

РИЧАРД
ДОКИНС

САМОЕ ГРАНДИОЗНОЕ

ШОУ

ДОКАЗА-
ТЕЛЬСТВА
ЭВОЛЮ-
ЦИИ

НА ЗЕМЛЕ

THE EVIDENCE FOR EVOLUTION

SHOW ON EARTH

THE GREATEST

DAWKINS

RICARD



Книжные проекты
Дмитрия Зимина

Ричард Докинз

**Самое грандиозное
шоу на Земле:
доказательства эволюции**

«Corpus (АСТ)»

2009

УДК 575
ББК 28.0

Докинз Р.

Самое грандиозное шоу на Земле: доказательства
эволюции / Р. Докинз — «Corpus (АСТ)», 2009

ISBN 978-5-17-083307-8

Опубликованная в 1859 году книга Чарльза Дарвина “Происхождение видов путем естественного отбора” потрясла западное общество. Однако Дарвин едва ли мог вообразить, что поднятая им буря не уляжется даже через полтора столетия. Хотя серьезные ученые и многие теологи сейчас признают правоту эволюционизма, миллионы людей продолжают его отвергать. Ричард Докинз – всемирно известный биолог, популяризатор науки, атеист, рационалист, “ротвейлер Дарвина” – берется убедить любого непредвзятого читателя в том, что эволюция – это не “просто теория”, а всесторонне подкрепленный доказательствами факт.

УДК 575

ББК 28.0

ISBN 978-5-17-083307-8

© Докинз Р., 2009
© Corpus (АСТ), 2009

Содержание

Предисловие	6
Глава 1	8
Что такое теория и что такое факт?	12
Глава 2	18
Мертвая хватка Платона	19
Взболтать, но не смешивать	22
Глава 3	31
Насекомые – древнейшие специалисты по одомашниванию	32
Ты – мой естественный выбор!	37
Крысиные зубы	50
Снова собаки	52
И снова цветы	56
Природа как селективный агент	59
Глава 4	60
Годичные кольца	62
Радиоактивные “часы”	65
Углерод	72
Глава 5	75
Ящерицы острова Мрчара	77
Сорок пять тысяч поколений: эволюция под микроскопом	80
Конец ознакомительного фрагмента.	81

Ричард Докинз

Самое грандиозное шоу на Земле: доказательства эволюции

Посвящается Джошу Тимонену

**RICHARD DAWKINS
THE GREATEST SHOW ON EARTH
THE EVIDENCE FOR EVOLUTION**

Художественное оформление и макет Андрея Бондаренко

Издание осуществлено при поддержке Фонда некоммерческих программ Дмитрия
Зимина “ДИНАСТИЯ”

Предисловие

Объем доказательств эволюции растет день ото дня, и никогда прежде эти доказательства не были настолько убедительны.

Но как ни удивительно, никогда на моей памяти не была столь же сильна и малограмотная оппозиция. Эта книга – мой персональный конспект доказательств, позволяющих мне утверждать, что теория эволюции является фактом – неопровержимым, как и любой истинно научный факт.

Это не первая написанная мною книга об эволюции, и мне придется объяснить, чем она отличается от остальных. Можно считать, что она представляет собой недостающее звено. В двух работах – “Эгоистичный ген” и “Расширенный фенотип” – я предложил нетрадиционный подход к традиционной теории естественного отбора, не обсуждая фактические доказательства эволюции. В следующих трех книгах я попытался устранить возможные препятствия на пути к пониманию теории эволюции. “Слепой часовщик”, “Река, текущая из рая” и моя любимая “Восхождение на пик Невероятности” отвечали на вопросы наподобие: “Что толку в половине глаза?”, “Кому нужна половина крыла?” и “Как может работать естественный отбор, если большинство мутаций производит негативный эффект?”. Но, хотя они и позволили убрать камни преткновения, доказательств эволюции в них не было. Самая большая моя книга – “Рассказ прародителя” – описывала историю жизни на Земле и оказалась чем-то вроде путешествия пилигрима в поисках предков, как у Чосера. Однако и в ней эволюция принималась как данность.

