способны *эволюционировать*, чем другие. Конечно, эволюционирование, о котором мы здесь говорим, – это все та же добрая старая эволюция, происходящая путем действия отбора на гены. Мутации также сохраняются отбором в зависимости от их влияния на выживание и репродуктивный успех индивидуумов. Но крупная новая мутация, затрагивающая основной план эмбрионального развития, может также открыть новые шлюзы для эволюции во всех направлениях в течение последующих миллионов лет. Существует, возможно, отбор более высокого уровня для путей эмбрионального развития, поддающихся эволюции: отбор, направленный на повышение способности к эволюции. Отбор такого рода может быть даже кумулятивным и поэтому прогрессивным в таких аспектах, в которых групповой отбор непрогрессивен. Эти идеи выражены в моей статье “Эволюция способности к эволюции”, в значительной мере навеянной результатами эксплуатации “Слепого часовщика” – компьютерной программы, моделирующей некоторые аспекты эволюции.

Глава 2. Репликаторы

Вначале была простота. Объяснить, как возникла даже простая Вселенная, довольно трудно. Мне кажется, вряд ли кто-нибудь станет возражать, что было бы еще труднее объяснить внезапное возникновение во всей его полноте такого сложного упорядоченного феномена, как жизнь, или существа, способного создавать живое. Дарвиновская теория эволюции путем естественного отбора убедительна, потому что указывает нам, каким образом простое могло превращаться в сложное, как неупорядоченные ансамбли атомов могли группироваться во все более сложные структуры, пока в конечном счете это не привело к созданию человека. Дарвин нашел решение (единственное приемлемое из предложенных до сих пор) фундаментальной проблемы – нашего существования. Я попытаюсь объяснить эту великую теорию в более общем плане, чем это принято, начав с периода, предшествовавшего началу самой эволюции.

Дарвиновское “выживание наиболее приспособленных” – это на самом деле частный случай более общего закона *выживания стабильного*. Мир населен стабильными объектами. Стабильный объект – это совокупность атомов, которая достаточно стабильна или обыкновенна, чтобы заслуживать собственного имени. Это может быть единственное в своем роде собрание атомов, как, например, Маттерхорн, существующий достаточно давно, чтобы имело смысл дать ему название. Или это может быть некий *класс* объектов, таких как капли дождя, возникающие с достаточно высокой скоростью, чтобы заслуживать общего названия, несмотря на то, что каждая отдельная капля живет очень недолго. Все объекты, которые мы видим вокруг себя и сущность которых нам хотелось бы объяснить (горы, галактики, морские волны), представляют собой в большей или меньшей степени стабильные атомные структуры. Мыльные пузыри стремятся принять сферическую форму: это стабильная конфигурация для тонких пленок, наполненных газом. В космическом корабле стабильное состояние воды – это также сферические капли, но на Земле под действием гравитации вода в стабильном состоянии образует плоскую горизонтальную поверхность. Кристаллы поваренной соли стремятся принять кубическую форму, потому что при этом достигается стабильная упаковка ионов натрия вместе с ионами хлора. На Солнце самые простые атомы – атомы водорода – сливаются, образуя атомы гелия, потому что в преобладающих там условиях гелий более стабилен. Другие, еще более сложные атомы постоянно образуются в звездах по всей Вселенной. Их образование происходило и в момент Большого взрыва, который, согласно господствующей теории, положил начало возникновению Вселенной. Именно таков изначальный источник элементов, из которых построен наш мир.

Иногда при столкновении друг с другом атомы соединяются в результате химических реакций, образуя более или менее стабильные молекулы. Такие молекулы могут иметь очень большие размеры. Кристалл, подобный алмазу, можно считать отдельной молекулой, в данном случае вполне стабильной, но одновременно и очень простой, поскольку ее внутренняя атомная структура повторяется бесконечное число раз. У современных живых организмов имеются другие большие, чрезвычайно сложные молекулы, причем их сложность проявляется на нескольких разных уровнях. Содержащийся в крови человека гемоглобин представляет собой типичную белковую молекулу. Она построена из цепей более мелких молекул – аминокислот, каждая из которых состоит из нескольких десятков атомов, расположенных строго определенным образом. В молекуле гемоглобина содержится 574 аминокислоты. Они собраны в четыре цепи, перекрученные между собой и образующие невероятно сложную трехмерную глобулярную структуру. Модель молекулы гемоглобина напоминает густой куст боярышника. Но в отличие от настоящего боярышника такой “куст” имеет не какую-то случайную и не очень четкую, а строго определенную неизменную структуру, повторяющуюся

в организме человека без всяких отклонений в среднем $6 \cdot 10^{20}$ раз. Точная форма молекулы белка, такого, как гемоглобин, стабильна в том смысле, что две цепи, образованные одними и теми же последовательностями аминокислот, всегда, подобно двум пружинам, будут принимать совершенно одинаковую трехмерную конфигурацию. Одни гемоглобиновые “кусты” образуются в нашем организме в этой “предпочитаемой” ими форме со скоростью $4 \cdot 10^{14}$ в секунду, а другие такие “кусты” столь же быстро разрушаются.

Гемоглобин – одна из ныне существующих молекул, использованная мной для иллюстрации принципа, согласно которому атомы обычно образуют стабильные структуры. Здесь важно указать, что до возникновения жизни на Земле, возможно, происходила какая-то рудиментарная эволюция молекул с помощью обычных физических и химических процессов. Нет нужды придумывать какую-то предначертанность, цель или направленность. Если группа атомов в присутствии источника энергии образует некую стабильную структуру, она имеет тенденцию сохранять эту структуру. Самая ранняя форма естественного отбора состояла просто в отборе стабильных форм и отбрасывании нестабильных. В этом нет ничего таинственного. Это должно было произойти по определению.

Конечно, отсюда не следует, что существование столь сложных объектов, как человек, можно объяснить на основе одних только таких принципов. Бесплезно, отсчитав в сосуд нужное число атомов, встряхивать их с помощью внешнего источника энергии до тех пор, пока они не сложатся в нужную структуру и из сосуда не выпрыгнет Адам! Таким способом можно получить молекулу, состоящую из нескольких десятков атомов, но организм человека содержит 10^{26} атомов. Чтобы “изготовить” человека, вам пришлось бы поработать со своим биохимическим шейкером так долго, что возраст всей Вселенной показался бы одним мгновением, и даже при этом вы не достигли бы успеха. Вот здесь-то и приходит на помощь теория Дарвина в самой простой ее форме. Эта теория выступает на сцену в тот момент, когда медленное построение молекул со сцены уходит.

Представляемое здесь описание возникновения жизни не может не быть спекулятивным. По определению, никто не мог видеть, как это происходило. Существует несколько соперничающих теорий, но у всех у них есть некоторые общие черты. Описание, вероятно, не слишком далеко от истины⁶.

Нам неизвестно, какое химическое сырье имелось на Земле в изобилии до возникновения жизни, однако среди возможных химических веществ, по всей вероятности, были вода, двуокись углерода, метан и аммиак – все это простые соединения, имеющиеся по крайней мере на некоторых других планетах Солнечной системы. Химики пытались имитировать химические условия, существовавшие на юной Земле. Они помещали эти простые соединения в сосуд и подавали энергию, например ультрафиолетовое излучение или электрические разряды, имитирующие молнии. После нескольких недель такого воздействия в сосуде обычно обнаруживали нечто интересное: жидкий коричневатый бульон, содержащий множество молекул, более сложных, чем первоначально помещенные в сосуд. В частности, в нем находили аминокислоты – блоки, из которых построены белки, составляющие один из двух главных классов биологических молекул. До проведения этих экспериментов обнаружение природных аминокислот рассматривалось как свидетельство присутствия жизни. Если бы

⁶ Существует много теорий возникновения жизни. В “Эгоистичном гене” я не стал излагать их все, а выберу одну из них, чтобы проиллюстрировать главную идею. Но я не хотел бы создать впечатление, что это единственный или даже наилучший серьезный кандидат. На самом деле в “Слепых часовщике” я умышленно выбрал другую теорию для той же цели – “глиняную” теорию Александра Г. Кернс-Смита. Ни в той, ни в другой книге я не присоединяюсь ни к какой гипотезе. Если я напишу еще одну книгу, я, вероятно, использую эту возможность для того, чтобы попытаться объяснить еще одну точку зрения – немецкого математического химика Манфреда Эйгена и его коллег. Задача, которую я всегда стараюсь решить, касается тех основных свойств, которые должны занимать центральное место в любой хорошей теории возникновения жизни на любой планете, в особенности идеи о самореплицирующихся генетических единицах.

аминокислоты были обнаружены, скажем, на Марсе, наличие на этой планете жизни почти не вызывало бы сомнений. Теперь, однако, их существование должно означать лишь содержание в атмосфере Марса нескольких простых газов, а также наличие на этой планете вулканической активности, солнечного света или грозových разрядов. Сравнительно недавно при воссоздании в лабораторных условиях химического состояния Земли до возникновения на ней жизни были получены органические вещества, называемые пуринами и пиримидинами, из которых построена генетическая молекула – сама ДНК.

Процессы, аналогичные описанным, должны были дать начало “первичному бульону”, из которого, как полагают биологи и химики, состояли моря 3000–4000 миллионов лет назад. Органические вещества стали концентрироваться в отдельных участках, вероятно в высыхающей пене по берегам, или же в крошечных суспендированных каплях. В результате дальнейшего воздействия энергии, такой, как ультрафиолетовое излучение Солнца, они объединялись в более крупные молекулы. В наши дни большие органические молекулы не могли бы сохраняться достаточно долго, чтобы оказаться замеченными: они были бы быстро поглощены или разрушены бактериями или другими живыми существами. Но бактерии и прочие организмы появились гораздо позднее, а в то далекое время большие органические молекулы могли в целости и сохранности дрейфовать в густеющем бульоне.

В какой-то момент случайно образовалась замечательная молекула. Мы назовем ее *репликатором*. Это не обязательно была самая большая или самая сложная из всех существовавших тогда молекул, но она обладала необыкновенным свойством – способностью создавать копии самой себя. Может показаться, что такое событие вряд ли могло произойти. И в самом деле, оно было крайне маловероятным. В масштабах времени, отпущенного каждому человеку, события, вероятность которых так мала, следует считать практически невозможными. Именно поэтому вам никогда не удастся получить большой выигрыш в футбольном тотализаторе. Но мы, люди, в своих оценках вероятного и невероятного не привыкли оперировать сотнями миллионов лет. Если бы вы заполняли купоны тотализатора еженедельно на протяжении ста миллионов лет, вы, по всей вероятности, сорвали бы несколько больших кушей.

На самом деле вообразить молекулу, которая создает собственные копии, вовсе не так трудно, как это кажется сначала, да и возникнуть она должна всего один раз. Представьте себе репликатор как форму для отливки или матрицу, как большую молекулу, состоящую из сложной цепи разного рода более мелких молекул, играющих роль строительных блоков. Эти блоки в изобилии содержались в бульоне, окружавшем репликатор. Допустим теперь, что каждый строительный блок обладал сродством к другим блокам одного с ним рода. В таком случае всякий раз, когда какой-нибудь строительный блок, находившийся в бульоне, оказывался возле той части репликатора, к которому у него было сродство, он там и оставался. Прикрепляющиеся таким образом строительные блоки автоматически располагались в той же последовательности, что и блоки репликатора. Поэтому легко представить себе, что они соединялись друг с другом, образуя стабильную цепь, подобно тому, как это происходило при образовании самого репликатора. Этот процесс может продолжаться в форме постепенного наложения одного слоя на другой. Именно так образуются кристаллы. Но две цепи могут и разойтись, и в таком случае получатся два репликатора, каждый из которых будет продолжать создавать копии.

Более сложная возможность заключается в том, что каждый строительный блок обладает сродством не к таким же, а к другого рода блокам, причем это сродство взаимно. В таком случае репликатор выступает в качестве матрицы для образования не идентичной копии, а некоего “негатива”, который в свою очередь вновь создает копию исходного “позитива”. Для наших целей не имеет значения, относился ли первоначальный процесс репликации к типу “позитив – негатив” или “позитив – позитив”, хотя следует отметить, что современ-

ные эквиваленты первого репликатора – молекулы ДНК – реплицируются по типу “позитив – негатив”. Важно то, что в мир пришла новая форма “стабильности”. Прежде особого обилия сложных молекул какого-то одного типа в бульоне, по всей вероятности, не было, потому что образование молекул каждого типа зависело от случайного соединения строительных блоков в ту или иную определенную конфигурацию. С возникновением репликатора его копии, вероятно, быстро распространялись в морях, пока запасы молекул, составляющих мелкие строительные блоки, не начали истощаться и другие крупные молекулы не стали образовываться все реже. Итак, мы, кажется, получили обширную популяцию идентичных копий. Однако теперь следует сказать об одном важном свойстве любого процесса копирования: оно несовершенно. Случаются ошибки. Я надеюсь, что в этой книге нет опечаток, но при внимательном чтении одну-две вы, возможно, обнаружите. Они, вероятно, не приводят к серьезным искажениям текста, потому что это ошибки “первого поколения”. Представьте себе, однако, что происходило в те времена, когда книгопечатания еще не было и такие книги, как Библия, переписывали от руки. Все переписчики, как бы они ни были внимательны, неизбежно делали сколько-то ошибок, а некоторые даже были склонны сознательно вносить небольшие “улучшения”. Если бы все они переписывали с одного оригинала, искажения смысла были бы незначительными. Но как только копии начинают делать с других копий, которые в свое время также были сделаны с копий, ошибки накапливаются, и дело принимает серьезный оборот. Мы считаем, что ошибки при копировании – это плохо, и, если речь идет об исторических документах, трудно представить себе примеры, когда ошибки можно было бы назвать улучшениями. Однако когда при переводе Септуагинты неверно перевели еврейское слово, означающее “молодая женщина”, греческим словом, означающим “девственница”, в результате чего получилось пророчество “Се, Дева во чреве примет и родит Сына”⁷, то можно по меньшей мере сказать, что это положило начало чему-то значительному. Во всяком случае, как мы увидим, ошибки, допускаемые биологическими репликаторами при копировании, могут привести к реальным улучшениям, и для прогрессивной эволюции жизни возникновение некоторого количества ошибок имело существенное значение. Мы не знаем, насколько точно исходные молекулы репликатора создавали свои копии. Их современные потомки, молекулы ДНК, удивительно добросовестны по сравнению с большинством точнейших механизмов копирования, созданных человеком, но даже они время от времени допускают ошибки, и в итоге именно эти ошибки делают возможной эволюцию. Вероятно, исходные репликаторы допускали гораздо больше ошибок, но в любом случае мы можем быть уверены, что ошибки совершались и что они были кумулятивными.

⁷ Несколько встревоженных корреспондентов выразили сомнение в том, что при переводе библейского пророчества действительно была допущена ошибка, превратившая “молодую женщину” в “девственницу”, и призвали меня к ответу. В наши дни оскорбление религиозных чувств – дело рискованное, так что я лучше подчинюсь. В сущности это доставит мне удовольствие, так как ученым редко удается всласть пропылиться в библиотеке, позволив себе такую роскошь, как составление чисто академического примечания. На самом деле знатокам Библии эта ошибка хорошо известна и они не дискутируют по этому поводу. У пророка Исайи мы находим слово (*альма*), что по-еврейски бесспорно означает “молодая женщина”, отнюдь не подразумевая девственность. Если бы речь шла о “девственнице”, можно было бы использовать слово (*бетула*). Двусмысленное английское слово *maiden* показывает, как легко соскользнуть с одного прочтения на другое. “Мутация” произошла, когда в дохристианском греческом переводе, известном под названием Септуагинта, “альма” превратилась в (*парфенос*), что действительно означает “девственница”. Матфей (разумеется, не апостол и современник Христа, а автор Евангелия, написанного много лет спустя) в своем изложении, которое, видимо, представляет собой производное версии Септуагинты (из пятнадцати греческих слов идентичны все, кроме двух), цитирует Исайю, когда говорит: “А все сие произошло, да сбудется реченное Господом через пророка, который говорит: се, Дева во чреве примет и родит Сына, и нарекут имя Ему Еммануил”. Среди исследователей христианства широко распространено мнение, что история о беспорочном зачатии Иисуса была поздней вставкой, предположительно внесенной одним из грекоговорящих христиан, чтобы создать впечатление, что пророчество (неверно переведенное) сбылось. В современных версиях, таких как *New English Bible*, в книге пророка Исайи правильно дано “молодая женщина”. Столь же правильно в книге Матфея оставлено “дева”, поскольку она переведена с греческого.

По мере того, как возникали и множились ошибки копирования, первобытный бульон наполнялся не идентичными репликами, а реплицирующимися молекулами нескольких разных типов, “происходивших” от одного и того же предка. Были ли некоторые типы более многочисленны, чем другие? Почти наверное да. Одни типы несомненно изначально обладали большей стабильностью, чем другие. Среди уже образовавшихся молекул вероятность распада для одних была ниже, чем для других. Молекул первого типа в бульоне становилось относительно больше не только потому, что это логически следует из их “долголетия”, но также потому, что они располагали большим временем для самокопирования. Поэтому долгоживущие репликаторы оказывались более многочисленными и, при прочих равных условиях, в популяции макромолекул должно было возникнуть “эволюционное направление” в сторону большей продолжительности жизни.

Однако прочие условия, по всей вероятности, не были равными, и еще одним свойством одного из типов репликатора, которое должно было играть даже более важную роль в его распространении в популяции, оказалась скорость репликации, или “плодовитость”. Если молекулы репликатора типа А создают свои копии в среднем один раз в неделю, а типа В – один раз в час, то нетрудно понять, что очень скоро число молекул типа В сильно превысит число молекул типа А, даже если молекулы А “живут” гораздо дольше, чем В. Поэтому в бульоне, по-видимому, существовало “эволюционное направление”, ведущее к более высокой “плодовитости” молекул. Третий признак молекул-репликаторов, который должен был сохраняться отбором, – точность репликации. Если молекулы типа Х и типа Y выживают в течение некоторого времени и реплицируются с постоянной скоростью, причем молекулы Х совершают по одной ошибке при каждой десятой репликации, а молекулы Y – при каждой сотой, то очевидно, что численность молекул Y будет возрастать. Контингент молекул Х в популяции теряет не только самих “заблудших детей”, но и всех их фактических или потенциальных потомков.

Тем, кто уже знает кое-что об эволюции, последнее замечание может показаться несколько парадоксальным. Можем ли мы примирить представление об ошибках копирования как о важной предпосылке, обеспечивающей возможность эволюции, с утверждением, что естественный отбор благоприятствует точности копирования? Ответ состоит в том, что хотя мы воспринимаем, пусть не вполне четко, эволюцию как нечто хорошее (тем более что сами являемся ее продуктами), в действительности ничто на свете не “хочет” эволюционировать. Эволюция просто происходит, хотим мы этого или нет, несмотря на все усилия репликаторов (а в наши дни – генов) предотвратить ее. Жак Люсьен Моно очень четко сказал об этом в своей Спенсеровской лекции, предварительно саркастически заметив: “У эволюционной теории имеется еще один любопытный аспект – каждый полагает, что он понимает ее”.

Вернемся к первичному бульону. По-видимому, его стали заселять стабильные разновидности молекул: стабильные в том смысле, что отдельные молекулы либо сохранялись в течение длительного времени, либо быстро реплицировались, либо реплицировались очень точно. Эволюционные направления, ведущие к стабильности этих трех типов, выражались в следующем: если бы вы взяли пробы бульона в два разных момента времени, то вторая проба содержала бы больше типов с высокими продолжительностью жизни, плодовитостью и точностью копирования. Это, в сущности, то, что имеет в виду биолог, говоря об эволюции применительно к живым организмам. И совершается она с помощью того же самого механизма – естественного отбора.

Должны ли мы в таком случае называть эти первоначальные молекулы-репликаторы “живыми”? Да какая разница! Допустим, я скажу: “Величайшим из когда-либо живших на земле людей был Дарвин”, а вы возразите: “Нет, Ньютон”, но я надеюсь, что наш спор на этом прекратится. Мысль моя заключается в том, что как бы ни разрешился наш спор, ни один

важный вывод от этого не изменится. В истории жизни и свершений Ньютона и Дарвина не произойдет никаких изменений независимо от того, будем мы называть их “великими” или нет. Точно так же история молекул-репликаторов, возможно, протекала примерно так, как я это описываю, независимо от того, будем ли мы называть их “живыми”. Причина извечных мучений человечества заключается в неспособности слишком многих из нас понять, что слова — это лишь орудия, существующие для того, чтобы ими пользоваться, и что если в словаре имеется такое слово, как “живой”, то из этого вовсе не следует, что оно обозначает нечто определенное в реальном мире. Будем мы называть первичные репликаторы живыми или нет, они были нашими предками, нашими родоначальниками.

Следующее важное звено в наших рассуждениях, на которое делал упор сам Дарвин (хотя он имел в виду растения и животных), — это *конкуренция*. Первичный бульон не мог обеспечить существование бесконечного числа молекул-репликаторов. Не говоря уже о конечных размерах Земли, важную роль должны были играть другие лимитирующие факторы. Описывая репликатор как матрицу или форму для отливки, мы предполагали, что он был погружен в бульон, богатый мелкими строительными блоками, то есть молекулами, необходимыми для создания копий. Но с возрастанием численности репликаторов эти блоки стали использоваться с такой скоростью, что очень быстро оказались дефицитным и дорогостоящим ресурсом. Репликатеры разных типов или штаммов конкурировали за них. Мы рассматривали факторы, которые могли участвовать в увеличении численности репликаторов предпочтительных типов. Теперь мы видим, что репликаторы, которым отбор благоприятствовал в меньшей степени, должны были действительно стать в результате отбора менее многочисленными и в конечном счете многие их линии должны были вымереть. Между разными типами репликаторов шла борьба за существование. Они не знали, что они борются, и не беспокоились об этом. Борьба шла без недобрых чувств, да и в сущности вообще без всяких чувств. Но они боролись в том смысле, что любая ошибка копирования, в результате которой создавался новый, более высокий уровень стабильности или новый способ, позволяющий снизить стабильность противников, автоматически сохранялась и размножалась. Процесс совершенствования был кумулятивным. Способы повышения собственной стабильности или снижения стабильности противников становились более изощренными и эффективными. Некоторые из репликаторов могли даже “открыть” химический способ разрушения молекул противников и использовать освобождающиеся при этом строительные блоки для создания собственных копий. Такие протохищники одновременно получали пищу и устраняли конкурентов. Другие репликаторы, вероятно, открыли способ защитить себя химически или физически, отгородившись белковой стенкой. Возможно, именно так возникли первые живые клетки. Репликатеры стали не просто существовать, но и строить для себя некие контейнеры, носители, обеспечивающие им непрерывное существование. При этом выжили репликаторы, сумевшие построить для себя *машины выживания*, в которых можно было существовать. Первые машины выживания, вероятно, состояли всего лишь из защитной оболочки. Однако обеспечивать себе возможность существования становилось все труднее, по мере того как появлялись новые противники, обладавшие более совершенными и эффективными машинами выживания. Машины увеличивались в размерах и совершенствовались, причем процесс этот носил кумулятивный и прогрессивный характер.

Должен ли был существовать какой-то предел постепенному совершенствованию способов и материальных средств, использовавшихся репликаторами для продолжения собственного существования на свете? Времени для совершенствования, очевидно, было предостаточно. А какие фантастические механизмы самосохранения принесут грядущие тысячелетия? Какова судьба древних репликаторов теперь, спустя $4 \cdot 10^9$ лет? Они не вымерли, ибо они — непревзойденные мастера в искусстве выживания. Но не надо искать их в океане, они давно перестали свободно и непринужденно парить в его водах. Теперь они

собраны в огромные колонии и находятся в полной безопасности в гигантских неуклюжих роботах⁸, отгороженные от внешнего мира, общаясь с ним извилистыми непрямыми путями и воздействуя на него с помощью дистанционного управления. Они присутствуют в вас и во мне. Они создали нас, наши души и тела, и единственный смысл нашего существования – их сохранение. Они прошли длинный путь, эти репликаторы. Теперь они существуют под названием генов, а мы служим для них машинами выживания.

⁸ Этот отрывок цитировали вновь и вновь, радостно приводя его как доказательство моего оголтелого “генетического детерминизма”. Проблема частично связана с широко распространенными, но ошибочными ассоциациями, возникающими при слове “робот”. Мы живем в золотом веке электроники, когда роботы перестали быть жесткими негибкими идиотами и способны к обучению, мышлению и творчеству. По иронии, еще в 1920 году, когда Карел Чапек придумал это слово, “роботы” были механическими существами, которые в конце концов приобрели человеческие качества, например способность влюбиться. Люди, полагающие, что роботы по определению более “детерминистичны”, чем человеческие существа, заблуждаются (это не распространяется на людей религиозных, которые в соответствии со своей верой могут считать, что человек наделен божественным даром свободной воли, в которой отказано простым машинам). Если, подобно большинству критиков моего высказывания о “неуклюжих роботах”, вы нерелигиозны, то приготовьтесь к следующему вопросу: кто же вы, по-вашему, если не робот, пусть и очень сложный? Я обсуждал это в своей книге “Расширенный фенотип”. Ошибка эта содержала в себе еще один эффект – “мутацию”. Точно так же, как с теологической точки зрения казалось необходимым, чтобы Христос был рожден девственницей, кажется демонологически необходимым, чтобы любой сторонник генетического детерминизма, заслуживающий такого звания, верил, что гены “контролируют” любой аспект нашего поведения. Я написал о генетических репликаторах, что “они создали нас, наши души и тела”. В надлежащем образом искаженной цитате, например в книге Стивена Роуза, Леона Дж. Кеймина и Ричарда Ч. Левонтина “Не в наших генах” (с. 287), а до этого в научной статье Левонтина это прозвучало как “[они] *контролируют* нас, наши души и тела” (курсив мой). Я думаю, что смысл использованного мною слова “создали” очевиден и что он сильно отличается от смысла слова “контролируют”. Каждый может понять, что в действительности гены не контролируют свои создания в буквальном смысле, критикуемом как “детерминизм”. Мы без труда (даже безо всякого труда) бросаем им вызов всякий раз, когда используем противозачаточные средства.

Глава 3. Бессмертные спирали

Мы представляем собой машины выживания, но “мы” – это не только люди. В это “мы” входят все животные, растения, бактерии и вирусы. Подсчитать общее число всех существующих на земном шаре машин выживания очень трудно. Нам неизвестно даже число видов организмов. Согласно оценкам, число ныне живущих видов одних лишь насекомых достигает примерно трех миллионов, а число отдельных особей, возможно, составляет 10^{18} .

Разные типы машин выживания, по-видимому, сильно различаются как внешне, так и по внутреннему строению. Осьминог ничем не похож на мышь, и оба они сильно отличаются от дуба. Между тем по основному химическому составу они довольно сходны. В частности, имеющиеся у них репликаторы, то есть гены, представлены молекулами, которые в своей основе одинаковы у всех живых существ – от бактерий до слонов. Все мы служим машинами выживания для репликаторов одного и того же типа – молекул вещества, называемого ДНК, но существует много различных способов жить в этом мире, и репликаторы создали целый спектр машин выживания, позволяющих воспользоваться этими способами. Обезьяна служит машиной для сохранения генов на деревьях, рыба – для сохранения их в воде. Существует даже маленький червячок, сохраняющий гены в кружочках, подставляемых в Германии под кружки с пивом. Пути ДНК неисповедимы.

Для простоты я представляю дело так, будто нынешние гены в общем почти то же самое, что и первые репликаторы, возникшие в первобытном бульоне. На самом деле это может оказаться неверным, хотя в данном случае и неважным. Исходными репликаторами могли быть молекулы, родственные ДНК, или же молекулы совершенно иного типа. Во втором случае мы могли бы допустить, что на какой-то более поздней стадии ДНК захватила их машины выживания. Если это так, то исходные репликаторы, очевидно, были полностью уничтожены, поскольку в современных машинах выживания никаких следов от них не сохранилось. Продолжая развивать это направление, Александр Грэм Кернс-Смит высказал занятное предположение, что наши предки – первые репликаторы – были, возможно, не органическими молекулами, а неорганическими кристаллами-минералами, кусочками глины. ДНК, была ли она узурпатором или нет, сегодня, несомненно, находится у власти, если только, как я предположительно заметил в главе 11, в настоящее время не начинается новый захват власти.

Молекула ДНК представляет собой длинную цепь из строительных блоков, которыми служат небольшие молекулы – нуклеотиды. Подобно тому, как белковые молекулы – это цепи из аминокислот, ДНК – цепи из нуклеотидов. Молекула ДНК слишком мала, чтобы ее можно было увидеть, но ее точная структура была установлена с помощью остроумных косвенных методов. Она состоит из пары нуклеотидных цепей, свернутых вместе в изящную спираль – ту самую двойную спираль, “бессмертную спираль”. Нуклеотидные строительные блоки бывают только четырех типов, обозначаемых буквами А, Т, Ц и Г. Они одинаковы у всех животных и растений. Различна лишь их последовательность. Блок Ц из ДНК человека ничем не отличается от блока Ц улитки. Но *последовательность* строительных блоков у данного человека отличается не только от их последовательности у улитки. Она отличается также (хотя и в меньшей степени) от последовательности блоков у любого другого человека (за исключением особого случая – однояйцовых близнецов).

ДНК обитает в нашем теле. Она не сконцентрирована в какой-то одной части тела, но распределена между всеми клетками. Тело человека состоит в среднем из 10^{15} клеток, и, за известными исключениями, которыми мы можем пренебречь, каждая из этих клеток содержит полную копию ДНК, свойственной данному телу. Эту ДНК можно рассматривать как

набор инструкций, записанных с помощью нуклеотидного алфавита – А, Т, Ц, Г – и указывающих, как должно строиться тело. Представим себе громадное здание, где в каждой комнате стоит шкаф, содержащий созданные архитектором чертежи, по которым это здание строилось. В клетке таким “шкафом” служит ядро. “Чертежи” для человеческого тела составляют 46 “томов”. У других видов число “томов” – хромосом – иное. Под микроскопом они имеют вид длинных нитей, в которых в определенном порядке расположены гены. Нелегко, да и, вероятно, даже бессмысленно, решать, где кончается один ген и начинается другой. К счастью, как мы вскоре увидим, здесь это не имеет значения.

Я воспользуюсь аналогией с чертежами, свободно чередуя метафоры со словами, обозначающими реально существующие объекты. “Том” будет фигурировать в моем тексте попеременно с хромосомой, а “лист” используется наравне с геном, хотя гены разделены менее четко, чем страницы книги. С этой метафорой мы пойдем достаточно далеко. Когда она наконец перестанет срабатывать, я введу другие метафоры. Между прочим, никакого “архитектора” не было. Содержащиеся в ДНК инструкции были собраны естественным отбором.

Молекулы ДНК выполняют две важные функции. Во-первых, они реплицируются, то есть создают копии самих себя. Такое самокопирование происходило непрерывно с тех пор как возникла жизнь, и надо сказать, что молекулы ДНК достигли в этом совершенства. Взрослый человек состоит из 10^{15} клеток, но в момент зачатия он представлял собой всего одну клетку, наделенную одной исходной копией “чертежей”. Эта клетка разделилась на две, причем каждая из возникших двух клеток получила собственную копию чертежей. В результате последовательных делений число клеток увеличивается до 4, 8, 16, 32 и так далее до миллиардов. При каждом делении содержащиеся в ДНК чертежи точно, практически без ошибок, копируются.

Говорить о дупликации ДНК – это полдела. Но если ДНК действительно представляют собой чертежи для построения организма, как эти планы реализуются? Как они переводятся в ткани организма? Это подводит меня ко второй важной функции ДНК. Она косвенно контролирует изготовление молекул другого вещества – белка. Гемоглобин, упоминавшийся в главе 2, – всего одна из огромного множества белковых молекул. Закодированная в ДНК информация, записанная с помощью четырехбуквенного нуклеотидного алфавита, переводится простым механическим способом на другой, аминокислотный, алфавит, которым записывается состав белковых молекул.

Казалось бы, от создания белка очень далеко до создания организма, и тем не менее это первый маленький шаг в нужном направлении. Белки не только составляют большую часть физической структуры тела. Они осуществляют также чуткий контроль над всеми химическими процессами, происходящими внутри клетки, избирательно включая и выключая их в строго определенные сроки и в строго определенных местах. Чтобы установить, как именно это в конечном счете приводит к развитию младенца, эмбриологам придется работать не одно десятилетие, а может быть, и несколько столетий. Однако младенец-то развивается! Гены действительно косвенно регулируют построение организмов, и влияние это одностороннее: приобретенные признаки не наследуются. Сколько бы знаний и мудрости вы ни накопили в течение жизни, ни одна их капля не перейдет к вашим детям генетическим путем. Каждое новое поколение начинает на пустом месте. Гены используют тело для того, чтобы оставаться неизменными.

Эволюционное значение того факта, что гены регулируют зародышевое развитие, состоит в следующем: гены, по крайней мере частично, обеспечивают таким образом свое выживание в будущем, поскольку их выживание зависит от эффективности организмов, в которых они живут и которые были построены с их помощью. Когда-то в прошлом естественный отбор состоял в дифференциальном выживании свободно паривших в первич-

ном бульоне. Естественный отбор благоприятствует репликаторам, которые умеют строить машины выживания, – генам, достигшим совершенства в искусстве регулирования зародышевого развития. В этом смысле репликаторы не стали действовать более сознательно или целеустремленно, чем когда-либо прежде. Те же старые процессы автоматического отбора между соперничающими молекулами по критериям долговечности, плодовитости и точности копирования продолжают так же слепо и так же неуклонно, как это было в далеком прошлом. Гены не наделены даром предвидения. Они не заглядывают вперед. Гены просто существуют (причем одни преуспевают в этом больше, чем другие) – и этим все сказано. Однако качества, детерминирующие долговечность и плодовитость, теперь уже не столь просты, как прежде. Далеко не столь просты.

За последние шестьсот миллионов лет или около того репликаторы достигли замечательных успехов в технологии создания таких машин выживания, как мышцы, сердце и глаз (несколько раз независимо возникавших в процессе эволюции). До этого они радикально изменили фундаментальные черты своего образа жизни в качестве репликаторов.

Первое, что нам следует усвоить относительно современного репликатора, – это то, что он очень общителен. Машина выживания содержит не один, а многие тысячи генов. Построение организма – мероприятие кооперативное, причем внутренние связи в нем так сложны и запутанны, что отделить вклад одного гена от вклада другого почти невозможно⁹. Данный ген может оказывать самое разнообразное воздействие на совершенно разные части тела. Данная часть тела может находиться под влиянием многих генов, и эффект каждого отдельного гена зависит от его взаимодействия со многими другими генами. Некоторые гены выступают в роли главных генов, контролирующих действие кластера других генов. Вновь воспользовавшись нашей аналогией, можно сказать, что каждый данный лист чертежей имеет отношение ко многим разным частям здания, и каждый лист приобретает смысл лишь при условии перекрестных ссылок на многие другие листы.

⁹ Здесь, а также в главе 5, я отвечаю критикам генетического “атомизма”. Строго говоря, это не ответ, а предвосхищение ответа, поскольку данное суждение было высказано до выступлений критиков. Я сожалею, что мне приходится приводить такие обширные цитаты из собственных работ, но относящиеся к этому вопросу места из “Эгоистичного гена” так легко пропустить! Например, в главе “Заботливые группы и эгоистичные гены” своей книги “Большой палец панды” Стивен Джей Гулд утверждает: Не существует специальных генов “для” таких недвусмысленных элементов морфологии, как левая коленная чашечка или ноготь. Тела нельзя разложить на части, каждая из которых создается одним отдельным геном. В создании большинства частей тела участвуют сотни генов... Это критическое замечание Гулда по моей книге “Эгоистичный ген”. Обратимся теперь к тексту самой книги: Построение организма – мероприятие кооперативное, причем внутренние связи в нем так сложны и запутанны, что отделить вклад одного гена от вклада другого почти невозможно. Данный ген может оказывать самое разнообразное воздействие на совершенно разные части тела. Данная часть тела может находиться под влиянием многих генов, и эффект каждого отдельного гена зависит от его взаимодействия со многими другими генами. И еще: Как бы независимо и свободно ни совершали гены свое путешествие из поколения в поколение, их никак *нельзя* считать свободными и независимыми в роли факторов, регулирующих эмбриональное развитие. Они сотрудничают и взаимодействуют как между собой, так и с внешней средой неимоверно сложными способами. Такие выражения, как “ген длинных ног” или “ген альтруистичного поведения” – удобные обороты речи, однако важно понимать, что они означают. Нет такого гена, который сам по себе создает длинную или короткую ногу. Построение ноги требует совместного действия множества генов. Необходимо также участие внешней среды: в конечном счете ноги “сделаны” из пищи! Вполне возможно, однако, что существует некий ген, который, *при прочих равных условиях*, детерминирует развитие более длинных ног, чем его аллель. Я развил эту тему в следующем абзаце, проведя аналогию с воздействием удобрений на рост пшеницы. Создается такое впечатление, что Гулд был заранее настолько уверен в моей приверженности наивному атомизму, что не уделил внимания тем обширным разделам, где я говорю о тех самых взаимодействиях, на которых он впоследствии настаивал. Гулд продолжает: Докинзу понадобится еще одна метафора: гены, создающие фракции, образующие союзы, почитающие за честь присоединиться к какому-нибудь пакту, а также оценивающие возможные среды. В своей аналогии с греблей (глава 5) я сделал именно то, что Гулд рекомендовал мне позднее. Прочитайте это место о гребле также и для того, чтобы понять, почему Гулд, с которым мы сходимся во мнениях по столь многим вопросам, ошибается, утверждая, что естественный отбор “признает или отвергает целые организмы из-за того, что наборы частей, связанные между собой сложными взаимодействиями, дают преимущества”. Истинное объяснение “кооперативности” генов состоит в следующем: Отбор сохраняет не просто “хорошие” гены, а те гены из данного генофонда, которые хорошо функционируют на фоне других генов. Хороший ген должен быть совместим с другими генами, с которыми ему предстоит существовать в длинном ряду последовательных тел. Более полный ответ критикам генетического атомизма я дал в книге “Расширенный фенотип”.

Эта сложная взаимозависимость генов может вызвать резонный вопрос: а почему не прибегнуть к какому-нибудь собирательному названию вроде “генного комплекса”? Во многих случаях это действительно было бы удачным решением. Но если подойти к проблеме с другой стороны, то представляется также разумным рассматривать генный комплекс как совокупность дискретных репликаторов или генов. Такой подход связан с явлением пола. При половом размножении гены смешиваются и перетасовываются. Это означает, что каждое отдельное тело представляет собой лишь временное транспортное средство для короткоживущей комбинации генов. Данная комбинация генов, то есть каждый отдельный индивидуум, может быть короткоживущим, но сами гены потенциально являются долгоживущими. В ряду поколений их пути постоянно пересекаются и расходятся. Отдельный ген можно рассматривать как единицу, продолжающую существовать в ряду многочисленных последовательных индивидуальных тел. Это центральное положение, развиваемое в настоящей главе, и именно с ним некоторые из моих самых уважаемых коллег упрямо отказываются соглашаться, так что читатели должны простить мне, если им покажется, что я разрабатываю его слишком тщательно. Прежде всего я должен вкратце изложить основы явления пола.

Как было сказано выше, чертежи для построения тела человека составляют 46 томов. На самом деле это свехупрощение. Правда довольно причудлива. Эти 46 хромосом состоят из 23 пар хромосом. Можно было бы сказать, что в ядре каждой клетки хранятся два альтернативных набора по 23 тома чертежей в каждом. Назовите их том 1^а и том 1^б, том 2^а и том 2^б и так далее до тома 23^а и тома 23^б. Конечно, цифры, используемые мною для обозначения томов, а затем листов, совершенно произвольны.

Мы получаем каждую хромосому в целости и сохранности от одного из наших двух родителей, в семеннике или яичнике которых она была собрана. Тома 1^а, 2^а, 3^а, ... поступают, скажем, от отца. Тома 1^б, 2^б, 3^б, ... поступают от матери. Это очень трудно осуществить на практике, но теоретически можно разглядеть под микроскопом в любой из клеток человека 46 хромосом и отделить 23 материнские хромосомы от 23 отцовских.

Парные хромосомы не проводят всю свою жизнь, физически соприкасаясь или даже находясь поблизости одна от другой. Почему в таком случае их называют парными? А потому, что каждый том, полученный от отца, можно считать, лист за листом, прямой альтернативой одного определенного тома, полученного от матери. Например, 6-й лист тома 13^а и 6-й лист тома 13^б могут касаться цвета глаз (возможно, в одном значится: “голубые”, в другом – “карие”).

Иногда эти два альтернативных листа идентичны, а иногда, как в примере с цветом глаз, они различаются. Что же делает тело, если они дают противоречивые “рекомендации”? Решения могут быть разными. Иногда одна инструкция перевешивает другую. Если это касается цвета глаз у человека, то глаза будут карие: инструкции, детерминирующие голубые глаза, при построении тела останутся без внимания, хотя это не препятствует их передаче последующим поколениям. Ген, который игнорируется, называется рецессивным, а противостоящий ему ген – доминантным. Ген карих глаз доминирует над геном голубых глаз. Глаза человека будут голубыми только в том случае, если обе копии соответствующего листа единодушно рекомендуют голубые глаза. Гораздо чаще в тех случаях, когда два альтернативных гена не идентичны, это приводит к компромиссу – тело создается по промежуточному или даже совершенно иному плану.

Если два гена, подобно генам карих и голубых глаз, – конкуренты, стремящиеся занять одно и то же место в данной хромосоме, их называют аллельными друг другу, или аллелями. Для наших целей слово “аллель” – синоним слова “соперник”. Представим себе том чертежей в виде скоросшивателя, так что листы можно вынимать и менять местами. В каждом томе 13 должен быть лист 6, но существует несколько возможных листов 6, которые могли

бы оказаться в скоросшивателе между листьями 5 и 7. Один из них диктует “голубые глаза”, другой возможный лист – “карие глаза”. В данной популяции могут быть и другие варианты, которые диктуют другие глаза, например зеленые. Так, место листа 6 в 13-х хромосомах, разбросанных по всей популяции, может занимать любой из полудюжины альтернативных аллелей. У каждого же данного человека имеется только две хромосомы, соответствующие тому 13. Поэтому в месте, отведенном листу 6, у него может быть максимум два аллеля. Это могут быть две копии одного и того же аллеля, как у голубоглазого индивидуума, или же любые два аллеля из полудюжины альтернатив, имеющихся в популяции в целом.

Конечно, человек не может в буквальном смысле слова пойти и выбрать себе гены из полного генофонда данной популяции. В любой данный момент гены связаны внутри отдельных машин выживания. Наши гены выдаются нам в момент зачатия, и мы ничего не можем в них изменить. Тем не менее в известном смысле гены данной популяции можно в конечном счете рассматривать в общем как некий генофонд. Это слово используется генетиками в качестве специального термина. Генофонд – полезная абстракция, потому что при половом размножении гены перемешиваются, хотя и строго организованным способом. В частности, как мы сейчас увидим, что-то сходное с выниманием листов и пачек листов из скоросшивателя и их обменом происходит на самом деле.

Я описал обычное деление клетки на две новые клетки, каждая из которых получает полную копию всех 46 хромосом. Такое нормальное клеточное деление называют *митозом*. Существует, однако, клеточное деление другого типа, называемое *мейозом*. Оно происходит только при образовании половых клеток – сперматозоидов и яйцеклеток. Сперматозоиды и яйцеклетки – единственные среди клеток человека, содержащие вместо 46 только по 23 хромосомы. Это ровно половина от 46, что удобно, поскольку, сливаясь в процессе оплодотворения, они дают начало новому индивидууму с тем же числом хромосом.

Сперматозоид с его 23 хромосомами образуется в результате мейотического деления одной 46-хромосомной клетки семенника. Какие именно 23 хромосомы попадут в каждый данный сперматозоид? Очень важно, чтобы он получил не просто любые 23 из прежних хромосом: в нем не должно оказаться два экземпляра, например, тома 13 и ни одного – тома 17. Теоретически возможно, чтобы индивидуум наделил один из своих сперматозоидов целиком хромосомами материнского происхождения, то есть томами $1^{\text{м}}_1, 2^{\text{м}}_1, 3^{\text{м}}_1, \dots, 23^{\text{м}}_1$. В случае подобного маловероятного события ребенок, зачатый с участием такого сперматозоида, унаследует половину своих генов от бабки с материнской стороны и не получит ни одного гена от деда со стороны отца. На самом деле такого грубого распределения на уровне целых хромосом не происходит. Все обстоит сложнее. Вспомните, что тома (хромосомы) мы представляем себе в виде скоросшивателей. На самом деле при образовании сперматозоида отдельные листы (или скорее пачки листов) из одного тома отделяются и обмениваются местами с соответствующими пачками из альтернативного тома. Так, например, у данного сперматозоида том 1 может содержать первые 65 листов из тома $1^{\text{м}}$ и листы с 66-го и до последнего – из тома $1^{\text{б}}$. Такой же смешанный состав могут иметь остальные 22 тома этого сперматозоида. Поэтому каждый сперматозоид, образуемый данным индивидуумом, отличается от остальных, несмотря на то, что все они собрали свои 23 хромосомы из кусочков одного и того же 46-хромосомного набора. Подобным же образом в яичниках формируются яйцеклетки, каждая из которых чем-то отличается от других.

Механика этого смешивания в реальной жизни хорошо изучена. В процессе образования сперматозоида (или яйцеклетки) отдельные участки каждой отцовской хромосомы физически отделяются от других и обмениваются местами с точно соответствующими им участками материнской хромосомы. (Не забывайте, что мы говорим о хромосомах, которые индивидуум, давший сперматозоид, первоначально получил от своих родителей, то есть от

деда и бабушки с отцовской стороны ребенка, зачатого при участии этого сперматозоида.) Процесс обмена участками хромосомы называют *кроссинговером*. Он играет очень важную роль во всем, что составляет содержание настоящей книги. Это означает, что если вы стали бы рассматривать под микроскопом один из собственных сперматозоидов (или яйцеклетку, если вы женщина), было бы пустой тратой времени пытаться идентифицировать хромосомы, первоначально полученные от отца и полученные от матери. (Этим они заметно отличаются от хромосом обычных клеток тела.) Каждая отдельная хромосома сперматозоида представляет собой как бы лоскутное одеяло или мозаику из материнских и отцовских генов.

Здесь принятая нами для генов метафора с листьями начинает давать сбой. В скоросшивателе листья можно вставлять, вынимать или менять местами, но нельзя проделывать это с частями листа. Между тем генный комплекс – это всего лишь длинная низка нуклеотидов, вовсе не разделенная на четко обособленные листья. Разумеется, существуют специальные символы, обозначающие начало и конец инструкции для синтеза белковой цепи. Эти старт-сигнал и стоп-сигнал записаны с помощью того же четырехбуквенного алфавита, что и информация для построения белка. Между двумя такими знаками препинания записаны закодированные инструкции для синтеза одного белка. Если угодно, ген можно определить как последовательность нуклеотидов, расположенных между старт-сигналом и стоп-сигналом и кодирующих одну белковую цепь. Для такой единицы был предложен термин *цистрон*, и некоторые люди употребляют слова “ген” и “цистрон” на равных правах. Однако кроссинговер не считается с границами между цистронами. Разрывы могут возникать как в пределах отдельных цистронов, так и между ними, как если бы чертежи были сделаны не на отдельных листах, а на 46 рулонах тиккерной ленты. Длина цистрона не фиксирована. Установить, где кончается один цистрон и начинается другой, можно, только считывая символы на ленте и следя за появлением символов стоп- и старт-сигналов. Кроссинговер состоит в том, что из соответствующих одна другой материнской и отцовской лент вырезаются и обмениваются друг с другом соответствующие участки, независимо от того, что на них записано.