Окинув эти работы критическим взглядом, я понял, что ни в одной из них доказательства эволюции не изложены достаточно ясно и что этот пробел следует устранить. Момент для этого выдался подходящий: 2009-й – это год двухсотлетнего юбилея Чарльза Дарвина и 150-летнего – выхода в свет его “Происхождения видов”. Нет ничего удивительного в том, что подобные мысли пришли в голову еще паре людей, и в результате появилось несколько отличных книг, включая замечательную “Почему эволюция истинна” Джерри Койна¹.

Мой неутомимый и дальновидный литературный агент Джон Брокман предложил в качестве рабочего заглавия слова

“Только теория”. Под этим названием книга и попала к издателям. Впоследствии выяснилось, что заглавие уже “застолбил” Кеннет Миллер для книги комментариев к судебному процессу “Кицмиллер против школьного совета округа Дувр”: тогда было принято решение о запрете преподавания креационизма в американской школе, и сам Кеннет сыграл в этом деле поистине героическую роль. Как бы то ни было, “Только теория” казалась мне неподходящим названием, и когда внезапно выяснилось, что идеальное заглавие все это время буквально лежало на соседней полке, я с легкостью расстался с первым вариантом. Несколько лет назад неизвестный доброжелатель прислал мне симпатичную футболку с лозунгом в стиле Ф. Т. Барнума²: “Эволюция, самое грандиозное шоу на Земле, единственное представление”. Время от времени я надевал ее и читал лекции с таким названием. И однажды я понял, что лучше заглавия для книги не придумаешь – ну, разве что чуть-чуть его сократить. Так появилось “Самое грандиозное шоу на Земле”. А слова “Только теория” (с вопросительным знаком, чтобы обезопасить себя от охотящихся за цитатами креационистов) стали названием первой главы.

¹ Моя в высшей степени благосклонная рецензия на эту книгу была опубликована на страницах “Таймс литерари сапплмент” и на сайте: <http://richarddawkins.net/article,3594,Heat-the-Hornet,Richard-Dawkins>. – Здесь и далее – прим. автора, если не указано иное.

² Барнум, Финейс Тейлор (1810–1891) – знаменитый американский антрепренер. – Прим. ред.

В работе над книгой мне помогало множество людей, в том числе Михаил Юдкин, Ричард Ленски, Джордж Остер, Кэролайн Понд, Генри Д. Гриссино-Майер, Джонатан Ходжкин, Мэтт Ридли, Питер Холланд, Уолтер Джойс, Вон Янь, Уилл Аткинсон, Лата Менон, Кристофер Грэм, Пола Кирби, Лайза Бауэр, Оуэн Селли, Виктор Флинн, Карен Оуэнс, Джон Эндлер, Иэн Дуглас-Хамилтон, Шейла Ли, Фил Лорд, Кристин Де Блейз, Майкл Кетлуэлл, Аарон Галонски, Дэвид Ноакс, Элизабет Корнуэлл и Рэнд Рассел. Команды Салли Гаминар в Британии и Хиллари Редмон в Америке оказались невероятно толковыми, исполнительными и всегда готовыми помочь. Пока книга находилась на финальных стадиях подготовки к печати, были обнаружены три блестящих научных открытия, и я трижды робко просил о приостановке процесса и включении в текст новых данных. В отличие от любого другого издателя, который без сомнения хотя бы ворчал на меня за срыв плана, Салли и Хиллари воспринимали мои предложения с энтузиазмом и буквально двигали горы для того, чтобы воплотить их в жизнь. Помощь Джиллиан Сомерскейлс, прочитавшей и прекрасно отредактировавшей книгу, была не менее важна.

Моя жена Лалла Уорд в который раз поддержала меня вдохновением, стилистическими замечаниями и предложениями. Эта книга была задумана и начата в течение последних месяцев моего пребывания в должности профессора кафедры им. Чарльза Симони и закончена после моего ухода оттуда. Я вышел в отставку спустя четырнадцать лет и семь книг после моей встречи с Чарльзом и по-прежнему чрезвычайно ему благодарен. Лалла и я надеемся, что мы с Чарльзом и впредь останемся друзьями.