В заглавии этой книги слово “ген” означает не единичный цистрон, а нечто более тонкое. Мое определение не всем придется по вкусу, однако общепринятого определения гена не существует. Даже если бы такое определение имелось, его, как и всякое другое, не следовало бы считать незыблемым. Мы можем определить то или иное слово в соответствии с конкретными целями при условии, что определение будет ясным и недвусмысленным. Я хочу воспользоваться определением, принадлежащим Джорджу К. Уильямсу: ген – любая порция хромосомного материала, сохраняющаяся на протяжении достаточного числа поколений, чтобы служить единицей естественного отбора¹⁰. Пользуясь терминами из предыдущей главы, определим ген как репликатор с высокой точностью копирования. Точность

¹⁰ Уильямс в своей книге “Адаптация и отбор” пишет: Я считаю, что термин “ген” обозначает единицу, которая “расщепляется и рекомбинирует с заметной частотой”... Ген можно определить как любую наследственную информацию, подверженную положительному или отрицательному отбору, скорость которого в несколько или во много раз выше скорости ее эндогенного изменения. В настоящее время книга Уильямса повсеместно и заслуженно признана классической и пользуется уважением как среди “социобиологов”, так и среди критиков социобиологии. Мне кажется, ясно, что Уильямс никогда не считал свой “генный селекционизм” чем-то новым или революционным, как не считал и я в 1976 году. Оба мы думали, что мы просто еще раз подтверждаем фундаментальный принцип Фишера, Холдейна и Райта – основоположников неодарвинизма 30-х годов. Тем не менее, быть может вследствие наших бескомпромиссных высказываний, некоторые авторы, в том числе сам Сьюэлл Г. Райт, возражали против нашего мнения о том, что “ген представляет собой единицу отбора”. Их основной аргумент состоял в том, что естественный отбор “видит” организмы, а не заключенные в них гены. Мой ответ на точку зрения Райта и других изложен в “Расширенном фенотипе”. Самые последние высказывания Уильямса по вопросу о гене как о единице отбора в его статье “В защиту редуccionизма в эволюционной биологии”, как всегда, проникательны. Некоторые философы, например Дэвид Ли Халл, Ким Стирелли и Филип Китчер, Майкл Хампе и С. Р. Морган, также внесли полезный вклад в освещение проблемы “единиц отбора”. К сожалению, есть и другие философы, которые запутывали ее.

копирования означает то же самое, что и выражение “долговечность в форме копий”, я сведу это просто к долговечности. Такое определение потребует некоторого обоснования.

При любом определении ген должен составлять часть какой-либо хромосомы. Вопрос в величине этой части – сколько в нее входит тиккерной ленты? Представим себе любую последовательность примыкающих друг к другу кодовых букв на ленте. Назовем эту последовательность *генетической единицей*. Это может быть последовательность всего из десяти букв в пределах одного цистрона, или последовательность из восьми цистронов. Она может начинаться и кончиться в середине цистрона. Она будет перекрываться с другими генетическими единицами. В нее будут входить более мелкие единицы, а сама она будет частью более крупных единиц. Независимо от того, будет ли она длинной или короткой, для наших целей она представляет собой то, что мы называем генетической единицей. Это просто отрезок хромосомы, никак не отграниченный от остальной хромосомы.

Здесь мы подходим к важному моменту. Чем короче данная генетическая единица, тем дольше – в ряду поколений – она имеет шансы выжить. В частности, тем менее вероятно, что она будет разорвана при кроссинговере. Предположим, что целая хромосома в среднем претерпевает один кроссинговер при каждом образовании сперматозоида или яйца путем мейотического деления и что этот кроссинговер может произойти в любом ее участке. Для очень большой генетической единицы, длина которой составляет, скажем, половину общей длины хромосомы, вероятность разрыва при каждом мейозе равна 50 %. Если же рассматриваемая генетическая единица соответствует 1 % общей длины хромосомы, то можно считать, что вероятность ее разрыва при каждом мейозе равна 1 %. Это означает, что такая единица может сохраняться у многих поколений потомков данного индивидуума. Длина одного цистрона составляет, по-видимому, гораздо менее 1 % длины всей хромосомы. Можно ожидать, что даже группа из нескольких соседних цистронов просуществует во многих поколениях, прежде чем будет разрушена кроссинговером.

Среднюю ожидаемую продолжительность жизни данной генетической единицы удобно оценивать числом поколений, которое можно перевести в число лет. Если принять за презумптивную генетическую единицу целую хромосому, то ее жизненный цикл продолжается в течение лишь одного поколения. Допустим, что это ваша хромосома 8^а. Она образовалась в одном из семенников вашего отца незадолго до того, как вы были зачаты. Она не существовала никогда прежде за всю мировую историю. Она была создана в процессе перемешивания, происходящего при мейозе, постепенно образуясь из объединяющихся друг с другом участков хромосом от ваших бабушки и деда с отцовской стороны. Она попала в один сперматозоид, который стал единственным в своем роде. Этот сперматозоид был одним из нескольких миллионов образующих мощную армаду малюсеньких сосудов, которые все вместе всплыли в организм вашей матери. Этот сперматозоид – единственный (если только вы не один из неидентичных близнецов) из всей этой флотилии, который проник в одну из яйцеклеток вашей матери и дал вам жизнь. Рассматриваемая генетическая единица, ваша хромосома 8^а, реплицируется вместе со всем остальным вашим генетическим материалом. Теперь она существует в дублированном виде во всех клетках вашего тела. Но когда вы в свою очередь соберетесь стать отцом (или матерью), эта хромосома будет разрушена в процессе образования в вашем организме сперматозоидов (или яйцеклеток). Между этой хромосомой и вашей материнской хромосомой 8^б произойдет обмен участками. В каждой половой клетке будет создана новая хромосома 8. Она может оказаться “лучше” или “хуже” прежней, но, если исключить возможность довольно маловероятного совпадения, она будет определено иной, определено единственной в своем роде. Продолжительность жизни одной хромосомы – одно поколение.

А какова продолжительность жизни более мелкой генетической, единицы, составляющей, например, $1/100$ длины хромосомы 8^a ? Эту единицу вы также получили от отца, но весьма вероятно, что ее сборка происходила не в его организме. В соответствии с нашими прежними рассуждениями он с вероятностью 99 % получил ее в интактном состоянии от одного из двух своих родителей. Допустим, это была его мать, то есть ваша бабушка со стороны отца. Она с вероятностью 99 % получила эту хромосому в интактном виде от одного из своих родителей. В конечном счете, проследив родословную маленькой генетической единицы на достаточном числе поколений, мы дойдем до ее первоначального создателя. На какой-то стадии она, вероятно, была создана впервые в некоем семеннике или яичнике одного из ваших предков.

Позвольте мне еще раз напомнить о специальном смысле, который я вкладываю в слово “создавать”. Вполне возможно, что мелкие субъединицы, составляющие рассматриваемую нами генетическую единицу, существовали давно. Наша генетическая единица была создана в какой-то конкретный момент только в том смысле, что определяющего ее особого *расположения* субъединиц до того не существовало. Момент создания мог наступить совсем недавно, например у одного из ваших дедов или бабок. Но если речь идет об очень маленькой генетической единице, то она могла быть впервые собрана у одного из гораздо более далеких предков, возможно, у человекообразного предка, еще не достигшего статуса человека. Кроме того, имеющаяся у вас маленькая генетическая единица вполне может просуществовать в течение такого же долгого времени в будущем, оставаясь интактной при прохождении через длинный ряд ваших потомков.

Напомню также, что потомки одного индивидуума образуют не прямую линию, а ветвящееся дерево. У того (или той) из ваших предков, кем бы он ни был, который “создал” данный короткий участок вашей хромосомы 8^a , было скорее всего, помимо вас, еще много других потомков. Одну из ваших генетических единиц может иметь также ваш двоюродный брат. Она может иметься у меня, у английского премьер-министра, а также у вашей собаки, поскольку, зайдя достаточно далеко вглубь веков, у всех у нас можно обнаружить общих предков. Кроме того, точно такая же мелкая единица случайно могла быть независимо собрана несколько раз: если единица достаточно мала, совпадение нельзя считать чересчур маловероятным. Однако даже у близкого родственника вряд ли удастся обнаружить целую хромосому, в точности идентичную одной из ваших. Чем мельче генетическая единица, тем больше вероятность того, что она имеется у какого-то другого индивидуума, – тем больше вероятность того, что она многократно представлена в виде копий.

Случайное объединение в результате кроссинговера предсуществующих субъединиц – обычный способ возникновения новой генетической единицы. Другой способ, имеющий, несмотря на свою редкость, огромное эволюционное значение, называется *точковой мутацией*. Это ошибка, соответствующая буквенной опечатке в книге. Она случается редко, однако очевидно, что чем длиннее генетическая единица, тем скорее можно ожидать, что в ней возникнет изменение в результате мутации в какой-то ее точке.

Другую редкую ошибку или мутацию, имеющую важные долгосрочные последствия, называли *инверсией*. Она возникает в результате того, что участок хромосомы, выщепившись из нее, поворачивается на 180° и в таком повернутом положении вновь занимает свое место. Возвращаясь к нашей аналогии со скоросшивателем, можно сказать, что для этого придется перенумеровать листы. Иногда участки хромосом не просто поворачиваются, но, повернувшись, располагаются в совершенно другой части хромосомы или даже вообще включаются в другую хромосому. Это можно сравнить с переносом пачки листов из одного тома в другой. Значение такого рода ошибок объясняется тем, что хотя они обычно бывают губительными, иногда при этом происходит тесное *сцепление* участков генетического материала, которые начинают “сотрудничать” друг с другом. Возможно, что в результате инверсии два цистрона,

благоприятное воздействие которых проявляется лишь в случае их одновременного присутствия, поскольку каждый из них как-то дополняет или усиливает действие другого, оказываются рядом. Если затем естественный отбор будет благоприятствовать новой “генетической единице”, она распространится в будущей популяции. Возможно, на протяжении долгих лет генные комплексы усиленно перестраивались или “редактировались” именно таким путем.

Один из лучших примеров – явление мимикрии. Некоторые бабочки обладают неприятным вкусом. Они обычно имеют яркую и бросающуюся “предупреждающую” окраску, и птицы научаются избегать их. Этим воспользовались другие виды бабочек, не обладающие противным вкусом, которые подражают несъедобным бабочкам. Они сходны с последними по окраске и форме (но не по вкусу) и нередко вводят в заблуждение не только птиц, но и натуралистов. Птица, которая однажды попробовала съесть невкусную бабочку, избегает хватать всех других бабочек, которые на нее похожи. В их число входят бабочки с подражательной окраской, так что естественный отбор благоприятствует генам, детерминирующим такую окраску.

Существует много различных видов “невкусных” бабочек, и не все они сходны между собой. Данная бабочка может подражать лишь одному виду, а не всем сразу. Вообще каждый отдельный вид специализируется на подражании одному определенному “невкусному” виду. Но у некоторых мимикрирующих видов обнаружено очень странное явление: одни особи данного вида подражают одному “невкусному” виду, а другие – другому. Любая особь, промежуточная между этими двумя формами или пытающаяся подражать обоим видам сразу, была бы очень скоро съедена, но такие промежуточные особи не рождаются. Подобно тому, как каждая данная особь определенно представляет собой либо самца, либо самку, так и каждая бабочка подражает либо одному “невкусному” виду, либо другому. Одна бабочка может подражать виду А, а ее брат – виду В.

Создается впечатление, что какой-то один ген определяет, будет ли данная особь подражать виду А или виду В. Но как может один ген определять все многообразные аспекты мимикрии: окраску, форму, характер узоров окраски, ритм полета? На это следует ответить, что один ген в смысле одного цистрона, вероятно, не может. Однако в результате бессознательного и автоматического “редактирования”, осуществляемого инверсиями и другими случайными перестройками генетического материала, большой кластер прежде обособленных генов объединяется в данной хромосоме в прочно сцепленную группу. Весь этот кластер ведет себя как единый ген – в сущности, в соответствии с нашим определением, теперь он и есть единый ген, – и у него имеется “аллель”, представляющий собой другой кластер. Один кластер содержит цистроны, обеспечивающие подражание виду А, другой – цистроны, определяющие подражание виду В. Каждый кластер так редко разрывается при кроссинговере, что в природе никогда не встречаются бабочки промежуточного типа, но они довольно часто появляются при массовом разведении в лаборатории.

Под словом “ген” я имею в виду генетическую единицу, которая достаточно мала, чтобы сохраняться на протяжении многих поколений и распространяться вокруг в большом числе копий. Это не жесткое определение типа “все или ничего”, но определение несколько расплывчатое, подобное таким определениям, как “большой” или “старый”. Чем больше вероятность того, что данный участок хромосомы будет разорван при кроссинговере или изменится в результате разного рода мутаций, тем меньше он заслуживает названия гена в том смысле, который я вкладываю в этот термин. По-видимому, под это определение подпадает цистрон, но это могут быть и крупные единицы. Десяток цистронов может располагаться в хромосоме в такой тесной близости, что для наших целей их можно считать одной долгоживущей генетической единицей. Хорошим примером служит кластер, определяющий мимикрию у бабочек. Когда цистроны покидают одно тело и входят в следующее, используя сперматозоид или яйцеклетку для путешествия в следующее поколение, они, вероятно,

могут обнаружить на своем маленьком кораблике ближайших соседей по предыдущему путешествию – старых товарищей, вместе с которыми они совершили долгое путешествие, начавшееся в телах очень далеких предков. Соседние цистроны, лежащие в той же хромосоме, образуют тесно сцепленную группу попутчиков, которым лишь в редких случаях не удается “взойти на борт” того же “судна”, когда наступает пора мейоза.

Строго говоря, эту книгу следовало бы назвать не “Эгоистичный цистрон” и не “Эгоистичная хромосома”, а “Немножко эгоистичный большой кусочек хромосомы и даже еще более эгоистичный маленький кусочек хромосомы”. Такое название, мягко говоря, малопривлекательно, а поэтому, определив ген как небольшой кусочек хромосомы, потенциально сохраняющийся на протяжении многих поколений, я выбрал название “Эгоистичный ген”.

Мы теперь вернулись назад к пункту, от которого отошли в конце главы 1. Там мы убедились, что эгоистичности следует ожидать от любой сущности, заслуживающей названия основной единицы естественного отбора. Мы видели, что некоторые исследователи считают единицей естественного отбора вид, другие – популяцию или группу в пределах вида, третьи – индивидуум. Я предпочитаю рассматривать в качестве основной единицы естественного отбора, а поэтому и функциональной единицы, представляющей самостоятельный интерес, отдельный ген. В этой главе я определил ген таким образом, что при всем желании не могу оказаться неправым!

Естественный отбор в самой общей форме означает дифференциальное выживание организмов. Одни организмы сохраняются, а другие вымирают, но для того, чтобы эта селективная гибель оказывала какое-то воздействие на мир, необходимо еще одно условие: каждый организм должен существовать в большом числе копий, и по крайней мере некоторые организмы должны быть *потенциально* способны выжить – в форме копий – в течение значимого периода эволюционного времени. Этими свойствами наделены мелкие генетические единицы. Индивидуумы, группы и виды таких свойств лишены. Большая заслуга Грегора Менделя состоит в том, что он продемонстрировал возможность рассматривать наследственные единицы как неделимые и независимые частицы. Сегодня мы знаем, что это некоторое упрощение. Даже цистрон иногда поддается делению, а любые два гена, находящиеся в одной хромосоме, не вполне независимы. Что касается меня, то я определил ген как единицу, которая в значительной степени *приближается* к идеалу неделимой корпускулярности. Ген нельзя считать неделимым, но делится он редко. Он несомненно присутствует либо несомненно отсутствует в теле каждого данного индивидуума. Ген передается от деда или бабки к внуку или внучке, оставаясь интактным, и проходит через промежуточное поколение, не смешиваясь с другими генами. Если бы гены постоянно сливались друг с другом, естественный отбор в нашем теперешнем понимании был бы невозможен. Между прочим, это было доказано еще при жизни Дарвина и причинило ему немало беспокойства, поскольку в те дни господствовала теория слитной наследственности. Открытие Менделя уже было опубликовано, и оно могло бы успокоить Дарвина, но, увы, он так и не узнал о нем. Никто, по видимому, не прочитал тогда эту работу. Она привлекла внимание лишь спустя годы после смерти и Дарвина, и Менделя. Последний, возможно, не представлял себе всего значения своих открытий, иначе он мог бы написать Дарвину.

Другой аспект корпускулярности гена состоит в том, что он никогда не стареет. Он с равной вероятностью может умереть в возрасте как миллиона, так и всего ста лет. Он перепрыгивает из одного тела в другое, манипулируя ими на свой лад и в собственных целях, покидая эти смертные тела одно за другим, прежде чем они состарятся и умрут.

Гены бессмертны. Или, скорее, их определяют как генетические сущности, почти заслуживающие такого эпитета. Мы, индивидуальные машины выживания в этом мире, можем рассчитывать прожить еще несколько десятков лет. Но ожидаемая продолжительность жизни генов должна измеряться не в десятках, а в тысячах и миллионах лет.

У видов, размножающихся половым путем, отдельная особь – слишком крупная и слишком преходящая генетическая единица, чтобы ее можно было назвать значимой единицей естественного отбора¹¹. Группа индивидуумов – еще более крупная единица. С генетической точки зрения индивидуумы и группы подобны тучам на небе или пыльным бурям в пустыне. Это временные агрегации или федерации. Они не остаются стабильными в эволюционном масштабе времени. Популяции могут сохраняться довольно долго, но они постоянно смешиваются с другими популяциями, утрачивая при этом свою идентичность. Кроме того, они подвержены эволюционному изменению изнутри. Популяция недостаточно дискретна, чтобы служить единицей естественного отбора, и недостаточно стабильна и однородна, чтобы оказаться “отобранной” в ущерб другой популяции.

Отдельный организм кажется достаточно дискретным, пока он живет, но, Боже, как недолго это длится! Каждый индивидуум уникален. Эволюция невозможна, если все, чем вы располагаете – выбор между организмами, каждый из которых имеется лишь в одном экземпляре! Половое размножение – это не репликация. Точно так же, как данная популяция “загрязнена” другими популяциями, так и потомство данного индивидуума “загрязнено” потомством его полового партнера. В ваших детях от вас лишь половина, в ваших внуках – лишь четверть. По прошествии нескольких поколений вы можете надеяться только на то, что каждый из ваших многочисленных потомков будет нести в себе маленькую частичку, полученную от вас, всего несколько генов, даже в том случае, если некоторые среди этих потомков будут носить вашу фамилию.

Индивидуумы не вечны – они преходящи. Хромосомы также уходят в небытие, подобно пачке карт, полученных каждым из игроков и отыгранных вскоре после сдачи. Но с самими картами при тасовке ничего не происходит. Карты – это гены. Гены не разрушаются при кроссинговере, они просто меняют партнеров и продолжают двигаться дальше. Конечно, они движутся дальше. Это их работа. Они – репликаторы, а мы – машины, необходимые им для того, чтобы выжить. После того как мы выполнили свою задачу, нас выбрасывают. Но гены – выходцы из геологического времени, они здесь навеки.

Гены, подобно алмазам, вечны, но в несколько ином плане, чем алмазы. Отдельный кристалл алмаза постоянно сохраняет неизменную атомную структуру. Молекула ДНК не обладает таким постоянством. Жизнь каждой физической молекулы ДНК довольно коротка – возможно, несколько месяцев, и безусловно не больше продолжительности жизни

¹¹ В своих рассуждениях о том, что отдельный организм не может играть роль репликатора при естественном отборе, я, следуя Уильямсу, уделил большое внимание фрагментирующим эффектам мейоза. Теперь я вижу, что это было лишь полдела. Другая половина изложена в “Расширенном фенотипе” и в моей статье “Репликаторы и носители”. Если бы все можно было объяснить фрагментирующими эффектами мейоза, то организм с бесполом размножением, например самка палочника, был бы настоящим репликатором, своего рода гигантским геном. Однако если палочник изменяется, например теряет одну ногу, это изменение не передается следующим поколениям. Одному поколению за другим передаются только гены, независимо от того, происходит ли размножение половым или бесполом путем. Поэтому гены действительно являются репликаторами. В случае же бесполого палочника в роли репликатора выступает весь геном, но не само насекомое. Его тело в каждом поколении развивается заново из яйца под руководством генома, который представляет собой точную копию генома предшествующего поколения. Все напечатанные экземпляры этой книги будут совершенно одинаковыми. Это будут копии, но не репликаторы. Они будут копиями не потому, что списаны одна с другой, а потому, что сошли с одних и тех же печатных форм. Они не образуют родословную копий, в которой одни книги были бы предками других. Родословная копий получилась бы в том случае, если бы мы сделали ксерокопию страницы книги, затем сняли копию с этой копии, далее – копию со второй копии и так далее. В этой родословной копий действительно существовали бы связи предок-потомок. Если бы на одной из страниц какой-нибудь из копий появилось пятно, оно имело бы у всех потомков, но отсутствовало бы у предков. Такой ряд предок-потомок потенциально способен эволюционировать. На первый взгляд последовательные поколения тел палочников образуют родословную копий. Но если экспериментально вызвать изменение в одном звене родословной (например, удалить одну ногу), оно не будет передано последующим поколениям. В отличие от этого, если экспериментально внести изменение в геном одного из звеньев родословной (например, с помощью рентгеновских лучей), изменение будет передаваться последующим поколениям. Именно это, а не фрагментирующее воздействие мейоза, служит основой для утверждения, что отдельный организм не есть “единица отбора”, то есть не есть истинный репликатор. Это одно из самых важных следствий общепризнанного факта, что ламарковская теория наследственности неверна.

человека. Но молекула ДНК может теоретически продолжать существование в виде *копии* самой себя в течение 100 миллионов лет. Кроме того, подобно древним репликаторам в первичном бульоне, копии какого-то одного гена могут распространиться по всему миру. Разница лишь в том, что все современные варианты аккуратно упакованы в тела машин выживания.

Всем этим я хочу подчеркнуть потенциальное квазибессмертие гена в форме копий как его определяющее свойство. Для некоторых целей вполне приемлемо определить ген как отдельный цистрон, однако для эволюционной теории это определение следует расширить. Степень расширения зависит от целей данного определения. Мы хотим найти практическую единицу естественного отбора. Для начала мы должны перечислить те свойства, которыми должна обладать единица естественного отбора, чтобы добиться успеха. Как было установлено в главе 2, это долговечность, плодовитость и точность копирования. Затем мы просто определяем “ген” как самую большую единицу, которая, по крайней мере потенциально, обладает этими свойствами. Ген – это долгоживущий репликатор, существующий в форме многих идентичных копий. Его долговечность не безгранична. Даже алмаз нельзя считать абсолютно вечным, и даже цистрон может оказаться разрезанным пополам при кроссинговере. Ген можно определить как участок хромосомы, достаточно короткий, чтобы он мог сохраняться потенциально в течение *достаточно долгого времени* и функционировать в качестве значимой единицы естественного отбора.

Что именно означает “достаточно долгое время”? Однозначно и быстро ответить на этот вопрос нельзя. Все зависит от того, насколько сильное “давление” оказывает естественный отбор. Иными словами, насколько больше вероятность того, что погибнет “плохая” генетическая единица, а не ее “хороший” аллель. Это чисто количественный фактор, который в разных случаях будет неодинаков. Самая крупная практическая единица естественного отбора – ген – обычно занимает на шкале промежуточное положение между цистроном и хромосомой.

Ген является хорошим кандидатом на роль основной единицы естественного отбора благодаря своему потенциальному бессмертию. Теперь настало время остановиться на слове “потенциальное”. Ген *может* прожить миллион лет, но многие новые гены не доживают до конца даже в своем первом поколении. Те немногие гены, которым это удастся, выживают отчасти просто потому, что им повезло, но главным образом благодаря имеющимся у них необходимым качествам, а это означает, что они способны создавать машины выживания. Они воздействуют на эмбриональное развитие каждого из последовательного ряда тел, в которых они оказываются, в результате чего шансы этого тела на выживание и размножение становятся чуть выше, чем они могли бы быть при воздействии на него конкурентного гена или аллеля. Например, “хороший” ген может обеспечить свое выживание, последовательно наделяя тела, в которых он оказывается, длинными ногами, дающими им возможность убегать от хищников. Это частный, а не универсальный пример. Длинные ноги ведь не всегда дают преимущество. Кроту они осложняли бы жизнь. Не лучше ли нам, не увязая в деталях, подумать о каких-то *универсальных* качествах, которые мы ожидаем встретить у всех хороших (то есть долгоживущих) генов? А также о том, каковы те свойства, по которым можно сразу узнать “плохой” недолговечный ген? Таких универсальных свойств может быть несколько, но одно из них особенно тесно связано с темой книги: на генном уровне альтруизм – плохая черта, а эгоизм – хорошая. Это неумолимо вытекает из наших определений альтруизма и эгоизма. Гены непосредственно конкурируют за выживание со своими аллелями, содержащимися в генофонде, поскольку эти аллели стремятся занять их место в хромосомах последующих поколений. Любой ген, поведение которого направлено на то, чтобы повысить собственные шансы на сохранение в генофонде за счет своих аллелей, будет,

по определению, стремиться выжить (в сущности, это тавтология). Ген представляет собой основную единицу эгоизма.

Итак, мы сформулировали главную идею этой главы. Но я завуалировал при этом некоторые сложности и негласные допущения. О первой сложности мы уже вкратце говорили. Как бы независимо и свободно ни совершали гены свое путешествие из поколения в поколение, их никак *нельзя* считать свободными и независимыми в роли факторов, регулирующих эмбриональное развитие. Они сотрудничают и взаимодействуют как между собой, так и с внешней средой неимоверно сложными способами. Такие выражения, как “ген длинных ног” или “ген альтруистичного поведения” – удобные обороты речи, однако важно понимать, что они означают. Нет такого гена, который сам по себе создает длинную или короткую ногу. Построение ноги требует совместного действия множества генов. Необходимо также участие внешней среды: в конечном счете ноги “сделаны” из пищи! Вполне возможно, однако, что существует некий ген, который, *при прочих равных условиях*, детерминирует развитие более длинных ног, чем его аллель.

В качестве аналогии приведем влияние удобрения, например нитрата, на рост пшеницы. Общеизвестно, что пшеница лучше растет при внесении в почву нитрата, чем без удобрения. Никто, однако, не станет утверждать, что растение пшеницы можно получить из одного только нитрата. Совершенно очевидно, что для этого необходимы также семена, почва, солнечный свет, вода и различные минеральные вещества. Но если все эти другие факторы остаются на постоянном уровне или даже варьируют в известных пределах, добавление нитрата улучшит рост пшеницы. То же самое относится к воздействию единичных генов на развитие зародыша. Эмбриональное развитие контролируется такой сложной сетью переплетающихся взаимозависимостей, что нам лучше их не касаться. Ни один генетический фактор или фактор среды нельзя считать единственной “причиной” развития той или иной части тела младенца. Все части его тела образуются под влиянием практически бесконечного числа факторов. Но любое *различие* между одним младенцем и другим, например различие в длине ног, можно без труда объяснить одним или несколькими простыми различиями либо в среде, либо в генах. В конкретной борьбе за выживание главная роль принадлежит именно различиям, причем эволюционное значение имеют различия, контролируемые генетически.

В той мере, в какой это касается гена, его аллели – это его злейшие соперники, тогда как другие гены – это лишь часть его среды, подобно температуре, пище, хищникам или компаньонам. Эффект данного гена зависит от его среды, а в нее входят другие гены. Иногда данный ген характеризуется одним эффектом в присутствии какого-то определенного гена и совсем другим в присутствии иного набора генов. Весь набор генов данного организма образует своего рода генетический климат, или фон, изменяющий эффекты каждого отдельного гена и влияющий на них.

Здесь мы, по-видимому, столкнулись с парадоксом. Если создание младенца – столь сложный процесс, требующий совместного действия множества участников, и если каждому гену необходимы несколько тысяч других генов, чтобы выполнить данную задачу, то как примирить это с представленной мной картиной неделимых генов, перепрыгивающих, подобно сернам, из тела в тело на протяжении веков: свободных, не встречающих препятствий и своекорыстных факторов жизни? Так все это было чепухой? Вовсе нет. Может быть, кое-где я несколько увлекся, но я не говорил ерунды и никакого парадокса на самом деле нет. Это можно объяснить с помощью другой аналогии.

Один гребец в одиночку не может выиграть соревнования по гребле между Оксфордским и Кембриджским университетами. Ему нужны восемь товарищей. Каждый из них – “специалист” в своей области и всегда занимает в лодке определенное место, выполняя функции рулевого, загребных или носового. Гребля – коллективное мероприятие, причем

одни спортсмены часто бывают сильнее других. Допустим, что тренер хочет набрать идеальную команду из числа кандидатов, среди которых есть рулевые, загребные и носовые. Предположим, что отбор происходит следующим образом. Каждый день тренер создает три новые пробные команды, произвольно перебрасывая кандидатов на каждое место в лодке из одной команды в другую и устраивая затем соревнования между командами. Спустя несколько недель выясняется, что в выигрывающей команде часто участвуют одни и те же спортсмены. Их берут на заметку как хороших гребцов. Другие кандидаты чаще всего оказываются в проигрывающих командах, и от них в конце концов отказываются. Но даже выдающийся гребец может иногда оказаться в проигравшей команде либо вследствие низкого уровня других ее членов, либо просто по невезению, например из-за встречного ветра. Сильные спортсмены лишь в среднем попадают в состав выигрывающей команды.

Гребцы – это гены. Соперники за каждое место в лодке – аллели, способные занимать одно и то же место в хромосоме. Быстрая гребля соответствует способности построить тело, достигающее успеха, то есть выживающее. Ветер – это внешняя среда. Масса альтернативных кандидатов – генофонд. В той мере, в какой это касается выживания каждого отдельного тела, все его гены находятся в одной и той же лодке. Многие “хорошие” гены попадают в “плохую” компанию, оказавшись в теле, где имеется летальный ген, убивающий это тело еще в детском возрасте. В таком случае хороший ген гибнет вместе с остальными. Но это только одно тело, а ведь копии нашего хорошего гена живут и в других телах, в которых нет летального гена. Многие гены идут на дно, потому что они оказались в данном теле вместе с плохими генами, многие гибнут из-за неприятных событий другого рода, например потому, что в “их” тело ударила молния. Однако по определению удача и невезенье распределяются случайным образом, и ген, который *постоянно* проигрывает, не просто неудачник – это плохой ген.

Одно из качеств хорошего гребца – способность к слаженному взаимодействию с другими членами команды. Это может быть не менее важно, чем сильные мышцы. Как это было показано на примере с бабочками, естественный отбор может бессознательно “редактировать” данный генный комплекс с помощью инверсий и других крупных перемещений кусочков хромосом, в результате чего гены, которые хорошо кооперируются, образуют тесно сцепленные группы. Однако существует еще одна возможность для того, чтобы гены, никак не связанные между собой физически, могли отбираться по своей взаимной совместимости. Ген, хорошо сотрудничающий с большинством генов всего остального генофонда, с которыми он имеет шансы встретиться в последовательных телах, будет обладать неким преимуществом.

Например, чтобы хищник был эффективным, он должен обладать острыми резцами, кишечником определенного строения, способным переваривать мясо, и многими другими признаками. А эффективному растительноядному нужны плоские перетирающие зубы и гораздо более длинный кишечник с совершенно иным биохимическим механизмом переваривания пищи. В генофонде какого-нибудь растительноядного любой новый ген, который преподнес бы своим обладателям острые плотоядные зубы, не имел бы успеха, и не потому, что плотоядность вообще нечто дурное, но потому, что организм не может эффективно усваивать мясо, если у него нет соответствующей пищеварительной системы. Гены острых плотоядных зубов не несут в себе ничего безусловно отрицательного. Они плохи только в таком генофонде, в котором доминируют гены признаков, связанных с растительноядным типом питания.

Это очень сложная и тонкая идея. Она сложна, потому что “среда” каждого отдельного гена в значительной мере состоит из других генов, каждый из которых сам подвергается отбору, направленному на способность кооперироваться со *своей* средой из других генов. Аналогия, позволяющая пояснить эту тонкость, существует, однако она выходит за рамки

нашего повседневного опыта. Это аналогия с математической теорией игр, которая понадобится нам в связи с агрессивным соперничеством между отдельными животными. Поэтому я откладываю обсуждение этого вопроса до тех пор, пока мы не дойдем до конца главы 5, и возвращаюсь к центральной идее данной главы. Она заключается в том, что основной единицей естественного отбора лучше считать не вид, не популяцию, даже не индивидуум, а какую-то небольшую единицу генетического материала, которую удобно назвать геном. Краеугольным камнем этих рассуждений, как мы уже говорили, служит допущение, что гены потенциально бессмертны, тогда как тела и все другие единицы более высокого ранга преходящи. Рассуждения эти основаны на двух фактах: факте полового размножения и кроссинговера и факте смертности отдельного индивидуума. Сами факты несомненно верны. Однако остается вопрос, почему они верны. Почему человек, как и большинство других машин выживания, практикует половое размножение? Почему его хромосомы вступают в кроссинговер? И почему он не живет вечно?

Вопрос о том, почему человек умирает от старости, очень сложен, и его подробный разбор выходит за рамки этой книги. Помимо особых причин, было выдвинуто несколько более общих. Например, по одной теории, одряхление представляет собой накопление губительных ошибок копирования и других повреждений генов, возникающих в течение жизни индивидуума. Другая теория (теория старения), принадлежащая сэру Питеру Б. Медавара, служит хорошим примером эволюционного мышления в терминах отбора генов¹². Медавар сначала отказывается от таких классических утверждений, как “старые особи умирают, совершая акт альтруизма по отношению к виду в целом, потому что если бы они продолжали существовать, будучи слишком дряхлыми для того, чтобы размножаться, они просто создавали бы бессмысленный беспорядок и хаос”. Как указывает Медавар, такие рассуждения приводят к порочному кругу, поскольку исходят из допущения того, что они собираются доказать, а именно – что старые животные слишком дряхлы, чтобы участвовать в размножении. Кроме того, они относятся к категории наивных объяснений с точки зрения группового отбора или межвидового отбора, хотя эту их часть можно перефразировать, представив в более респектабельной форме. Собственная же теория Медавара вполне логична. Мы можем подойти к ней следующим образом.

Мы уже ставили вопрос о том, каковы самые общие атрибуты “хорошего” гена, и пришли к выводу, что один из них – это “эгоизм”. Но другое общее качество, которым должны обладать гены, добивающиеся успеха, это тенденция отсрочить смерть своих машин выживания по крайней мере до тех пор, пока последние не размножатся. Возможно, кто-то из ваших двоюродных братьев, или сестер и братьев, или сестер ваших бабушек и дедушек умер в детстве, но ни с одним из ваших прямых предков этого не случилось. Предки просто не умирают юными!

Ген, вызывающий смерть своих обладателей, называют летальным. Существуют также полuletальные (сублетальные) гены, ослабляющие индивидуум и повышающие вероятность его смерти от других причин. Каждый ген проявляет свой максимальный эффект на какой-то определенной стадии жизни организма, и летальные и полuletальные гены не

¹² Я получил нагоняй (не от самого Уильямса, конечно, и даже не с его ведома) за то, что приписал эту теорию старения Медавара, а не Уильямсу. Правда, многие биологи, особенно в Америке, познакомились с ней главным образом через опубликованную в 1957 году статью Уильямса “Плейотропия, естественный отбор и эволюция одряхления”. Верно и то, что Уильямс пошел дальше Медавара в разработке этой теории. Тем не менее я считаю, что именно Медавар сформулировал суть теории в своих книгах “Нерешенная проблема биологии” (1952) и “Уникальность индивидуума” (1957). Я должен добавить, что считаю дальнейшее развитие Уильямсом этой теории очень полезным, поскольку он разъяснил один из необходимых этапов в рассуждениях (важность “плейотропии”, или множественных эффектов гена), который Медавар специально не подчеркивает. Позднее Уильям Д. Гамильтон в статье “Формирование одряхления естественным отбором” продвинул теорию еще дальше. Кстати, я получил много интересных писем от ученых, но ни один не высказал никаких замечаний по поводу моих рассуждений об “одурачивании” генов в отношении возраста тела, в котором они находятся. Эта

составляют в этом смысле исключения. Большинство генов оказывает свое влияние на плод, некоторые другие – в детстве, третьи – в молодом возрасте, четвертые – в среднем и, наконец, некоторые в старости. (Обратите внимание, что гусеница и бабочка, в которую она превращается, содержат абсолютно одинаковые наборы генов.) Совершенно очевидно, что летальные гены должны удаляться из генофонда. Но столь же очевидно, что летали, действие которых проявляется в позднем возрасте, в генофонде более стабильны, чем летали, действующие на более ранних стадиях. Ген, оказывающий летальный эффект, находясь в старом теле, может тем не менее сохраняться в генофонде, если этот эффект проявляется после того, как данное тело имело возможность принять хоть какое-то участие в размножении. Например, ген, обуславливающий развитие в старом теле злокачественных новообразований, может быть передан многочисленным потомкам, потому что его носители успевают родить детей до развития болезни. В отличие от этого ген, вызывающий злокачественный рост у молодых индивидуумов, не может быть передан большому числу потомков, а ген, проявляющий аналогичное действие у детей, не будет передан никому вообще. Таким образом, согласно этой теории, старческое угасание – просто побочный продукт накопления в генофонде тех действующих на поздних стадиях летальных и полuletальных генов, которым удалось пройти сквозь сети естественного отбора лишь потому, что их эффект проявляется в позднем возрасте.

Сам Медавар подчеркивает, что отбор благоприятствует генам, которые сдвигают на более поздние сроки действие других, летальных, генов, а также генам, способным ускорять эффект хороших генов. Возможно, что эволюция в значительной степени заключается в генетически контролируемых изменениях времени наступления генной активности.

Важно отметить, что эта теория не требует никаких предварительных допущений о возможности размножения только в определенном возрасте. Приняв в качестве начального допущения, что все индивидуумы с равной вероятностью могут иметь ребенка в любом возрасте, теория Медавара позволяет быстро предсказать накопление в генофонде вредных генов, действие которых проявляется в позднем возрасте, а тенденция к снижению размножения в старости вытекает из этого в качестве вторичного следствия.

Несколько отклоняясь в сторону, укажем, что одно из достоинств этой теории – некоторые связанные с ней довольно интересные гипотезы. Из нее следует, например, что если бы мы захотели увеличить продолжительность жизни человека, то могли бы воспользоваться двумя основными способами. Во-первых, можно было бы запретить людям иметь детей до определенного возраста, скажем до сорока лет. Через несколько десятилетий этот минимальный возраст повысился бы до пятидесяти лет и так далее. Можно допустить, что таким способом продолжительность жизни человека удалось бы довести до нескольких сотен лет. Однако я не могу представить себе, чтобы кто-нибудь серьезно захотел завести такой поря-

док. Во-вторых, мы могли бы попытаться “обмануть” гены, заставив их считать, что тело, в котором они находятся, моложе, чем это есть на самом деле. Практически это означало бы идентифицировать изменения, происходящие во внутренней химической среде организма в процессе старения. Любое из них могло бы оказаться той “кнопкой”, которая “включает” летальные гены, действующие на поздних этапах жизни. Имитируя какие-либо несущественные химические свойства тела молодого индивидуума, быть может, удалось бы предотвратить включение таких “поздних” летальных генов. Отметим, что сами по себе химические сигналы, свойственные позднему возрасту, не должны быть губительными в обычном смысле слова. Предположим, например, что содержание некоего вещества S в теле старых индивидуумов выше, чем в теле молодых. Вещество S само по себе может быть совершенно безвредным, будучи каким-то компонентом пищи, постепенно накапливающимся в теле. Но автоматически любой ген, который оказывает вредное действие в присутствии вещества S,

хотя во всем остальном обладает благоприятным эффектом, будет сохраняться отбором в генофонде и фактически окажется тем геном, который вызывает смерть от старости. Для того чтобы избежать этого, достаточно было бы удалить из тела вещество S.

Революционность этой идеи состоит в том, что вещество S как таковое – всего лишь “метка”, указывающая на преклонный возраст. Любой врач, обративший внимание на то, что высокое содержание вещества S часто ведет к смерти, возможно, решил бы, что это вещество токсично, и ломал бы голову, пытаясь найти прямую причинную связь между ним и нарушением функций организма. Однако в рассматриваемом нами гипотетическом случае он просто терял бы понапрасну время!

Возможно, существует также некое вещество – “метка” молодости в том смысле, что содержание его выше в теле молодых индивидуумов, чем старых. Опять-таки может происходить отбор генов, обладающих благоприятным эффектом в присутствии вещества Y, но губительных в его отсутствие. Поскольку мы не имеем возможности установить природу веществ S и Y (таких веществ может быть много), нам остается просто сделать общее предсказание: чем лучше удастся смоделировать или имитировать в старом теле свойства тела молодого, какими бы несущественными эти свойства ни казались, тем дольше будет жить это старое тело.

Я должен подчеркнуть, что это всего лишь спекуляции, основанные на теории Медавара. Хотя в некотором смысле в теории Медавара по логике вещей должна быть доля правды, это не обязательно означает, что она позволяет правильно объяснить любой реальный пример старческого разрушения организма. Для наших нынешних целей важно, что взгляд на эволюцию с точки зрения отбора генов позволяет без труда объяснить тенденцию индивидуумов умирать, когда они становятся старыми. Допущение о смертности индивидуумов, занимающее центральное место в наших рассуждениях в этой главе, оправдано в рамках теории Медавара.

Другое допущение, о котором я лишь упомянул, – существование полового размножения и кроссинговера – оправдать труднее. Кроссинговер имеет место не всегда. У самцов дрозофилы он не происходит. У дрозофилы есть ген, который подавляет кроссинговер и у самок. Если бы нам надо было разводить популяцию мух, в которой этот ген содержали бы все особи, *хромосома* в “хромосомном фонде” стала бы основной неделимой единицей естественного отбора. В сущности, если довести наше определение до его логического конца, целую хромосому следовало бы рассматривать как один “ген”.

Существуют альтернативы и для полового размножения. Самки тлей без участия отцов рожают живых личинок, каждая из которых содержит все гены матери. (Между прочим, зародыш, находящийся в “матке” своей матери, может содержать в собственной матке еще меньший зародыш. Таким образом, самка тли может родить одновременно дочь и внучку, которые обе эквивалентны идентичным близнецам этой самки.) Многие растения размножаются вегетативно, выбрасывая боковые побеги. В этом случае мы предпочитаем говорить о *росте*, а не о размножении. Но тогда, если поразмыслить, различие между ростом и половым размножением вообще не очень велико, поскольку как то, так и другое происходит путем простого митотического деления клетки. Иногда растения, возникающие в результате вегетативного размножения, отделяются от родительского растения. В других случаях, например у ильма, корневые отпрыски остаются связанными с родительскими деревьями. В сущности весь ильмовый лес можно рассматривать как один индивидуум.

Итак, вопрос: почему все мы прилагаем столько усилий, чтобы смешать наши гены с генами кого-то другого, прежде чем зачать ребенка, если тли и ильмы обходятся без этого?

Такой образ действий кажется довольно странным. Почему вообще возник пол, это странное искажение прямой репликации? Что хорошего в половом размножении?¹³

Это вопрос, на который эволюционисту ответить крайне трудно. Серьезные попытки разобраться в этой проблеме по большей части сопряжены со сложнейшими математическими рассуждениями. Я собираюсь честно избежать их, ограничившись лишь одним заявлением: трудности, с которыми сталкиваются теоретики, пытаясь объяснить эволюцию пола, по крайней мере отчасти связаны с тем, что по их представлениям индивидуум старается максимизировать число своих выживающих генов. В свете таких представлений половое размножение воспринимается как нечто парадоксальное, поскольку это “неэффективный” для индивидуума способ размножать свои гены: каждый ребенок получает при этом только 50 % генов данной самки, а остальные 50 % поставляет ее половой парт-нер. Если бы только самка подобно тле отпочковывала детенышей, которые были бы ее точными копиями, она передавала бы следующему поколению в теле каждого детеныша 100 % своих генов. Этот кажущийся парадокс заставил некоторых теоретиков примкнуть к сторонникам теории группового отбора, поскольку на уровне группы относительно легко представить себе преимущества полового процесса. Как высказался по этому поводу без лишних слов Уолтер Бодмер, половое размножение “облегчает накопление в одном индивидууме благоприятных мутаций, которые возникали по отдельности у разных индивидуумов”.

Однако этот парадокс покажется менее парадоксальным, если в соответствии с приведенными в моей книге доводами рассматривать индивидуум как машину выживания, создаваемую короткоживущей конфедерацией долгоживущих генов. В этом случае “эффективность” с точки зрения индивидуума в целом окажется несущественной. Половое размножение и его альтернатива – размножение бесполое – будут рассматриваться как признак, контролируемый одним геном, подобно такому признаку, как цвет глаз (голубые или карие). Ген, “определяющий” половое размножение, манипулирует всеми остальными генами в своих эгоистичных целях. То же самое делает ген кроссинговера. Существуют даже особые гены, называемые мутаторами, которые управляют частотой ошибок, допускаемых при копировании других генов. По определению, ошибка при копировании неблагоприятна для гена, который был неверно скопирован. Но если она благоприятна для индуцировавшего ее эгоистичного гена-мутатора, то этот мутатор может распространиться в генофонде. Точно так же, если кроссинговер создает преимущество для гена кроссинговера, то этого достаточно для объяснения существования кроссинговера. А если половое размножение как противоположное бесполому благоприятно для гена, определяющего половое размножение, то этого достаточно для объяснения существования последнего. Благоприятно ли оно для всех остальных генов данного индивидуума, не очень важно. С точки зрения эгоистичного гена половое размножение вовсе не такое уж странное явление.

Эти рассуждения угрожающе приближаются к порочному кругу, поскольку существование полового размножения – неременное предварительное условие для цепи рассуждений, которые ведут к тому, чтобы считать ген единицей отбора. Я полагаю, что этого порочного круга можно избежать, но настоящая книга – не место для дальнейшего обсуждения данного вопроса. Половое размножение существует. Уж это точно. Именно благодаря существованию полового размножения и кроссинговера мелкая генетическая единица, или ген, может рассматриваться в качестве наиболее вероятного кандидата на роль фундаментального независимого фактора эволюции.

¹³ Вопрос о том, для чего нужно половое размножение, продолжает нас мучить так же, как прежде, несмотря на ряд будоражащих ум книг, в особенности Майкла Т. Гизлина, Джорджа К. Уильямса, Джона Мейнарда Смита и Грэма А. К. Белла, а также труд под редакцией Ричарда Э. Мишо и Брюса Р. Левина. Для меня самой волнующей новой идеей была теория паразитов Уильяма Д. Гамильтона, которая популярно изложена Джереми Черфасом и Джоном Грибином в их книге “Лишний самец”.

Половое размножение – не единственный кажущийся парадокс, который становится менее запутанным, как только мы подходим к нему с позиций эгоистичного гена. Кажется, например, что организмы содержат в себе гораздо больше ДНК, чем это им необходимо: значительная часть ДНК никогда не транслируется в белок. С точки зрения индивидуального организма это представляется парадоксальным. Если “предназначение” ДНК состоит в том, чтобы надзирать за построением организмов, то странно, что значительная ее часть не принимает в этом участия. Биологи ломают себе голову, пытаясь понять, какую полезную функцию несет эта, казалось бы, избыточная ДНК. Однако с точки зрения самих эгоистичных генов в этом нет никакого парадокса. Истинное “предназначение” ДНК состоит в том, чтобы выжить – не больше и не меньше. Проще всего объяснить наличие избыточной ДНК, предположив, что это некий паразит или в лучшем случае неопасный, но бесполезный пассажир, попросивший подвезти его в машине выживания, созданной остальной ДНК¹⁴.

Некоторые люди возражают против такого “геноцентрического”, по их представлениям, взгляда на эволюцию. В конечном счете, заявляют они, на самом деле живут или умирают целостные индивидуумы со всеми своими генами. Надеюсь, в этой главе я достаточно подробно разъяснил, что здесь на самом деле нет никаких разногласий. Точно так же, как гонку выигрывают или проигрывают целые лодки, выживают или умирают действительно индивидуумы, и *непосредственное* проявление естественного отбора почти всегда наблюдается на уровне индивидуумов. Однако долговременные последствия неслучайных смерти и успеха размножения индивидуумов выражаются в форме изменяющихся частот генов в генофонде. С некоторыми оговорками, генофонд играет для современных репликаторов ту самую роль, которую первичный бульон играл для первых репликаторов. Половое размно-

¹⁴ Мое предположение о том, что избыточная нетранслируемая ДНК – это своекорыстный паразит, было подхвачено и развито молекулярными биологами (см. статьи Оргела и Крика, а также Дулиттла и Сапиенцы) под броским названием “эгоистичная ДНК”. Стивен Джей Гулд в книге “Зубы курицы и пальцы лошади” сделал соблазнительное (для меня) заявление, что, несмотря на историю возникновения идеи эгоистичной ДНК, “теория эгоистичных генов и теория эгоистичной ДНК самым резким образом различаются по структуре объяснений, на которых они основаны”. Я считаю ход его рассуждений ошибочным, но интересным (что, между прочим, соответствует его мнению о моих рассуждениях, как он любезно сообщил мне). После вводных замечаний о “редукционизме” и “иерархии” (которые я, как обычно, не нахожу ни ошибочными, ни интересными) он продолжает: Частота эгоистичных генов Докинза возрастает, потому что они оказывают воздействие на тела, помогая им в их борьбе за существование. Частота эгоистичной ДНК возрастает по прямо противоположной причине: она не оказывает никакого воздействия на тела... Я признаю различие, проводимое Гулдом, но не считаю его фундаментальным. Напротив, я все еще рассматриваю эгоистичную ДНК как частный случай всей теории эгоистичного гена – именно так впервые возникла идея об эгоистичной ДНК. (Представление об эгоистичной ДНК как о частном случае, возможно, даже еще яснее выражено в главе 10 этой книги, чем во фрагменте, на который ссылаются Дулиттл и Сапиенца, а также Оргел и Крик. Между прочим, Дулиттл и Сапиенца в названии своей статьи пользуются словами “эгоистичные гены”, а не “эгоистичная ДНК”). Позвольте мне ответить Гулду с помощью следующей аналогии. Частота генов, детерминирующих желтые и черные полосы в окраске ос, возрастает, потому что такая (предупреждающая) окраска сильно воздействует на мозг других животных. Частота генов, детерминирующих желтые и черные полосы в окраске тигров, возрастает “по прямо противоположной причине”: в идеальном случае эта (покровительственная) окраска не оказывает никакого воздействия на мозг других животных. Это различие аналогично (хотя и на другом иерархическом уровне) различию, о котором говорит Гулд, но это тонкое различие, касающееся деталей. Едва ли мы станем утверждать, что эти два случая “самым резким образом различаются по структуре объяснений, на которых они основаны”. Оргел и Крик попадают в точку, когда они проводят аналогию между эгоистичной ДНК и яйцами кукушки: ведь эти яйца остаются незамеченными благодаря тому, что они выглядят точно так же, как яйца хозяйки гнезда. Между прочим, в последнем издании Оксфордского словаря английского языка дается новое значение слова *selfish*: “Применительно к гену или генетическому материалу: обладающий тенденцией к воспроизведению или распространению несмотря на отсутствие фенотипического эффекта”. Это прекрасное сжатое определение “эгоистичной ДНК”, и второй из приведенных в словаре иллюстрирующих примеров действительно относится к эгоистичной ДНК. По-моему, однако, заключительная фраза “несмотря на отсутствие фенотипического эффекта” неудачна. Эгоистичные гены *могут* не оказывать воздействия на фенотип, но многие из них обладают таким эффектом. Лексикографам предоставляется возможность заявить, что они относили эту последнюю фразу только к “эгоистичной ДНК”, которая действительно не обладает никакими фенотипическими эффектами. Но их первый иллюстрирующий пример, взятый из “Эгоистичного гена”, касается также эгоистичных генов, которые фенотипическими эффектами как раз обладают. Однако я далек от того, чтобы выражать недовольство, раз уж мне выпала честь быть упомянутым в Оксфордском словаре английского языка. Дальнейшее обсуждение эгоистичной ДНК см. в книге “Расширенный фенотип”.

жение и кроссинговер как бы обеспечивают сохранение современного эквивалента этого бульона в жидком состоянии. Благодаря половому процессу и кроссинговеру генофонд все время хорошо перемешивается, а гены частично перетасовываются. Эволюция – процесс, с помощью которого число одних генов в генофонде возрастает, а число других уменьшается. Было бы хорошо, если бы мы при попытке объяснить эволюцию какого-нибудь признака, например альтруистичного поведения, всякий раз просто спрашивали самих себя: “А какое действие окажет этот признак на частоты генов в генофонде?” Иногда язык генов становится несколько нудным, и мы будем прибегать к метафорам. Но мы всегда будем придирчиво оценивать их, чтобы в случае необходимости можно было вновь вернуться к генному языку.

В той мере, в какой это касается отдельного гена, генофонд – это тот бульон, в котором протекает жизнь гена. Единственное изменение состоит в том, что нынче он обеспечивает свое существование, кооперируясь со сменяющимися одна другую группами компаньонов, которых он черпает из генофонда, создавая одну за другой смертные машины выживания. Этим машинам выживания и тому, в каком смысле можно говорить, что гены контролируют их поведение, посвящена глава 4.

Глава 4. Генная машина

Вначале машины выживания служили всего лишь пассивными вместилищами для генов, предоставляя им только стены для защиты от химических средств нападения их соперников и от случайных бомбардировок окружающими молекулами. В этот ранний период они “кормились” на органических молекулах, в изобилии содержащихся в первичном бульоне. Беззаботной жизни пришел конец, когда запасы органической пищи, медленно создававшейся в первичном бульоне в течение многих веков под действием солнечного света, были исчерпаны. Одна из главных ветвей машин выживания, которые мы теперь называем растениями, начала сама непосредственно использовать солнечный свет для построения из простых молекул более сложных, вновь введя в действие процессы синтеза, протекавшие в первичном бульоне, однако теперь эти процессы происходили гораздо быстрее. Другая ветвь, называемая теперь животными, “открыла” для себя возможность эксплуатировать растения, поедая либо непосредственно плоды их биохимической деятельности, либо других животных. В процессе эволюции обе главные ветви машин выживания создавали все более и более замысловатые способы повышения своей эффективности в соответствии со своими различными образами жизни, непрерывно расширяя круг доступных ниш и местобитаний. Главные ветви делились на ветки и веточки, каждая из которых достигала совершенства в приспособлении к тому или иному специализированному образу жизни: в море, на земле, в воздухе, под землей, на деревьях, в телах других организмов. В результате такого ветвления возникало огромное разнообразие животных и растений, так поражающее нас сегодня.

Как у животных, так и у растений в результате эволюции возникли многоклеточные тела, причем каждая клетка получила полные копии всех генов, положенных данному виду. Мы не знаем, когда, почему и сколько раз это происходило. Некоторые авторы прибегают к метафоре, описывая тело как колонию клеток. Я предпочитаю представлять тело как колонию *генов*, а клетку – как удобную рабочую единицу для химической деятельности генов.

Но даже будучи колониями генов, тела в своем поведении несомненно обрели некую индивидуальность. Животное движется как согласованное целое. Субъективно я воспринимаю себя как нечто единое, а не как колонию. Это естественно. Отбор благоприятствовал генам, способным сотрудничать с другими генами. В отчаянной конкуренции за скудные ресурсы, в непрерывной борьбе за поедание других машин выживания и в стремлении избежать того, чтобы быть съеденным самому, центральная координация активности этой “коммуны” несомненно давала преимущество по сравнению с анархией. В наши дни сложнейшая взаимная коэволюция генов достигла такого уровня, что этот “коммунальный” характер отдельной машины выживания буквально невозможно разглядеть. Многие биологи в самом деле не признают его и не согласятся со мной.

К счастью, несогласие это носит, в сущности, академический характер и не мешает книге в остальном, как сказали бы журналисты, “заслуживать доверия”. Подобно тому, как не имеет смысла говорить о квантах и элементарных частицах, если речь идет о работе автомобиля, ни к чему все время упоминать гены, обсуждая поведение машин выживания. На практике бывает удобно рассматривать отдельное тело как фактор, который “старается” увеличить число всех своих генов в последующих поколениях. Я буду пользоваться этим удобным языком. Выражения “альтруистичное поведение” и “эгоистичное поведение” всегда означают поведение одного животного тела по отношению к другому, если только нет специальных оговорок.

Эта глава посвящена *поведению* – умению быстро двигаться, которое широко используется животной ветвью машин выживания. Животные стали активными предприимчивыми

носителями для генов – генными машинами. Характерная черта поведения в том смысле, какой вкладывают в этот термин биологи, это быстрота. Растения двигаются, но очень медленно. В кинофильме, полученном методом цейтраферной съемки, лазающие растения выглядят, как активные животные. Но на самом деле движение растений представляет собой главным образом необратимый рост. В отличие от этого у животных в процессе эволюции возникли приспособления, обеспечивающие в сотни тысяч раз более быстрое движение. Кроме того, движения, совершаемые животными, обратимы и их можно повторять бесчисленное множество раз.

Приспособление, возникшее у животных в процессе эволюции для ускорения движения, – это мышца. Мышцы – это двигатели, которые, подобно паровому двигателю и двигателю внутреннего сгорания, расходуют энергию, запасенную в химическом топливе, для совершения механической работы. Различие между ними состоит в том, что непосредственная механическая сила данной мышцы имеет форму напряжения, а не давления газа, как в паровом двигателе и двигателе внутреннего сгорания. Но мышцы подобны двигателям в том смысле, что их усилие часто прилагается к канатам и рычагам с шарнирами. В наших телах рычаги – это кости, канаты – сухожилия, а шарниры – суставы. Нам известно очень многое о тех процессах на молекулярном уровне, которые происходят при работе мышцы, но меня больше интересует вопрос о ритме мышечных сокращений.

Приходилось ли вам наблюдать за работой какого-либо сложного искусственного механизма – вязальной или швейной машины, ткацкого станка, автоматической разливочной линии или пресса-подборщика сена? Поражает хитроумная слаженность всех операций. Клапаны открываются и закрываются в нужном порядке, стальные пальцы ловко завязывают узел на веревке, стягивающий кипу сена, а затем именно в нужный момент высккивает нож и обрезают веревку. Во многих машинах, созданных человеком, согласование операций во времени осуществляется при помощи блестящего изобретения – кулачкового механизма. Этот механизм преобразует простое вращательное движение в сложную периодическую последовательность операций при помощи эксцентрика или колеса специальной формы. На сходном принципе основана и работа музыкальной шкатулки. В других инструментах, таких, как орган и пианола, используются бумажные ленты или карты с дырочками, расположенными определенным образом. В последнее время эти простые механические таймеры стали заменять электронными. Цифровые вычислительные машины служат примерами больших и разнообразных электронных устройств, которые можно использовать для генерирования сложных движений, происходящих в строго определенном ритме. Основным элементом современной электронной машины, такой, как компьютер, служит полупроводник, одна из разновидностей которого – транзистор – хорошо нам знакома.

Машины выживания далеко обошли кулачки и перфокарты. Аппарат, который они используют для согласования во времени своих движений, имеет больше общего с компьютером, хотя его действие основано на совершенно иных принципах. Главная единица биологического компьютера – нервная клетка, или нейрон, – по своему внутреннему устройству совсем не похожа на транзистор. Конечно, код, с помощью которого нейроны обмениваются информацией, напоминает код, основанный на последовательности импульсов, который используется в цифровых вычислительных машинах, однако отдельный нейрон гораздо более хитроумная единица для переработки информации, чем транзистор. Вместо всего-навсего трех связей с другими компонентами у одного нейрона их могут быть десятки тысяч. Нейрон действует медленнее, чем транзистор, но он достиг гораздо большего в направлении миниатюризации, которой на протяжении двух последних десятилетий уделялось главное внимание в электронной промышленности. В этом нетрудно убедиться уже по одному тому, что в головном мозгу человека имеется примерно 10^{10} нейронов, тогда как транзисторов черепная коробка могла бы вместить всего несколько сотен.

Растениям нейроны не нужны, потому что они могут обеспечить свое существование, не сходя с места; однако у преобладающего большинства животных нейроны имеются. Возможно, нейрон был “открыт” на ранних стадиях эволюции животных и унаследован всеми их группами, но не исключено, что его “открытие” происходило независимо несколько раз.

В своей основе нейроны – это просто клетки. Подобно другим клеткам, они содержат ядро и хромосомы. Но их клеточные стенки вытянуты в виде длинных тонких отростков, похожих на провода. Часто у нейрона имеется один особенно длинный “провод”, называемый аксоном. Хотя в ширину аксон имеет микроскопические размеры, в длину он может достигать нескольких метров: например, у жирафа есть аксоны, которые тянутся во всю длину его шеи. Аксоны обычно собраны в пучки, образуя толстые многожильные кабели, называемые нервами. Нервы тянутся от одной части тела к другой, передавая информацию, подобно магистральным телефонным кабелям. У других нейронов аксоны короткие и не выходят за пределы плотных скоплений нервной ткани, называемых ганглиями, а в тех случаях, когда они очень большие – мозгом. В функциональном плане мозг можно рассматривать как аналог компьютера¹⁵. Мозг и компьютер аналогичны, поскольку как тот, так и другой после анализа поступающей извне сложной информации и сопоставления ее с информацией, хранящейся в памяти, генерируют на выходе комплексную информацию.

Главный способ, которым мозг помогает машинам выживания достигнуть успеха, – это регуляция и координация мышечных сокращений. Для этого необходимы провода, идущие к мышцам. Провода эти называются двигательными (моторными) нервами. Но регуляция и координация мышечных сокращений может надежно обеспечить сохранность генов лишь в том случае, если ритм этих сокращений каким-то образом соотносится с ритмом событий, происходящих во внешнем мире. Важно, чтобы челюстные мышцы сокращались только тогда, когда между челюстями находится что-то, что стоило бы откусить, а мышцы

¹⁵ Подобные утверждения вызывают беспокойство у критиков, склонных воспринимать все слишком буквально. Они безусловно правы, считая, что мозг во многом отличается от компьютера. Например, процессы, происходящие в мозгу, совершенно не похожи на способы действия компьютеров, созданных нашей техникой. Но это никоим образом не умаляет справедливость моего утверждения о том, что мозг и компьютер выполняют аналогичные функции. В функциональном смысле головной мозг в точности выполняет обязанности бортового компьютера: переработка данных, распознавание образов, кратковременное и долговременное хранение данных, координация операций и так далее. Раз мы заговорили о компьютерах, следует указать, что мои замечания о них устарели. Это может обрадовать вас или огорчить, в зависимости от ваших взглядов. Например, я написал, что “транзисторов черепная коробка могла бы вместить всего несколько сотен”. Современные транзисторы построены на интегральных схемах. Число единиц, эквивалентных транзисторам, которое может вместить человеческий череп, измеряется миллиардами. Я утверждал также, что компьютеры, играющие в шахматы, могут достигнуть уровня хорошего любителя. Сегодня программы, обыгрывающие любого шахматиста, за исключением очень серьезных, запросто выполняются на дешевых домашних компьютерах, а самые лучшие программы бросают серьезный вызов великим мастерам. Вот, например, что писал шахматный обозреватель журнала “Спектейтор” Реймонд Кин в номере от 7 октября 1988 года: Пока еще остается некой сенсацией, когда титулованного шахматиста обыгрывает компьютер, но, вероятно, этому скоро придет конец. В наши дни самое опасное железное чудовище, способное бросить вызов человеческому мозгу, – это машина, получившая изящное название “Глубокомысленный” (*Deep Thought*), несомненно, в честь персонажа Дугласа Адамса. Последний свой подвиг она совершила на Открытом чемпионате США, состоявшемся в августе в Бостоне, где она терроризировала своих соперников-шахматистов. У меня пока нет сведений о суммарном рейтинге “Глубокомысленного”, но я наблюдал за его игрой, когда он одержал впечатляющую победу над сильным канадским шахматистом Игорем Ивановым – человеком, обыгравшим однажды Карпова! Следите внимательно. Возможно, что это будущее шахмат. Далее следует подробный, ход за ходом, разбор партии. Вот как Кин оценивает 22-й ход “Глубокомысленного”: Превосходный ход... Идея была в том, чтобы централизовать ферзя... и это замечательно быстро привело к успеху. Поразительный результат... Ферзевый фланг черных полностью рушится вторжением ферзя. Ответные действия Иванова описаны так: Отчаянный выпад, от которого компьютер с презрением отмахивается... Предельное унижение. Машина игнорирует возврат королевы, устроив вместо этого внезапный мат... Черные сдаются. Дело не только в том, что “Глубокомысленный” – один из лучших в мире шахматистов. Пожалуй, еще более поразительно, что комментатор в своем репортаже невольно как бы наделяет машину человеческим сознанием. “Глубокомысленный” у него “с презрением отмахивается” от предпринятого Ивановым “отчаянного выпада”. Кин называет “Глубокомысленного” “агрессивным” игроком. Он говорит, что Иванов “надеется” на какой-то исход, но во всех его словах чувствуется, что он готов употребить такое слово, как “надежда”, и применительно к компьютеру. Лично я надеюсь дождаться того дня, когда компьютерная программа выиграет матч на первенство мира. Человечеству необходимо подвергнуться испытанию унижением.

ноги сокращались так, как это необходимо для бега, когда надо бежать за кем-то или от кого-то. Поэтому естественный отбор благоприятствовал сохранению животных, приобретших органы чувств – приспособления, позволяющие транслировать образы происходящих во внешнем мире физических событий в импульсный код нейронов. Головной мозг соединен с органами чувств – глазами, ушами, вкусовыми луковицами и тому подобным – проводами, называемыми чувствительными (сенсорными) нервами. Деятельность сенсорных систем особенно непостижима, потому что они достигают гораздо большего искусства в распознавании образов, чем самые лучшие и дорогостоящие машины, созданные человеком. Если бы этого не было, все машинистки остались бы без работы: их место заняли бы машины, распознающие устную речь, или машины, способные считывать рукописный текст. Но машинистки будут нужны еще в течение многих десятков лет.

Возможно, когда-то давно органы чувств были связаны с мышцами более или менее напрямую. В сущности ныне живущие актинии недалеко ушли от такой организации нервно-мышечной системы, поскольку для их образа жизни она достаточно эффективна. Но для обеспечения более сложных, непрямых связей между координацией во времени мышечных сокращений в зависимости от событий, происходящих во внешнем мире, необходим в качестве посредника мозг того или иного рода. Заметным продвижением вперед было “изобретение” в процессе эволюции памяти. Благодаря памяти на координацию мышечных сокращений могут оказывать влияние не только недавние события, но и события весьма далекого прошлого. Память, или накопитель, составляет существенную часть цифровой вычислительной машины. Память компьютера более надежна, чем память человека, но она обладает меньшей емкостью и значительно менее изобретательна в отношении способов поиска информации.

Одно из самых удивительных свойств поведения машины выживания – это ее явная целенаправленность. Я здесь имею в виду не только то, что она, по-видимому, точно рассчитана на обеспечение выживания генов животного, хотя, разумеется, на это она рассчитана. Я имею в виду более близкую аналогию с целенаправленным поведением человека. Когда мы наблюдаем за животным, занятым “поиском” пищи, брачного партнера или потерявшегося детеныша, мы невольно приписываем ему некие субъективные ощущения, которые испытываем мы сами при подобного рода поисках. Это может быть “желание” получить какой-то предмет, его “мысленный образ”, “цель” или “намерение”. Каждый из нас знает на основании результатов самоанализа, что по крайней мере у одной современной машины выживания эта целенаправленность привела в процессе эволюции к возникновению “самосознания”. Я недостаточно силен в философии, чтобы обсуждать смысл всего этого, но к счастью это не имеет значения для наших целей, поскольку можно говорить о машинах, которые ведут себя так, как если бы ими двигала какая-то цель, оставляя открытым вопрос о том, действительно ли они наделены сознанием. Эти машины в своей основе очень просты, а принципы бессознательного целенаправленного поведения относятся к числу тривиальных инженерных решений. Классическим примером служит регулятор Уатта, или центробежный регулятор паровой машины.

Лежащий в основе всего этого принцип носит название отрицательной обратной связи. Обычно это происходит следующим образом. “Целеустремленная машина”, то есть машина или предмет, ведущая себя так, как если бы она стремилась к некоей осознанной цели, снабжена тем или иным измерительным устройством, которое регистрирует несоответствие между текущим и “желаемым” состояниями. Оно сделано таким образом, что чем больше несоответствие, тем сильнее воздействие на машину. В результате машина автоматически стремится уменьшить несоответствие – вот почему этот принцип называют *отрицательной* обратной связью, – и по достижении “желаемого” состояния обеспечивается равновесный режим работы. Регулятор Уатта состоит из двух шариков, которые вращаются паровой

машиной. Шарики расположены на концах качающихся рычагов. Чем быстрее вращаются шарики, тем дальше расходятся рычаги, стремясь занять горизонтальное положение под действием центробежной силы, которой противодействует гравитация. Рычаги связаны с клапаном подачи пара таким образом, что подача пара уменьшается, когда рычаги приближаются к горизонтальному положению. Так, если машина работает слишком быстро, подача пара уменьшается и ее ход замедляется. Если же ход замедляется слишком сильно, подача пара клапаном автоматически увеличивается и скорость повышается. В таких “целеустремленных” машинах часто возникают колебания, обусловленные перерегулированием или задержками во времени, и дело чести инженеров ввести в них дополнительные устройства, уменьшающие эти колебания.

“Желаемое” состояние регулятора Уатта – определенная скорость вращения. Совершенно очевидно, что регулятор не стремится к этому сознательно. “Цель” машины определяется просто как то состояние, к которому она приближается. В современных машинах используются результаты, полученные в процессе дальнейшего развития таких принципов, как отрицательная обратная связь, чтобы добиться гораздо более сложного поведения, приближающегося к поведению живых систем. Например, управляемые ракеты как бы активно ищут свою цель и, когда она оказывается в пределах досягаемости, как бы преследуют ее, реагируя на все повороты и изменения направления, которые она предпринимает, чтобы избежать встречи с ракетой, а иногда даже “предсказывая” или “предвидя” их. В детали того, как это достигается, мы вдаваться не будем. В этом участвует несколько различных типов отрицательной обратной связи и другие принципы, хорошо знакомые инженерам и, как теперь стало известно, широко используемые живыми организмами. Нет необходимости постулировать у ракеты нечто, хотя бы отдаленно приближающееся к сознанию, несмотря на то, что обывателю, наблюдающему за ее осмотровым и целенаправленным поведением, трудно бывает поверить, что в ней нет человека, непосредственно управляющего ее полетом.

Широко распространено неверное представление о том, что если такая машина, как управляемая ракета, была спроектирована и построена человеком, то все ее действия должны непосредственно контролироваться человеком. Другой вариант этой ошибки – утверждение, что “компьютеры на самом деле не играют в шахматы, потому что они могут делать только то, что им приказывает оператор”. Нам важно понять, почему такие утверждения ошибочны, так как они оказывают влияние на наши представления о том, в “каком смысле можно говорить о контроле” над поведением со стороны генов. Игра компьютера в шахматы служит хорошим примером, так что я вкратце остановлюсь на нем.

Компьютеры пока еще не играют в шахматы так хорошо, как гроссмейстеры, но они уже достигли уровня хороших любителей. Строго говоря, этого уровня достигли *программы*, потому что шахматной программе все равно, на каком компьютере она будет демонстрировать свои способности. В чем же заключается роль составителя программы? Прежде всего он ни в коем случае не манипулирует компьютером шаг за шагом, как кукольник, дергающий за веревочки. Это было бы просто жульничеством. Он пишет программу, закладывая ее в компьютер, после чего компьютер действует самостоятельно: человек больше не вмешивается, если не считать того, что противник вводит в машину свои ходы. Но, быть может, составитель программы предвидит все комбинации, которые возникают на шахматной доске, и снабжает компьютер длинным списком нужных ходов для каждого возможного случая? Безусловно, нет, потому что число возможных комбинаций в шахматной игре невероятно велико и такой список пришлось бы составлять до конца света. По той же причине компьютер нельзя запрограммировать таким образом, чтобы он мог перебирать все возможные ходы и все последствия, к которым они могут привести, до тех пор, пока не найдет стратегию, ведущую к выигрышу. Число возможных шахматных партий больше, чем число ато-

мов в нашей Галактике. Ограничим этим свои замечания о невозможности разрешить такую проблему, как составление компьютерных программ для игры в шахматы, тривиальными способами. Это действительно чрезвычайно трудная проблема, и едва ли следует удивляться тому, что лучшие программы все еще не достигли гроссмейстерского уровня.

В сущности роль программиста сходна с ролью отца, обучающего своего сына шахматной игре. Он показывает компьютеру основные ходы, причем не с каждой отдельной возможной позиции, а в виде более лаконичных правил. Он не говорит на простом общепонятном языке “слоны ходят по диагоналям”, но прибегает к их математическому эквиваленту, например (хотя и несколько короче): “Новые координаты слона выводятся из его прежних координат прибавлением одной и той же константы, хотя не обязательно с одинаковым знаком, к прежней координате x и прежней координате y ”. Затем он может внести в программу какой-нибудь совет, сформулированный на том же математическом или логическом языке, но сводящийся, если его выразить общедоступным языком, к таким подсказкам, как “не оставляйте короля открытым”, или к таким полезным хитростям, как “сделать вилку” конем. Все эти подробности очень любопытны, но они увели бы нас слишком далеко в сторону. Суть же состоит в следующем: во время игры компьютер предоставлен самому себе, и все, что может сделать программист, – как можно лучше *заранее* обеспечить компьютер, снабдив его в соответствующих пропорциях перечнями специальных сведений и указаниями относительно стратегий и методов.

Гены регулируют поведение своих машин выживания не непосредственно, дергая пальцами за веревочки подобно кукольнику, а косвенно, подобно составителю программы для компьютера. Все, что они могут сделать, – заранее снабдить свои машины необходимыми инструкциями. Затем машины действуют самостоятельно, а гены пассивно сидят внутри них. Почему они так пассивны? Почему они не берут в свои руки вожжи и не руководят процессом шаг за шагом? Это невозможно вследствие проблем, порождаемых отставанием во времени. Лучше всего это объяснить, прибегнув к еще одной аналогии, заимствованной из научной фантастики. “Андромеда” Фреда Хойла и Джона Эллиота – увлекательная книга и, подобно всем хорошим научно-фантастическим произведениям, затрагивает несколько интересных научных проблем. Как это ни странно, о самой важной из них в ней явно не говорится. Читателю предоставляется возможность обратиться к собственному воображению. Думаю, авторы не станут возражать, если я сформулирую здесь эту проблему.

В созвездии Андромеды, на расстоянии двухсот световых лет от Земли, существует некая цивилизация¹⁶. Ее представители хотели бы распространить свою культуру в далекие миры. Как это лучше сделать? Непосредственное посещение других миров исключается. Скорость света налагает теоретический верхний предел скорости, с которой можно перемещаться из одного места во Вселенной в другое, а на практике предельная скорость перемещения гораздо ниже. Кроме того, возможно, что существует не так уж много миров, которые стоило бы посетить, да и как узнать, в каком направлении следует лететь? Лучшим сред-

¹⁶ В “Андромеде” и в “Победе Андромеды”, являющейся ее продолжением, остается неясным, посылает ли внеземная цивилизация сигналы с чрезвычайно далекой от Земли галактики Андромеды или же, как я, сказал, с одной из более близких к нам звезд в созвездии Андромеда. В первой книге эта планета находится на расстоянии двухсот световых лет от нашей галактики. Во второй, однако, те же инопланетяне находятся уже в галактике Андромеды, удаленной от нас на два миллиона световых лет. Мои читатели могут, если найдут нужным, заменить “двести” на “два миллиона”. Это не имеет никакого значения для тех целей, в которых я воспользовался этой книгой. Фред Хойл, главный автор этих двух романов, – выдающийся астроном, написавший лучшую с моей точки зрения научно-фантастическую книгу “Черное облако”. Его великолепная способность к научному предвидению, проявившаяся в полной мере в его книгах, резко контрастирует с потоком красноречия, характерным для его недавних книг, написанных в соавторстве с Чандрой Викрамасингхом. Их неправильное изложение дарвинизма (как теории чистой случайности) и язвительные нападки на Дарвина несколько не украшают их в общем занимательные (хотя и неправдоподобные) спекуляции о возникновении жизни в межзвездном пространстве. Следовало бы отказаться от неверного представления о том, что заслуги в одной области подразумевают компетентность в другой. А до тех пор, пока это неверное представление существует, почтенным ученым следует избегать соблазна злоупотреблять им.

ством связи с остальным миром является радио, поскольку, если вы располагаете достаточным количеством энергии, чтобы посылать сигналы во всех направлениях, а не излучать их в одном определенном направлении, то можно связаться с очень многими мирами (их число возрастает пропорционально квадрату расстояния, на которое распространяется сигнал). Радиоволны распространяются со скоростью света, а это означает, что сигнал, посланный с Андромеды, достигнет Земли через двести лет. Беда в том, что при таких расстояниях невозможно вести разговор. Даже если не принимать во внимание то обстоятельство, что люди, передающие каждое последующее сообщение, будут отделены от авторов предыдущего двенадцатью поколениями, переговоры на такие расстояния представляются просто пустой тратой времени.

Эта проблема скоро реально встанет перед нами: радиоволны доходят с Земли до Марса примерно за четыре минуты. Не вызывает сомнений, что космонавтам придется отказаться от привычки обмениваться короткими предложениями и переходить на длинные монологи, больше похожие на письма, чем на разговоры. Другой пример, приводимый Роджером Пейном, касается своеобразных свойств акустики моря, вследствие которых чрезвычайно громкая “песня” некоторых китов теоретически могла бы быть слышна по всему земному шару при условии, что киты будут плыть на определенной глубине. Мы не знаем, действительно ли они общаются между собой, находясь на больших расстояниях друг от друга, но если они это делают, то перед ними должны вставать те же затруднения, что у астронавта на Марсе. На то, чтобы песня пересекла Атлантический океан, и на получение ответа должно уйти, исходя из скорости распространения звука в воде, примерно два часа. Именно этим я предлагаю объяснить тот факт, что некоторые киты могут выдавать непрерывный монолог, не повторяясь, на протяжении целых восьми минут. Затем они начинают песню сначала и повторяют ее до конца, и так много раз подряд, причем каждый полный цикл длится примерно восемь минут.

Жители Андромеды в романе делали то же самое. Поскольку ожидать ответа не имело смысла, они включали все, что им хотелось сказать, в одно длинное непрерывное сообщение и посылали его в космос, повторяя вновь и вновь, причем цикл занимал несколько месяцев. Их информация сильно отличалась от той, которой обмениваются киты. Жители Андромеды передавали закодированные инструкции для построения и программирования гигантского компьютера. Конечно, эти инструкции были сформулированы не на языке землян, однако квалифицированный криптограф может расшифровать почти любой код, особенно если его создатели позаботились о том, чтобы сделать это было легко. Сообщение это было зарегистрировано радиотелескопом Джодрелла Банка, его в конце концов удалось расшифровать, построить компьютер и запустить программу. Результаты были почти катастрофическими для человечества, ибо намерения андромедян были отнюдь не альтруистичны и компьютер успел продвинуться далеко вперед по пути к диктатуре над всем миром, прежде чем герой наконец покончил с ним при помощи топора.

С нашей точки зрения, интерес представляет вопрос о том, в каком смысле можно говорить, что андромедыне манипулировали происходящими на Земле событиями. Они не могли непосредственно контролировать действия компьютера каждую минуту. В сущности они даже не могли знать, что компьютер удалось построить, так как сведения об этом могли дойти до них лишь спустя двести лет. Компьютер принимал решения и действовал совершенно самостоятельно. Он даже не мог обращаться к хозяевам за инструкциями по своей общей политике. Все необходимые инструкции должны были быть заложены в него заранее, чтобы преодолеть трудности, связанные с существованием незыблемой двухсотлетней преграды. В принципе его следовало запрограммировать точно так же, как шахматный компьютер, но наделить большей гибкостью и способностью воспринимать местную информацию. Его программа должна была быть создана таким образом, чтобы она могла работать не

только на Земле, но и в любом другом мире с достаточно развитой техникой, в любой другой группе миров, условия которых андромеды не знали не могли.

Точно так же, как андромедянам надо было иметь на Земле компьютер, который бы изо дня в день принимал за них решения, нашим генам необходимо было создать мозг. Но гены – это не только андромеды, пославшие на Землю закодированные инструкции, а одновременно и сами инструкции. Они не могут непосредственно дергать за веревочки, которые управляют куклами, по той же причине – из-за отставания во времени. Гены оказывают свое действие, регулируя белковый синтез. Это очень мощный способ воздействия на мир, но способ медленный. Приходится месяцами терпеливо дергать за белковые веревочки, чтобы создать зародыш. Главная же особенность поведения – высокая скорость. Время здесь измеряется не месяцами, а секундами и долями секунды. Что-то происходит в окружающем мире. Над головой промелькнула сова, шелест высокой травы выдал присутствие жертвы, и за несколько тысячных долей секунды нервная система вступила в действие, мышцы напряглись – прыжок, и чья-то жизнь спасена или прервалась. Гены не способны на такие быстрые реакции. Подобно андромедянам, они могут лишь выложиться до конца, заранее создав для себя быстродействующий компьютер и снабдив его правилами и “советами”, чтобы он мог справляться с таким количеством событий, какое они смогут “предвидеть”. Но жизнь, подобно шахматной игре, преподносит слишком много сюрпризов, чтобы можно было предусмотреть их все. Подобно шахматной программе, гены должны “инструктировать” свои машины выживания в отношении не деталей, а общих стратегий и превратностей такой сложной профессии, как жизнь¹⁷.

Как указывает Джон З. Янг, гены должны обладать способностью, аналогичной предвидению. В тот период, когда эмбриональная машина выживания только строится, опасности и проблемы, поджидающие ее в будущей жизни, неизвестны. Кто может сказать, какие хищники сидят в засаде и за какими кустами или какая быстرونная жертва промчится, бросаясь из стороны в сторону, по своей тропе? Этого не знает ни один пророк и ни один ген. Можно, однако, сделать некоторые общие предсказания. Гены белого медведя могут, не рискуя ошибиться, предсказать, что их еще не родившейся машине выживания придется жить в холоде. Они не думают об этом как о пророчестве. Они вообще не думают, а просто создают толстую меховую шубу, потому что делали это раньше, когда находились в других телах, и потому что именно благодаря этому они еще сохранились в генофонде. Они предвидят также, что земля вокруг будет покрыта снегом, и это их предвидение реализуется в белой, а следовательно покровительственной, окраске меха. Если бы климат Арктики изменялся так быстро, что медвежонок родился бы на свет в тропической пустыне, то предсказания генов оказались бы ошибочными и им пришлось бы платить штраф: медвежонок умер бы, а вместе с ним и сами гены.

В нашем сложном мире делать предсказания – занятие очень ненадежное. Любое решение, принимаемое машиной выживания, подобно азартной игре, и гены обязаны заранее

¹⁷ Говорить о стратегии животного или растения, как если бы они сознательно работали над оптимизацией этой стратегии (например, описывать “самцов как азартных игроков, рискующих делать крупные ставки, а самок – как играющих на верняк”), стало обычным среди биологов. Это удобные выражения, которые остаются безобидными, если не попадают в руки тех, кто недостаточно подкован, чтобы понимать их. Или слишком подкован, чтобы понимать их превратно? С других позиций я, например, не могу понять смысл опубликованной в журнале “Философия” статьи некоей Мэри Мидгли, критикующей “Эгоистичный ген”. Характер этой критики становится понятным с первой фразы: “Гены могут быть эгоистичными или неэгоистичными не более, чем атомы – ревнивыми, слоны – абстрактными или печень – телеологическим”. В своей статье “В защиту эгоистичного гена”, опубликованной в следующем номере того же журнала, я обстоятельно ответил на эту, кстати сказать, очень резкую и злую статью. Мне кажется, некоторые люди, в свое время слишком увлекшиеся философией, не могут удержаться от того, чтобы не покопаться в этом научном багаже даже тогда, когда в этом нет нужды. Мне вспомнилось замечание Питера Б. Медавара о притягательности “философского романа” для “большой части населения, нередко с хорошо развитым литературным и научным вкусом, получившей образование, которое значительно превосходит их способность к аналитическому мышлению”.

запрограммировать мозг таким образом, чтобы он в среднем принимал решения, которые обеспечивали бы выигрыш. Валюта, имеющая хождение в эволюционном казино, – это выживание, строго говоря – выживание генов, но во многих отношениях разумным приближением представляется выживание индивидуума. Если животное спускается к роднику, чтобы напиться, оно повышает для себя риск стать жертвой хищников, которые обеспечивают себя пищей, подстерегая жертву около водопоев. Если же оно не спустится к роднику, то в конце концов умрет от жажды. Жертва рискует в любом случае, и ей следует принять такое решение, которое максимизирует шансы ее генов на долгосрочное выживание. Быть может, лучше всего отложить посещение родника до тех пор, пока жажда не станет невыносимой, а тогда пойти и напиться как следует, чтобы хватило надолго. Таким образом можно сократить число посещений родника, но когда животное припадет к воде, ему придется пробыть у водоема довольно долго и притом с опущенной головой. Альтернативная стратегия может состоять в том, чтобы пить понемножку и часто, пробегая мимо источника и быстро выпивая несколько глотков воды. Какая стратегия окажется лучшей, зависит от всевозможных сложных вещей, и не в последнюю очередь – от охотничьей повадки хищников, которая сама в процессе эволюции достигла, с их точки зрения, максимальной эффективности. Необходимо каким-то образом взвесить все “за” и “против”. Но, разумеется, мы далеки от мысли, что животные сознательно производят какие-то расчеты. Нам достаточно принять, что те индивидуумы, гены которых создают мозг, способный выбрать правильную стратегию, сразу же повышают свои шансы на выживание и, следовательно, на размножение этих самых генов.

Продолжим метафору азартной игры чуть дальше. Игрок должен думать о трех главных вещах: о ставке, шансах на выигрыш и о самом выигрыше. Если выигрыш очень велик, он готов рискнуть на большую ставку. Игрок, который рискует поставить все, чем он располагает, на одну карту, может выиграть очень много. Он может также потерять очень много, однако в среднем такие игроки выигрывают и проигрывают не чаще и не реже, чем игроки, делающие небольшие ставки и получающие небольшие выигрыши. Аналогичным примером может служить сравнение между готовыми рисковать и осмотрительными вкладчиками на фондовой бирже. В некотором смысле фондовая биржа – даже более подходящая аналогия, чем казино, потому что игра в казино организована таким образом, чтобы банк не оказался в проигрыше (строго говоря, это означает, что те, кто играет по-крупному, в среднем к концу игры становятся беднее, чем те, кто ограничивается небольшими ставками, причем последние оказываются беднее тех, кто не играет вовсе. Но это происходит по причине, не относящейся к нашим рассуждениям). Если оставить это в стороне, то игра как по высоким, так и по низким ставкам кажется разумной. Есть ли среди животных индивидуумы, играющие по-крупному, и другие, ведущие более осторожную игру? В главе 9 мы увидим, что нередко можно представлять себе самцов как азартных игроков, рискующих делать крупные ставки, а самок – как играющих наверняка. Особенно это относится к полигамным видам, у которых самцы конкурируют за самок. Натуралисты, читая эту книгу, смогут вспомнить о видах, которые можно описать как азартных игроков, рискующих по-крупному, и о других видах, играющих более осторожно. Теперь я хочу вернуться к более общей теме о том, как гены делают “предсказания” о будущем.

Один из способов, позволяющих генам решать проблему предсказаний при достаточной непредсказуемости условий среды, состоит в том, чтобы снабдить машину выживания способностью к обучению. Соответствующая программа может носить форму следующих инструкций: “Вот перечень ощущений, определяемых как вознаграждение: сладкий вкус во рту, оргазм, комфортная температура, вид улыбающегося ребенка. И вот перечень неприятных ощущений: разного рода боль, тошнота, чувство голода, плачущий ребенок. Если вы совершили какой-то поступок, за которым последовала одна из этих неприятностей, не

делайте этого больше, но повторяйте все те действия, за которыми последовали вознаграждения”. Преимущество такого рода программирования состоит в том, что оно сильно сокращает число правил, которые пришлось бы включать в программу. Кроме того, оно позволяет справляться с изменениями среды, которые невозможно предсказать во всех подробностях. Вместе с тем необходимость в некоторых предсказаниях не снимается. В нашем примере гены предсказывают, что сладкий вкус и оргазм – это “хорошо” в том смысле, что потребление сахара и копуляция, вероятно, будут способствовать выживанию генов. Однако при этом не предусматриваются такие возможности, как потребление сахарины и мастурбация, не учитывается также опасность чрезмерного потребления сахара, количество которого в нашей среде противоестественно велико.

Стратегии обучения использовались в некоторых шахматных программах. Эти программы совершенствуются, когда компьютер играет против человека или против других компьютеров. Хотя в программу заложен целый набор правил и тактик, в их процедуре принятия решения остается небольшой вероятностный элемент, и когда они выигрывают партию, они слегка повышают вес своей тактики, предшествовавшей победе, так что вероятность того, что они в следующий раз выберут ту же самую тактику, немного повышается.

Один из самых интересных способов предсказывать будущее – моделирование. Генерал, желающий узнать, окажется ли данный план военных действий лучше других, сталкивается с проблемой предвидения. Он должен учитывать такие неопределенные факторы, как погода, моральное состояние собственных войск и возможные контрмеры противника. Один из способов установить, хорош ли план, заключается в том, чтобы испробовать его на деле, однако испытывать таким образом все задуманные планы нежелательно уже хотя бы потому, что число молодых людей, готовых умереть за свою страну, не бесконечно, а число возможных планов очень велико. Лучше испытать различные планы на учебных маневрах, чем в настоящем бою. Это могут быть полномасштабные маневры, где “Северная страна” воюет против “Южной страны” с помощью холостых боеприпасов, но даже такие маневры требуют больших материальных затрат и времени. С меньшими затратами можно моделировать военные действия, перемещая по карте оловянных солдатиков и игрушечные танки.

За последнее время компьютеры взяли на себя большую часть функций по моделированию не только в области военной стратегии, но и во всех тех областях, где необходимо предсказывать будущее, – в экономике, экологии, социологии и многих других. Метод состоит в следующем. В компьютер закладывают модель какого-нибудь аспекта реального мира. Это не означает, что, заглянув в компьютер, вы увидите миниатюрный макет, имеющий ту же форму, что и моделируемый объект. В памяти шахматного компьютера нет “мысленной картины”, в которой можно распознать доску с расставленными на ней слонами и пешками. Шахматная доска и расположение на ней фигур будут представлены рядами чисел, закодированных состояниями электронных устройств. Для нас карта – это миниатюрная, выполненная в определенном масштабе модель какой-то части земного шара, втиснутая в два измерения. В компьютере карта может быть представлена в виде перечня городов и других точек с указанием двух чисел для каждого – широты и долготы. Неважно, однако, в какой именно форме содержится модель нашего мира в компьютере, лишь бы форма модели давала ему возможность управлять и манипулировать ею, экспериментировать и сообщать о результатах людям-операторам в понятных им терминах. На моделях можно выигрывать и проигрывать сражения, поднимать в воздух самолеты и устраивать авиакатастрофы, проводить экономическую политику, ведущую к процветанию или разорению. Во всех случаях весь процесс происходит внутри компьютера, занимая очень малую долю того времени, которое он занял бы в реальной жизни. Конечно, модели бывают хорошие и плохие, и даже хорошие модели – это только приближение. Какой бы хорошей ни была модель, она не может точно предсказать, что случится в действительности, однако хорошая модель во сто крат предпо-

читательней проб и ошибок вслепую. Моделирование можно назвать некой заменой метода проб и ошибок – термин, к сожалению, давно уже присвоенный “крысиными” психологами.

Если моделирование – удачная идея, то следует ожидать, что машины выживания должны были открыть ее первыми. Ведь это они придумали многие другие приспособления, используемые человеком в технике, сделав это задолго до того, как сам человек вышел на сцену: фокусирующая линза и параболический отражатель, гармонический анализ звуковых волн, дистанционное управление, звуковая локация, буферная память для поступающей информации и бесчисленные другие приспособления с длинными названиями, в детальном рассмотрении которых нет необходимости. Вернемся к моделированию. Когда вам предстоит принять трудное решение, касающееся неизвестных величин в будущем, вы прибегаете к некой форме моделирования. Вы стараетесь *представить себе*, что произойдет в случае принятия каждой из возможных альтернатив. Вы строите мысленную модель не всего на свете, а только ограниченного набора сущностей, которые, по вашему мнению, имеют отношение к делу. Вы можете ясно видеть их мысленным взором или же можете видеть их традиционные абстракции и манипулировать ими. В любом случае маловероятно, что где-то в вашем мозгу находится настоящая трехмерная модель событий, которые вы себе представляете. Однако точно так же, как в случае с компьютером, детали того, каким образом ваш мозг представляет себе модель окружающего мира, менее важны, чем тот факт, что он способен использовать ее для предсказания возможных событий. Машины выживания, способные моделировать будущее, продвинулись на несколько шагов вперед по сравнению с теми, которые способны обучаться только путем проб и ошибок. Недостаток непосредственной пробы в том, что на это уходят время и энергия. Недостаток непосредственной ошибки в том, что она нередко оказывается фатальной. Моделирование и безопаснее, и быстрее.

Эволюция способности к моделированию, очевидно, привела в конечном итоге к субъективному осознанию. Почему это должно было произойти, представляется мне глубочайшей тайной, стоящей перед современной биологией. Нет оснований полагать, что компьютеры действуют осознанно, когда они что-нибудь моделируют, хотя нам приходится допускать, что в будущем они, возможно, станут сознавать свои действия. Быть может, осознание возникает тогда, когда модель мира, создаваемая мозгом, достигает такой полноты, что ему приходится включать в нее модель самого себя¹⁸. Очевидно, что конечности и туло-

¹⁸ Я излагал идею моделирования мозгом окружающего мира в 1988 году, в своей Гиффордской лекции “Миры в микрокосме”. Мне все еще неясно, поможет ли она нам в решении глубокой проблемы самого сознания, но признаюсь, мне было приятно, что она привлекла к себе внимание сэра Карла Поппера, и он упомянул о ней в своей Дарвиновской лекции. Философ Дэниел Деннет предложил теорию сознания, которая продвигает метафору моделирования на компьютере дальше. Чтобы понять его теорию, нам следует усвоить две технические идеи из области компьютеров: идею о виртуальной вычислительной машине и различие между последовательными и параллельными процессорами. Прежде всего я хочу разъяснить эти идеи. Компьютер – это настоящая машина, некое устройство, помещенное в ящик. Однако в каждый промежуток времени, когда это устройство работает по программе, оно как бы превращается в другую машину – виртуальную. Это давно уже относилось ко всем компьютерам, однако особенно ярко проявляется у современных компьютеров, дружественных к пользователю. В момент написания этих строк ведущей фирмой по таким компьютерам является по общему признанию, “Эппл”. Ее успех обусловлен встроенной последовательностью программ, благодаря которой эта реальная железная машина (ее механизмы, как у любого компьютера, устрашающе сложны и мало совместимы с человеческой интуицией) *выглядит* как нечто иное, специально созданное для того, чтобы взаимодействовать с мозгом и рукой человека. Эта виртуальная машина, известная под названием графический пользовательский интерфейс “Макинтош”, на первый взгляд кажется обычной машиной. У нее есть кнопки, которые можно нажимать, и плавные регуляторы, как у хорошего современного проигрывателя. Но это *виртуальная* машина. Кнопки и плавные регуляторы сделаны не из металла или пластмассы. Это изображения на экране, и вы нажимаете на них или перемещаете по экрану с помощью курсора. В соответствии со своей человеческой природой вы чувствуете себя “на коне”, поскольку привыкли управлять процессами с помощью пальца. В течение 25 лет я интенсивно занимаюсь программированием и использованием самых разнообразных цифровых вычислительных машин и могу заявить, что работа с “Макинтошем” (или его имитацией) качественно отличается от работы на компьютерах любых более ранних типов. Вы работаете на виртуальной машине безо всякого напряжения, воспринимая ее как нечто естественное, почти как если бы она была продолжением вашего тела. Удивительно часто при этом вы полагаетесь на интуицию вместо того, чтобы обращаться к руководству. Перехожу теперь к другой идее, которую нам следовало бы позаимствовать из компьютерной науки, – идее последовательных и параллельных процессоров. Сегодняшние компью-

вище машины выживания должны составлять важную часть моделируемого мира. Исходя из тех же соображений следует полагать, что и само моделирование – это часть того мира, который предстоит моделировать. Все это действительно можно назвать “самосознанием”, но я не считаю такое объяснение эволюции сознания вполне удовлетворительным. Оно удо-

теры – это по большей части последовательные процессоры. У них имеется одна центральная вычислительная “фабрика”, единственное “узкое место” – электронное “горлышко”, через которое должны пройти все обрабатываемые данные. Благодаря быстрдействию этих машин создается впечатление, что они одновременно занимаются многими разными вещами. Последовательный компьютер можно сравнить с гроссмейстером, который одновременно играет с двадцатью противниками, но на самом деле все время переходит от одного из них к другому. Компьютер, в отличие от гроссмейстера, переходит от одной задачи к другой так быстро и плавно, что у каждого пользователя создается иллюзия, будто он один целиком владеет вниманием компьютера. Однако на самом деле компьютер занимается своими пользователями поочередно. Недавно, решая задачу по достижению еще более головокружительного быстрдействия, конструкторы создали подлинно параллельные процессоры. Один из них, Эдинбургский суперкомпьютер, я недавно имел честь посетить. Он состоит из нескольких сотен параллельно работающих “транспьютеров”, каждый из которых равен по мощности современному настольному компьютеру. Этот суперкомпьютер приступает к решению проблемы, разбивая ее на более мелкие задачи, которые можно решать по отдельности, и препоручая их бригадам транспьютеров. Транспьютеры “забирают” эти субпроблемы, решают их, выдают ответы и “являются” за следующим заданием. Тем временем другие бригады транспьютеров сообщают свои результаты, так что суперкомпьютер в целом получает окончательный ответ на много порядков величины быстрее, чем это мог бы сделать обычный последовательный компьютер. Я уже говорил, что, следя за работой обычного последовательного компьютера, можно подумать, что он действует как параллельный процессор, достаточно быстро переключая свое “внимание” с одной из целого круга задач на другую. В таких случаях можно было бы сказать, что над аппаратным оснащением последовательного компьютера имеется *виртуальный* параллельный процессор. По мнению Деннета, головной мозг человека устроен по прямо противоположному принципу: его аппаратное оснащение представляет собой параллельный процессор, подобно аппаратному оснащению эдинбургской машины. И он использует программу, составленную таким образом, чтобы создать иллюзию последовательной переработки информации: виртуальная машина с последовательной переработкой информации, находящаяся над параллельной архитектурой. По мнению Деннета, характерная особенность субъективного опыта мышления – это последовательный, шаг за шагом, “джойсовский” поток сознания. Деннет полагает, что большинство животных лишены опыта такого последовательного мышления и используют мозг непосредственно, в соответствии с его природным параллельным способом переработки информации. Человеческий мозг, несомненно, также непосредственно использует свою параллельную архитектуру для решения многих рутинных задач, обеспечивающих поддержание сложной машины выживания в рабочем состоянии. Но, кроме того, в человеческом мозгу в процессе эволюции возникла виртуальная машина с программным обеспечением, создающая иллюзию последовательного процессора. Разум с его последовательным потоком сознания представляет собой виртуальную машину, подвергающую мозг испытанию в манере “дружественного расположения” к пользователю, подобно тому, как интерфейс “Макинтош” подвергает испытанию в такой же манере реальный компьютер внутри серого ящика. Не вполне ясно, для чего нам, людям, понадобилась последовательная виртуальная машина, тогда как другие виды, очевидно, вполне удовлетворены своими несовершенными параллельными машинами. Быть может, наиболее трудные задачи, какие вынужден был решать первобытный человек, в самой своей основе являются последовательными, а может быть, Деннет допустил ошибку, выделив нас из всех других видов. Далее он полагает, что развитие последовательного программного обеспечения – явление, относящееся в значительной мере к культурной эволюции, и опять-таки мне неочевидно, почему это следует считать достаточно вероятным. Я должен добавить, однако, что в момент написания этих строк работа Деннета еще не была напечатана и мое изложение основано на воспоминаниях об его лекции, прочитанной в 1988 году в Лондоне. Я рекомендую читателю обратиться к работе самого Деннета, когда она будет опубликована, а не полагаться на мое, несомненно, неточное, эмоциональное и, может быть, даже приукрашенное изложение. Психолог Николас К. Хамфри также выдвинул соблазнительную гипотезу о том, как эволюция способности к моделированию могла привести к сознанию. В своей книге “Внутренний глаз” Хамфри убедительно доказывает, что животные с высокоразвитым общественным образом жизни, такие как человек и шимпанзе, неизбежно должны становиться прекрасными психологами. Головной мозг вынужден плутовать с внешним миром и моделировать многие его аспекты. Однако аспекты этого мира по большей части довольно просты по сравнению с самим мозгом. Общественные животные живут в мире других животных – в мире потенциальных брачных партнеров, соперников, единомышленников и врагов. Для выживания и процветания в таком мире необходимо уметь предвидеть, что собираются делать другие в ближайшем будущем. Предсказывать события в неживом мире – одно удовольствие по сравнению с предсказанием возможных событий в обществе. Психологи, занимающиеся научными исследованиями, не умеют правильно предсказывать поведение людей. Компаньонки, сиделки и разного рода другие работники сферы социального обслуживания на основании малейших движений лицевых мышц и других тонких признаков нередко поразительно точно угадывают мысли и подспудные причины тех или иных поступков. Хамфри считает, что такое “естественное психологическое” искусство достигает высокого развития у общественных животных, почти как дополнительный глаз или какой-нибудь другой сложный орган. Этот “внутренний глаз” возник в процессе эволюции как социально-психологический орган, а наружный глаз – как орган зрения. До сих пор я считаю рассуждения Хамфри убедительными. Далее он утверждает, что внутренний глаз в своих оценках полагается на самоинспектирование. Каждое животное заглядывает в собственные ощущения и эмоции для того, чтобы понять ощущения и эмоции других. Психологический орган функционирует путем самоинспектирования. Я не уверен, что это поможет нам проникнуть в сущность сознания, но Хамфри хороший автор и его книга убедительна.

влетворительно лишь отчасти, потому что включает в себя бесконечную регрессию – если существует модель модели, то почему бы не быть модели модели модели...?

Каковы бы ни были философские проблемы, порождаемые сознанием, в рамках нашего изложения его можно представить как кульминацию некоего эволюционного направления к независимости машин выживания, способных принимать решение независимо от своих верховных хозяев-генов. Мозг теперь не только изо дня в день занимается всеми делами машин выживания. Он способен предсказывать будущее и действовать соответственно. Эти машины могут даже взбунтоваться против диктата генов, например отказываясь иметь столько детей, сколько они в состоянии иметь. Но в этом отношении человек занимает, как мы увидим, особое положение.

Какое все это имеет отношение к альтруизму и эгоизму? Я пытаюсь сформулировать идею, что поведение животного, будь оно альтруистичным или эгоистичным, находится лишь под косвенным, но тем не менее весьма действенным, контролем генов. Диктуя, как должны быть построены машины выживания и их нервные системы, гены в конечном счете держат в своих руках верховную власть над поведением. Однако в каждый данный момент решения о том, что следует делать дальше, принимает нервная система. Гены вырабатывают политику, а мозг является исполнителем. Но по мере того, как мозг достигает все более высокого уровня развития, он все в большей степени берет на себя принятие решений, используя при этом такие приемы, как обучение и моделирование. Логическим завершением этого направления, не достигнутым ни одним видом, было бы положение, при котором гены дают машине выживания одну всеобъемлющую инструкцию: делай то, что считаешь самым важным для нашего выживания.

Все аналогии с компьютерами и принятием решений людьми превосходны. Однако теперь нам следует опуститься на землю и вспомнить, что эволюция на самом деле происходит постепенно, шаг за шагом, путем дифференциального выживания генов, входящих в данный генофонд. Поэтому для того, чтобы тот или иной тип поведения – альтруистичный или эгоистичный – мог эволюционировать, необходимо, чтобы ген, определяющий этот тип поведения, сохранялся в генофонде более успешно, чем его ген-соперник, то есть аллель, определяющий какое-то другое поведение. Ген альтруистичного поведения – это любой ген, воздействующий на развитие нервной системы таким образом, чтобы сделать вероятным ее альтруистичное поведение¹⁹. Имеются ли какие-либо экспериментальные данные о генети-

¹⁹ Некоторых смущает, когда говорят о генах, *определяющих* альтруизм или какое-то другое очевидно сложное поведение. Они полагают (ошибочно), что в известном смысле сложность поведения должна быть генетически детерминирована. Но как может альтруизм определяться одним геном, если вся деятельность гена сводится к кодированию одной белковой цепи? Однако говорить, что данный ген определяет некий признак, означает лишь то, что *изменение* этого гена вызывает *изменение* этого признака. Единичное генетическое различие, касающееся какой-то детали молекул, содержащихся в клетках, обуславливает различие в сложных процессах эмбрионального развития, и, следовательно, поведения. Например, мутантный ген птиц, детерминирующий братский альтруизм, конечно, не может в одиночку создать совершенно новый и сложный тип поведения. Вместо этого он изменяет какой-то уже существующий и, возможно, уже достаточно сложный тип поведения. Наиболее вероятным предшественником в данном случае служит родительское поведение. У птиц обычно имеется сложный нервный аппарат, необходимый для того, чтобы выкармливать своих птенцов и заботиться о них. Это поведение, в свою очередь, возникало в процессе медленной, шаг за шагом, эволюции на протяжении многих поколений от собственных предков. (Между прочим, те, кто скептически относится к генам братского альтруизма, часто бывают непоследовательны: почему они не проявляют точно такого же скептицизма в отношении генов, определяющих столь же сложную заботу о потомстве?) Предсуществующие типы поведения (в данном случае забота о потомстве) реализуются через такое удобное эмпирическое правило, как: “Корми в гнезде всех, кто орет и разевает рот”. В таком случае влияние гена, детерминирующего “кормление младших братьев и сестер”, состоит в том, что он сдвигает назад возраст, в котором это правило начинает действовать. Оперившийся птенец, несущий ген братской заботы в виде вновь возникшей мутации, попросту активизирует свое родительское эмпирическое правило несколько раньше, чем птица с нормальным аллелем. Он будет относиться к орущим существам с разинутым ртом в гнезде своих родителей, то есть к своим братьям и сестрам, так, как если бы это были орущие существа, разевающие рты, в его собственном гнезде, то есть его дети. Такое “братское поведение”, не будучи новым и сложным изобретением в области поведения, могло первоначально возникнуть как незначительное отклонение сроков развития уже существующего поведения. Как это часто бывает, ошибки появляются тогда,

ческом наследовании альтруистичного поведения? Таких данных нет, но это вряд ли следует считать удивительным, поскольку генетикой поведения вообще занимаются мало. Рассмотрим вместо этого исследование одного типа поведения, альтруистичность которого неочевидна, но которое обладает достаточной сложностью, чтобы представлять интерес. Он служит моделью того, как могло бы наследоваться альтруистичное поведение.

Медоносная пчела подвержена инфекционному заболеванию, известному под названием “гнилец пчел”. Оно поражает личинок в ячейках. Среди одомашненных пород, разводимых пасечниками, одни более подвержены гнильцу, чем другие, и оказалось, что это различие, по крайней мере в некоторых случаях, связано с поведением. Существуют линии пчел с повышенной санитарной активностью, которые быстро подрубают корни эпидемии: рабочие особи выявляют зараженных личинок, вытаскивают их из ячеек и выбрасывают из улья. Чувствительность к заболеванию других линий обусловлена тем, что они не практикуют такое оздоровительное детоубийство. Связанное с этим актом поведение на самом деле довольно сложное. Рабочие пчелы “санитарных” линий должны обнаружить все ячейки с больными личинками, снять с них восковые крышечки, вытащить личинку, протащить ее через леток и выбросить на мусорную свалку.

Проведение на пчелах генетических экспериментов довольно затруднительно по разным причинам. Сами рабочие пчелы в норме не размножаются, так что приходится скрещивать матку одной линии с трутнем (= самец) другой, а затем наблюдать за поведением дочерних рабочих пчел. Именно это и сделал У. Ротенбюлер. Он обнаружил, что в дочерних ульях первого гибридного поколения все пчелы вели себя как представители обычных линий. Повышенная санитарная активность их родительской особи казалась утраченной, однако, как показал дальнейший ход событий, ген санитарной активности сохранялся у них, но находился в рецессивном состоянии, подобно гену голубых глаз у человека. Когда Ротенбюлер провел возвратное скрещивание гибридов первого поколения с чистой “санитарной” линией (разумеется, опять используя маток и трутней), он получил замечательные результаты. Дочерние ульи распались на три группы. В одной группе наблюдалось безукоризненное “санитарное” поведение, в другой оно совершенно отсутствовало, а в третьей было половинчатым. В этой последней группе рабочие пчелы вскрывали восковые ячейки, содержавшие больных личинок, но не доводили дело до конца, то есть не выбрасывали их. Ротенбюлер высказал предположение, что у пчел имеются два гена: один определяет раскрытие ячеек, а другой – выбрасывание личинок. Нормальные “санитарные” линии несут оба гена, а восприимчивые линии – аллели (соперников) обоих этих генов. Гибриды, осуществляющие лишь первую половину действий, вероятно, содержат только ген вскрывания ячеек (в двойной дозе), но лишены гена выбрасывания личинок. Ротенбюлер предположил, что в его экспериментальной группе, казалось бы, совершенно “несанитарных” пчел могла быть подгруппа, обладавшая геном выбрасывания личинок, но неспособная проявить это, поскольку у ее особей не было гена вскрывания ячеек. Ротенбюлер доказал это весьма изящным способом: он вскрывал ячейки сам. Конечно, после этого у половины пчел, казавшихся “несанитарными”, стало наблюдаться совершенно нормальное поведение, то есть выбрасывание зараженных личинок²⁰.

когда мы забываем о том, что важнейшая особенность эволюции – ее постепенность, что адаптивная эволюция происходит путем мелких последовательных изменений уже существующих структур или типов поведения.

²⁰ Если бы в первом издании моей книги были примечания, то в одном из них я объяснил бы (как это тщательно сделал Ротенбюлер), что результаты экспериментов с пчелами были не столь уж четкими и ясными. В одной из многих колоний, в которых пчелы, согласно теории, не должны были проявлять повышенную санитарную активность, она все же наблюдалась. По словам Ротенбюлера, “мы не можем пренебречь этим результатом, как бы нам этого ни хотелось, но основываем свои генетические гипотезы на других данных”. Возможным объяснением может служить мутация в этой аномальной колонии, хотя это маловероятно.

Эта история иллюстрирует ряд важных моментов, выявившихся в предыдущей главе. Она показывает, что можно с полным правом говорить о “гене, определяющем такое-то поведение”, даже если мы не имеем ни малейшего представления об эмбриологических причинах, ведущих от гена к поведению. Может даже оказаться, что в цепи причин участвует научение. Например, эффект гена, определяющего вскрывание ячеек, может зависеть от того, что пчелы приобретают пристрастие к вкусу зараженного воска. Это означает, что им будет доставлять удовольствие поедание восковых крышечек, прикрывающих жертвы заболевания, и что они поэтому будут стремиться повторять его. Даже если ген действует именно таким образом, он тем не менее остается геном “вскрывания ячеек”, но только в том случае, если при прочих равных условиях пчелы, обладающие этим геном, в конце концов вскрывают ячейки, а пчелы, лишенные его, не делают этого.

Затем эта история иллюстрирует, что гены “кооперируются” в своих воздействиях на поведение “коммунальной” машины выживания. Ген выбрасывания личинок бесполезен, если его не сопровождает ген вскрывания ячеек, и наоборот. А между тем, как показывают генетические эксперименты, эти два гена вполне могут разделяться, путешествуя порознь из поколения в поколение. В том, что касается их полезной деятельности, их можно рассматривать как одну кооперативную единицу, но в качестве реплицирующихся генов это два свободных и независимых фактора.

В порядке обсуждения следовало бы поразмышлять о генах “для” выполнения всякого рода маловероятных задач. Если я начну говорить о гипотетическом гене “для спасения тонущего компаньона”, а вы сочтете такую концепцию неправдоподобной, вспомните историю “санитарных” пчел. Вспомните, что мы не считаем гены единственной причиной, порождающей все сложные мышечные сокращения, сенсорные интеграции и даже сознательные решения, участвующие в спасении тонущего человека. Мы ничего не говорим о том, участвуют ли в развитии такого поведения научение, опыт или влияния окружающей среды. Вы должны лишь допустить, что один ген – при прочих равных условиях и при наличии множества других важных генов и внешних факторов – с большей вероятностью обеспечит данному телу возможность спасти тонущего человека, чем аллель этого гена. Может оказаться, что в основе этого различия между двумя генами лежит небольшое различие по какой-то простой количественной переменной. Детали процесса эмбрионального развития, какими бы интересными они ни были, не имеют отношения к эволюционным соображениям. Очень хорошо выразил это Конрад Лоренц.

Гены являются главными программистами, они составляют программу собственного существования. О них судят на основании того, сколь успешно они справляются со всеми опасностями, с которыми сталкиваются в жизни их машины выживания, а в роли бесстрастного судьи выступает само выживание. Позднее мы рассмотрим, какими способами поведение, кажущееся альтруистичным, может благоприятствовать выживанию генов. Совершенно очевидно, однако, что самое важное для машины выживания и для мозга, принимающего за нее решения, это выживание индивидуума и его репродукция. Все гены, образующие “колонию”, безоговорочно согласятся с этим. Поэтому животные затрачивают так много усилий на поиски и поимку пищи; на то, чтобы не оказаться самым съеденными или пойманными; на то, чтобы избежать болезней и несчастных случаев; защитить себя от неблагоприятных климатических условий; найти представителя противоположного пола и склонить его к спариванию; даровать своим потомкам те преимущества, которыми пользуются они сами. Я не стану приводить примеры – чтобы получить их, достаточно внимательно взглянуть на первое встретившееся вам животное. Но я хочу упомянуть об одном особом типе поведения, потому что нам придется снова говорить о нем, когда мы будем рассматри-

вать альтруизм и эгоизм. Это поведение, которому можно дать широкое название коммуникации²¹.

Можно говорить о *коммуникации* одной машины выживания с другой, когда первая оказывает влияние на поведение второй или на состояние ее нервной системы. Это не такое определение, которое мне хотелось бы сохранить на долгое время, но оно вполне пригодно для наших нынешних целей. Под “влиянием” я имею в виду прямое каузальное влияние. Примеров коммуникации предостаточно: пение птиц, лягушек и сверчков; виляние хвостом и вздыбливание шерсти у собак; “улыбка” у шимпанзе; жесты и язык у человека. Многие действия машин выживания способствуют благополучию их генов косвенно, через воздействие на поведение других машин выживания. Животные затрачивают много усилий, чтобы сделать эту коммуникацию эффективной. Пение птиц очаровывает и озадачивает людей на протяжении многих поколений. Я уже говорил о еще более затейливой и таинственной песне горбатого кита, с ее широчайшим диапазоном, охватывающим все частоты – от инфразвукового грохотания до ультразвукового писка, включая область частот, воспринимаемых человеком. Медведки поют, сидя в норке, которой они придают форму раструба или мегафона, усиливающего громкость почти до трубной. Пчелы танцуют в темноте улья, сообщая таким образом другим пчелам точные сведения о направлении, в котором следует лететь за кормом, и о расстоянии до него – искусство коммуникации, с которым может соперничать только человеческая речь.

Традиционная точка зрения этологов состоит в том, что коммуникационные сигналы возникают в процессе эволюции на взаимное благо как того, кто их посылает, так и того, кто их принимает. Например, цыплята оказывают воздействие на поведение своей матери, сообщая ей высоким пронзительным писком, что они заблудились или замерзли. Обычно мать, услышав писк, немедленно отправляется за цыпленком и приводит его назад к остальному выводку. Можно было бы сказать, что такое поведение развилось к взаимной выгоде в том смысле, что естественный отбор благоприятствовал сохранению как цыплят, которые пищат, отстав от выводка, так и матерей, должным образом реагирующих на писк.

При желании (на самом деле в этом нет необходимости) можно считать, что такие сигналы, как писк, имеют определенный смысл или содержат информацию – в данном случае “я заблудился”. Крик тревоги у мелких воробьиных, о которых я упоминал в главе 1, может означать: “Здесь поблизости ястреб”. Животные, получающие эту информацию и реагирующие на нее соответствующим образом, вознаграждаются. Поэтому информацию можно назвать правдивой. Но передают ли животные когда-нибудь неверную информацию, случается ли им врать?

Заявление о том, что животное способно лгать, может быть неверно понято, так что я должен предупредить такую возможность. Однажды я присутствовал на лекции Беатрис и Аллена Гарднеров, посвященной их знаменитой “говорящей” шимпанзе Уошо (она пользуется американским языком знаков, и ее достижения потенциально представляют большой интерес для лингвистов). Среди публики было несколько философов, и в происходившем после лекции обсуждении их сильно волновал вопрос о том, способна ли Уошо говорить неправду. Подозреваю, что Гарднерам хотелось бы выбрать более интересные темы для

²¹ Сейчас меня не удовлетворяет то, как я изложил проблему коммуникации, или передачу информации, у животных. Мы с Джоном Р. Кребсом в двух статьях настаиваем на том, что большую часть используемых животными сигналов лучше считать не информативными и не вводящими в заблуждение, но манипулятивными. Сигнал служит средством, с помощью которого одно животное может воспользоваться мышечной силой другого животного. Песня соловья не несет в себе никакой информации, даже обманчивой. Это красноречие, которое убеждает, гипнотизирует, очаровывает. Подобные рассуждения доведены до своего логического завершения в “Расширенном фенотипе”, суть которого вкратце изложена в главе 13 настоящей книги. Мы с Кребсом считаем, что сигналы развиваются из взаимодействия того, что мы называем “чтением мыслей”, и манипуляции. Совершенно иной подход ко всей проблеме сигналов животных избрал Амоц Захави. В одном из примечаний к главе 9 я обсуждаю взгляды Захави гораздо более благосклонно, чем в первом издании этой книги.

обсуждения, и я с ними согласен. В данной книге я употребляю слова “обманывать” и “лгать” в гораздо более прямом смысле, чем те философы. Их интересовало осознанное намерение обмануть. Я же говорю просто об информации, вызывающей эффект, функционально равноценный обману. Если птица использует сигнал “Здесь поблизости ястреб”, когда на самом деле никакого ястреба нет, и спугивает таким образом своих собратьев, оставляющих ей на съедение весь корм, то можно сказать, что она им солгала. При этом мы не имеем в виду, что птица преднамеренно и сознательно хотела обмануть. Мы лишь подразумеваем, что лгунья получила корм за счет других птиц и что эти другие птицы улетели, отреагировав на ее крик так, как это следовало бы сделать, если бы поблизости находился ястреб.

Многие съедобные насекомые, подобно описанным в главе 3 бабочкам, создают себе защиту, подражая внешнему виду других неприятных на вкус или жалящих насекомых. Мы сами нередко принимаем за ос журчалок с их полосатой, желтой с черным, окраской. Еще более совершенной мимикрией “под пчел” обладают некоторые двукрылые. Хищники тоже часто лгут. Морской черт, или удильщик, терпеливо поджидает жертву, лежа на дне моря, где он сливается с субстратом. Единственная хорошо заметная часть его тела – извивающийся червеобразный кусочек ткани, сидящий на конце длинного “удилища”, которое отходит от верхней части головы. Если мимо проплывает потенциальная жертва – какая-нибудь мелкая рыбешка, – эта червеобразная приманка приходит в движение, привлекая жертву поближе к рту удильщика. Внезапно он открывает рот, втягивает жертву внутрь и съедает ее. Удильщик лжет, используя стремление рыбешки приблизиться к движущемуся червеобразному объекту. Он говорит: “Вот червяк”, и всякая рыбка, “поверившая” лжи, быстро оказывается съеденной.

Некоторые машины выживания используют половые влечения других машин. Орхидея офрис пчелоносный побуждает пчел копулировать с ее цветками, которые очень похожи на пчелиных самок. Благодаря такому обману цветки орхидеи опыляются, так как если пчела посетит две орхидеи, то она при этом невольно перенесет пыльцу с одной на другую. Светляки (принадлежащие к отряду жуков) привлекают брачных партнеров световыми вспышками. У каждого вида есть свой особый рисунок последовательности коротких и более продолжительных вспышек, обеспечивающий узнавание особей своего вида и тем самым предотвращающий пагубную гибридизацию. Подобно тому, как моряки высматривают световые сигналы определенного типа, исходящие от нужного им маяка, так и светляки ищут закодированное в световых вспышках послание особей своего вида. Самки, принадлежащие к роду *Photuris*, “обнаружили”, что они могут заманивать самцов рода *Photinus*, имитируя световые сигналы, специфичные для *Photinus*. Заманив таким обманным путем самца *Photinus*, самка *Photuris* съедает его. На ум сразу приходят сирены и Лорелея, но корнуоллец предпочел бы вспомнить о пиратах прежних дней, которые зажигали фонари на скалах, приманивая к ним корабли, а когда корабли разбивались об эти скалы, забирали находившиеся в них грузы.

Развитие любой системы коммуникации всегда сопряжено с опасностью, что кто-то станет использовать ее в своих целях. Будучи воспитаны на представлении об эволюции как направленной на “благо вида”, мы, естественно, прежде всего думаем о лжецах и обманщиках как представителях разных видов: хищников, жертв, паразитов и тому подобном. Однако ложь и обман и использование коммуникации в собственных эгоистичных целях возможны во всех случаях, когда интересы генов разных индивидуумов расходятся. Это относится и к индивидуумам, принадлежащим к одному и тому же виду. Как мы увидим, следует даже ожидать, что дети будут обманывать своих родителей, мужа – жен, а братья – братьев.

Даже мнение о том, что сигналы, используемые животными для обмена информацией, первоначально возникли в процессе эволюции, поскольку они были взаимовыгодны, а затем стали использоваться недоброжелательно настроенными друг к другу сторонами,

слишком упрощенно. Вполне возможно, что все коммуникации между животными с самого начала содержат в себе элемент обмана, ибо любые взаимодействия между животными всегда сопряжены со столкновением интересов. В следующей главе мы расскажем об одном весьма продуктивном подходе к изучению столкновений интересов с эволюционной точки зрения.

Глава 5. Агрессия: стабильность и эгоистичная машина

Эта глава посвящена главным образом агрессии – теме, связанной с недопониманием и недоразумениями. Мы по-прежнему будем рассматривать индивидуум как эгоистичную машину, запрограммированную на то, чтобы как можно лучше обеспечивать свои гены в целом. Такой подход принят для удобства. В конце главы мы вновь заговорим на языке отдельных генов.

Для любой машины выживания другая такая машина (если это не ее собственный детеныш или близкий родственник) составляет часть ее среды обитания, подобно скале, реке или чему-то съедобному. Это нечто, преграждающее путь, или нечто, что можно использовать. От скалы или реки она отличается лишь в одном: она склонна давать сдачи. Такое поведение объясняется тем, что эта другая машина также содержит свои бессмертные гены, которые она должна сохранить во имя будущего, и тем, что она также не остановится ни перед чем, чтобы сохранить их. Естественный отбор благоприятствует тем генам, которые управляют своими машинами выживания таким образом, чтобы те как можно лучше использовали свою среду. Сюда входит и наилучшее использование других машин выживания, относящихся как к собственному, так и к другим видам.

В некоторых случаях одни машины выживания, по-видимому, довольно мало посягают на жизнь других. Например, кроты и черные дрозды не поедают друг друга, не спариваются между собой и не конкурируют за жизненное пространство. Тем не менее нельзя считать, что они совершенно обособлены друг от друга. Они могут конкурировать за какой-нибудь ресурс, например за дождевых червей. Это не означает, что можно когда-нибудь увидеть схватку за червячка между кротом и дроздом. На самом деле может случиться, что дрозда за всю его жизнь не доведется увидеть ни одного крота. Но если уничтожить всю популяцию кротов, это может сильнее всего повлиять на дроздов, хотя я не рискну высказывать предположения о деталях такого влияния или о том, какими извилистыми косвенными путями оно будет происходить.

Машины выживания разных видов воздействуют друг на друга разнообразными способами. Они могут выступать в роли хищников или жертв, паразитов и их хозяев, конкурентов за какой-нибудь ограниченный ресурс. Они могут использоваться специфическим образом, как, например, пчелы, служащие переносчиками пыльцы с цветка на цветок.

Машины выживания, относящиеся к одному и тому же виду, более непосредственно покушаются на жизнь друг друга. Причин этому много. Одна заключается в том, что половину популяции собственного вида данного индивидуума составляют потенциальные брачные партнеры или потенциальные усердно работающие и пригодные для эксплуатации родители его потомков, трудами которых можно воспользоваться. Другая причина состоит в том, что представители одного и того же вида, будучи очень сходными между собой и являясь машинами для сохранения генов, которые живут в одинаковых местообитаниях и ведут один и тот же образ жизни, прямо конкурируют за ресурсы. Крот может быть конкурентом для дрозда, но далеко не столь серьезным, как другой дрозд. Кроты могут конкурировать с дроздами за червей, но дрозды с дроздами конкурируют как за червей, так и за все остальное. Если они принадлежат к одному и тому же полу, то они могут конкурировать и за брачных партнеров. По причинам, которые мы рассмотрим в дальнейшем, конкуренция обычно происходит между самцами за самок. Это означает, что самец может обеспечить сохранение своих генов, если он нанесет какой-то ущерб другому самцу, с которым он конкурирует.

Логичный образ действия для машины выживания состоит, по-видимому, в том, чтобы убивать соперников, а затем (это лучше всего) съедать их. Хотя убийство и каннибализм встречаются в природе, они не столь обычны, как можно было бы ожидать, исходя из примитивной интерпретации теории эгоистичного гена. И в самом деле, в книге “Агрессия” Конрад Лоренц подчеркивает сдержанность и благородство, проявляемые животными в драках. Для Лоренца самая примечательная особенность схваток между животными состоит в том, что это формальные состязания, происходящие, подобно боксу или фехтованию, строго по правилам. Животные дерутся в перчатках и тупыми рапирами. Угрозы и блеф заменяют подлинную беспощадность. Если противник своим поведением признает поражение, победитель воздерживается от нанесения смертельного удара или укуса, вопреки тому, что могла бы предсказать наша примитивная теория.

Интерпретация агрессии животных как сдержанной и формальной может вызвать возражения. В частности, несправедливо, конечно, осуждать бедного старину *Homo sapiens* – как единственный вид, убивающий себе подобных, как единственного наследника каиновой печати! – и предъявлять ему такие мелодраматические обвинения. Что именно отмечает натуралист – сдержанность или неистовость животных, – зависит отчасти от того, за какими видами животных он наблюдает, а отчасти от его взглядов на эволюцию вообще – ведь Лоренц в конечном счете сторонник концепции “во благо вида”. Пусть представление о драках животных как о “джентльменских” поединках несколько преувеличено, но в нем есть по крайней мере немножко правды. На первый взгляд это выглядит как одна из форм альтруизма. Теория эгоистичного гена должна быть готова к нелегкой задаче дать этому объяснение. Почему животные при каждой представившейся возможности не вступают в бой, чтобы убивать соперников, принадлежащих к их собственному виду?

На это можно, вообще говоря, ответить, что откровенная драчливость дает не только какие-то преимущества. За нее приходится расплачиваться, причем плата не ограничивается такими очевидными расходами, как потеря времени и энергии. Допустим, например, что индивидуумы В и С – мои соперники и что я случайно встретил В. Мне как эгоистичному индивидууму могло бы показаться разумным убить его. Не будем, однако, спешить: С также мой соперник, но он одновременно и соперник В. Убив В, я тем самым окажу услугу С, убрав одного из его соперников. Может быть, лучше не убивать В, потому что он мог бы в таком случае вступить в конкуренцию или в драку с С, что косвенным образом оказалось бы благоприятным для меня. Мораль, вытекающая из этого простого гипотетического примера, сводится к тому, что пытаться убивать соперников без разбора не всегда целесообразно. В обширной и сложной системе соперничества удаление со сцены одного соперника необязательно окажется полезным: другие соперники могут выиграть от его гибели больше, чем тот, кто его убил. В этом убеждаются специалисты по борьбе с вредителями на собственном горьком опыте: выработав эффективный метод борьбы с серьезным вредителем какой-нибудь сельскохозяйственной культуры и радостно искоренив его, они обнаруживают, что другой вредитель выиграл от гибели уничтоженного вредителя гораздо больше, чем человек, и сельское хозяйство в конечном счете стало терять больше, чем прежде. Однако в других ситуациях убивать соперников или, по крайней мере, вступать с ними в драку представляется вполне разумным.

Если В – морской слон, имеющий большой гарем, а я – другой морской слон – могу, убив его, заполучить этот гарем, то мне безусловно следует попытаться сделать это. Но даже такая избирательная драчливость сопряжена с риском и потерями: В выгодно нанести ответный удар, чтобы защитить свою ценную собственность. Если я начинаю драку, у меня столько же шансов погибнуть, как и у него, а может быть, и больше. Он владеет ценным ресурсом, и именно поэтому я хочу вступить с ним в драку. Но почему он владеет этим ресурсом? Вероятно, он завоевал его в бою. Возможно, он сумел победить других претен-

дентов, пытавшихся с ним драться до меня. По-видимому, он хороший борец. Даже если я выйду победителем и получу гарем, я, может быть, буду так покалечен, что не смогу воспользоваться плодами своей победы. Кроме того, драка требует затрат времени и энергии. Может быть, лучше их пока побережь? Если я в течение некоторого времени постараюсь побольше есть и не ввязываться в драки, то подрасту и наберусь сил. В конце концов я буду драться с ним за гарем, но мои шансы на победу станут выше, если я подожду, чем если я ввяжусь в драку сейчас.

Произнося этот монолог, я пытался показать, что решению о том, вступать или не вступать в драку, в идеале должны предшествовать сложные, хотя и неосознанные расчеты “расход – приход”. Не все потенциальные выгоды можно получить, вступив в драку, хотя некоторый выигрыш она, несомненно, может принести. Точно так же в процессе драки каждое тактическое решение о том, наращивать ли усилия или понизить накал страстей, связано с потерями или выгодами, которые в принципе также поддаются анализу. Эта идея давно бродила в умах этологов, однако лишь Мейнард Смит, которого обычно не считают этологом, удалось выразить ее ясно и убедительно. Совместно с Джорджем Р. Прайсом и Джеффри А. Паркером он использует в своих исследованиях область математики, известную под названием теории игр. Их элегантные идеи можно описать с помощью слов, не прибегая к математическим символам, хотя при этом придется несколько поступиться строгостью.

Главная концепция, которую вводит Мейнард Смит, – это концепция эволюционно стабильной стратегии (ЭСС), ее идея, как он считает, была заложена работами Уильяма Д. Гамильтона и Роберта Х. Мак-Артура. “Стратегия” – это предварительно запрограммированная линия поведения. Вот пример стратегии: “Нападай на противника, если он спасается бегством – преследуй его; если он наносит ответный удар – убегай от него”. Важно понимать, что стратегия не рассматривается как нечто, сознательно разработанное индивидуумом. Помните, что мы говорим о животном как об автоматической машине выживания, снабженной компьютером, который контролирует действия мышц согласно заложенной в него программе. Сформулировать стратегию в виде набора простых инструкций, используя обычные слова, – это всего лишь удобный способ размышлять о ней. С помощью какого-то точно не установленного механизма животное ведет себя так, как если бы оно следовало этим инструкциям.

Эволюционно стабильная стратегия определяется как стратегия, которая, если она будет принята большинством членов данной популяции, не может быть превзойдена никакой альтернативной стратегией²². Это очень тонкая и важная идея. Ее можно выразить и по-иному, сказав, что наилучшая стратегия для данного индивидуума зависит от действий большинства членов популяции. Поскольку остальная популяция состоит из индивидуумов, каждый из которых стремится максимизировать *собственный* успех, единственной стратегией, способной сохраниться, будет та, которая, возникнув однажды в процессе эволюции, не может быть улучшена одним отклоняющимся индивидуумом. В случае какого-либо круп-

²² Сформулируем теперь главную идею ЭСС следующим, более экономичным способом. ЭСС – это стратегия, эффективная против копий самой себя. В основе такого определения лежат следующие соображения. Успешная стратегия – это стратегия, доминирующая в данной популяции. Поэтому она будет сталкиваться с собственными копиями и сможет оставаться эффективной лишь в том случае, если будет успешно справляться с этими копиями. Это определение математически не столь точно, как определение Мейнарда Смита, и оно не может заменить последнее, поскольку в сущности является неполным. Однако оно обладает тем достоинством, что неявно заключает в себе основную идею ЭСС. В настоящее время концепция ЭСС получила среди биологов более широкое распространение, чем тогда, когда была написана эта глава. Мейнард Смит сам подвел итоги всего, что было сделано до 1982 года, в своей книге “Эволюция и теория игр”. Несколько позже написал обзор Джеффри А. Паркер, еще один из тех, кто внес большой вклад в эту область. Теория ЭСС использована в “Эволюции кооперации” Роберта Аксельрода, но я не стану обсуждать ее здесь, так как одна из глав, “Хорошие парни финишируют первыми”, в значительной части посвящена книге Аксельрода. Сам я после выхода в свет первого издания этой книги опубликовал на тему теории ЭСС статью “Хорошая стратегия или эволюционно стабильная стратегия?”, а также, вместе с соавторами, несколько статей о роющих осах.

ного изменения в окружающей среде может возникнуть короткий период эволюционной нестабильности и даже колебаний численности популяции. Но после того, как возникнет ЭСС, она будет сохраняться: отклонение от нее будет наказываться отбором.

Для того чтобы приложить эту идею к агрессии, рассмотрим один из простейших гипотетических случаев, приводимых Мейнардом Смитом. Допустим, что в некоей популяции данного вида соперничающие индивидуумы используют только две стратегии, названные стратегией *ястреба* и стратегией *голубя*. (Эти названия использованы в том смысле, в каком их обычно применяют к людям, и совершенно не связаны с особенностями биологии соответствующих птиц: голуби на самом деле довольно агрессивные птицы.) Каждый индивидуум нашей гипотетической популяции получает звание Ястреба или Голубя. Ястребы всегда дерутся так неистово и безудержно, как только могут, отступая лишь при серьезных ранениях. Голуби же ограничиваются угрозами, с достоинством соблюдая все условности, и никогда не наносят противнику повреждений. Если Ястреб сражается с Голубем, то Голубь быстро убегает, оставаясь таким образом невредимым. Если Ястреб дерется с Ястребом, то драка продолжается до тех пор, пока один из соперников не получит серьезной раны или не будет убит. Если Голубь сталкивается с Голубем, ни один из них не страдает. Они долго выступают друг перед другом, принимая разные позы, пока один из них не устанет или не решит, что ему не стоит продолжать противостояние, а лучше отступить. Пока что мы исходим из допущения, что индивидуум не может заранее решить, с кем ему предстоит драться – с Ястребом или Голубем. Он обнаруживает это только в процессе драки и не может воспользоваться опытом прошлых драк с определенными индивидуумами, так как не помнит о них.

Произведем теперь чисто произвольную оценку результатов конфликта: пятьдесят очков за выигрыш, нуль – за проигрыш, минус сто за серьезную рану и минус десять – за потерю времени в длительном поединке. Можно считать, что эти очки непосредственно конвертируются в валюту, которой является выживание генов. Индивидуум, получивший высокие оценки, то есть имеющий в среднем большой выигрыш, это тот индивидуум, который оставляет после себя большое число своих генов в генофонде. Точные численные значения не имеют значения для нашего анализа, но помогают нам размышлять о проблеме.

Важно указать, что нас не интересует, побьют ли Ястребы Голубей, когда они дерутся. Ответ нам уже известен: Ястребы всегда побеждают. Мы хотим узнать, какая стратегия является стабильной – Ястребов или Голубей. Если одна из них представляет собой ЭСС, а другая – нет, то следует ожидать, что эволюционировать будет та, которая соответствует ЭСС. Теоретически возможно существование двух ЭСС. Это будет справедливо в том случае, если, независимо от того, какой стратегии – Ястреба или Голубя – следует большинство индивидуумов в популяции, наилучшей стратегией для каждой данной особи будет именно она. Тогда популяция будет стремиться к сохранению того из своих двух стабильных состояний, которого она достигла раньше. Однако, как мы сейчас увидим, ни одна из этих двух стратегий – Ястреба или Голубя – не будет в действительности сама по себе эволюционно стабильной, и поэтому не следует ожидать, что та или другая будет эволюционировать. Для того чтобы показать это, нам следует вычислить средние выигрыши.

Предположим, что рассматриваемая популяция целиком состоит из одних Голубей. В их драках пострадавших не бывает. Состязания представляют собой длительные ритуальные турниры, что-то вроде игры в “гляделки”, которые заканчиваются только тогда, когда один из противников отступает. Победитель получает пятьдесят очков – цена ресурса, из-за которого возникла драка, но платит штраф, равный десяти очкам, за потерю времени на длительный турнир, так что его выигрыш в конечном счете равен сорока очкам. Побежденный также платит штраф (десять очков) за потерянное время. В среднем следует ожидать, что каждый Голубь победит в половине турниров, а в половине проиграет. Поэтому его средний выиг-

рыш за турнир равен среднему между сорока и минус десятью очками, то есть пятнадцати. Таким образом, каждый Голубь в популяции, очевидно, существует вполне благополучно.

Допустим, однако, что в популяции в результате мутации появился Ястреб. Поскольку этот Ястреб – единственный в округе, во всех его драках в роли противника может выступать только Голубь. Ястребы всегда побеждают Голубей, так что он получает пятьдесят очков за каждую драку и его средний выигрыш равен пятидесяти. Он обладает огромным преимуществом над Голубями с их чистым выигрышем (пятнадцать очков). В результате гены Ястреба быстро распространяются в популяции. Но теперь уже Ястреб не может рассчитывать на то, что каждым его противником будет Голубь. В экстремальном случае – если ястребиные гены распространяются так успешно, что вся популяция оказывается состоящей из Ястребов, – все драки теперь будут происходить между Ястребами. Положение вещей резко изменилось. При драке Ястреба с Ястребом один из них получает тяжкие повреждения, оцениваемые как минус сто очков, тогда как выигрыш победителя составляет пятьдесят очков. Каждый Ястреб в популяции Ястребов может выиграть половину сражений и половину проиграть. Поэтому его ожидаемая средняя оценка за одну драку равна среднему между пятьюдесятью и минус ста очкам, то есть двадцати пяти очкам. Рассмотрим теперь случай, когда в популяции Ястребов появился один Голубь. Конечно, он оказывается побежденным во всех драках, но при этом остается невредимым. Его средний выигрыш в популяции Ястребов равен нулю, тогда как средний выигрыш Ястреба в популяции Ястребов равен минус двадцати пяти. Поэтому голубиные гены будут иметь тенденцию распространиться в популяции.

Создается впечатление, что в популяции непрерывно происходят колебания. Ястребиные гены достигают превосходства. Затем, вследствие преобладания в популяции Ястребов, преимущество получают голубиные гены, численность которых возрастает до тех пор, пока ястребиные гены снова не начнут процветать, и так далее. Однако в таких колебаниях нет нужды. Между Ястребами и Голубями существует стабильное соотношение. Для используемой нами произвольной системы очков стабильное соотношение между Голубями и Ястребами составляет $5/12:7/12$. При достижении такого стабильного соотношения средний выигрыш для Ястребов точно равен среднему выигрышу для Голубей. Поэтому отбор не оказывает предпочтения ни тем, ни другим. Если число Ястребов в популяции начнет возрастать, так что их доля станет выше $7/12$, у Голубей начнет возникать дополнительное преимущество, и соотношение вернется к стабильному состоянию. Подобно тому, как стабильное соотношение полов равно 50:50, так и стабильное соотношение Ястребов и Голубей в данном гипотетическом примере равно 7:5. В обоих случаях колебания вблизи стабильной точки, если они имеются, не будут слишком сильными.

На первый взгляд все это немножко смахивает на групповой отбор, но на самом деле не имеет с ним ничего общего. Мысль о групповом отборе возникает потому, что позволяет представить себе существование некоего состояния стабильного равновесия, к которому популяция стремится вернуться в случае его нарушения. Однако ЭСС – гораздо более сложная концепция, чем групповой отбор. Она никак не связана с тем, что некоторые группы могут быть удачливее других. Это можно проиллюстрировать, используя систему произвольных очков в приведенном гипотетическом примере. Средний выигрыш для любого индивидуума – будь то Ястреб или Голубь – в стабильной популяции, состоящей на $7/12$ из Ястребов и на $5/12$ из Голубей, равен $6\frac{1}{4}$. Но $6\frac{1}{4}$ гораздо меньше среднего выигрыша для Голубя в популяции из одних Голубей (15). Если бы только все согласились быть Голубями, это пошло бы на пользу каждому индивидууму. Путем простого группового отбора любая группа, все члены которой с общего согласия примут стратегию Голубя, достигнет гораздо большего успеха, чем соперничающая с ней группа, придерживающаяся соотношения, обеспечивающего ЭСС. (На самом деле сговор не прибегать ни к чему другому, кроме страте-

гии Голубя, не обеспечивает группе максимально возможный успех. Если группа состоит на $\frac{1}{6}$ из Ястребов и на $\frac{5}{6}$ из Голубей, то средний выигрыш на одну драку будет равен $16\frac{2}{3}$. Это наиболее выгодное соотношение, но в данном случае мы его касаться не будем. Более простой вариант – одни лишь Голуби, – обеспечивающий каждому индивидууму средний выигрыш – пятнадцать очков, гораздо выгоднее каждому отдельному индивидууму, чем ЭСС.) Поэтому теория группового отбора предскажет тенденцию к сговору, по которому все должны придерживаться стратегии Голубя, поскольку группа, состоящая на $\frac{7}{12}$ из Ястребов, достигает меньшего успеха. Беда, однако, в том, что все сговоры, даже те, которые в конечном счете выгодны всем, не защищены от злоупотреблений. Что из того, если каждому лучше состоять в группе из одних Голубей, чем в группе ЭСС? Но, к сожалению, оказаться в такой группе единственным Ястребом настолько хорошо, что эволюцию Ястребов не остановить ничем. Сговор, таким образом, будет нарушен в результате измены в собственном стане. ЭСС стабильна не потому, что она так уж хороша для участвующих в ней индивидуумов, а просто потому, что она гарантирует от измены в своих рядах.

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.