Я посвящаю книгу Джошу Тимонену – с благодарностью ему и небольшой группе его единомышленников, участвовавших в создании сайта *RichardDawkins.net*. Джош известен в Сети как талантливый веб-дизайнер с прекрасным воображением, но это занятие – только верхушка удивительного айсберга. Несмотря на то, что созидательный талант Джоша очевиден не всем, сравнение с айсбергом не отражает ни величину его вклада в наше общее дело, ни теплого юмора, которым он неизменно сопровождает свою работу.

Глава 1

Только теория?

Вообразите, что вы – преподаватель латыни и римской истории. Вы стремитесь привить своим ученикам любовь и уважение к античности: от элегий Овидия и од Горация до латинской грамматики и речей Цицерона, от стратегических находок Пунических войн до военного гения Гая Юлия Цезаря и излишеств сластолюбивых императоров периода упадка. Это сложное и достойное дело требует времени, концентрации и самоотверженности. К вашему огорчению, группа игнорамусов (вы – учитель латинского, не забыли?), которая пользуется серьезной политической и финансовой поддержкой, постоянно отнимает у вас драгоценное время. Единственная цель этих людей – убедить ваших невезучих учеников в том, что римлян не было. И Римской империи не было. И что мир, каким мы его знаем, появился совсем недавно, незадолго до рождения ныне живущих людей. И что современные нам романские языки – испанский, итальянский, французский, португальский, каталанский, окситанский, ретороманский со всеми их диалектами – возникли совершенно независимо друг от друга и не имеют ничего общего с латинским. И вот, вместо того чтобы отдавать все свое время и силы благородному призванию исследователя и преподавателя классического наследия, вам приходится отвлекаться на поиск аргументов в защиту существования римлян, на борьбу с невежеством и предубеждениями, с которыми вы хоть плачь, но вынуждены сражаться.

Если вам кажется неуместной аналогия с латынью и римлянами, могу привести более реалистичный пример. Представьте, что вы – учитель новейшей истории и что ваши уроки, посвященные Европе XX века, бойкотируют или каким-либо образом срывают хорошо организованные группы, отрицающие Холокост. В отличие от гипотетических “отрицателей Рима”, люди, отрицающие Холокост, действительно существуют. Они привыкли к публичным выступлениям, их слова звучат на первый взгляд правдоподобно, а сами они умеют казаться образованными. Их поддерживает президент минимум одного могущественного государства. Среди них по меньшей мере один католический епископ. Так вот, от вас, учителя европейской истории, агрессивно требуют представить и “альтернативную” точку зрения, предполагающую, что Холокоста никогда не было – он изобретен сионистами, подделавшими факты и свидетельства. Несколько интеллектуалов-релятивистов сообщат вам, что абсолютной истины не существует, был Холокост или нет – вопрос личных убеждений, а все точки зрения равно значимы и должны уважаться.

Жизнь многих преподавателей естествознания в наше время ничуть не легче. Когда они пытаются объяснить ученикам базовый принцип биологии, честно рассматривая живой мир с исторической (то есть эволюционной) точки зрения; когда они объясняют и демонстрируют ученикам саму природу жизни, они подвергаются нападкам, им даже грозят увольнением. В лучшем случае они теряют драгоценное время. С большой вероятностью на них посыплются угрожающие письма родителей, их будут преследовать саркастические ухмылки зомбированных учеников. В рекомендованных государством учебниках слово “эволюция” исключается вовсе или заменяется “толерантным” “изменением с течением времени”. Еще недавно мы смеялись над этим явлением как над исключительно американским, но теперь с той же проблемой сталкиваются учителя Великобритании и Европы – частично из-за влияния США, но главным образом из-за увеличения доли учеников-мусульман в классах. Этому, безусловно, также способствуют требования мультикультурализма и боязнь учителей прослыть расистами.

Часто говорят (и совершенно справедливо), что у высшего духовенства и теологов нет никаких возражений против эволюции, что, как правило, они даже поддерживают ученых в этом вопросе. Зачастую это действительно так, и я знаю об этом не понаслышке, ибо сотрудничал с лордом Ричардом Харрисом, бывшим епископом Оксфордским. В 2004 году мы опубликовали в “Санди таймс” совместную статью, которая заканчивалась так: “Сегодня спорить уже не о чем. Эволюция – это факт и, с точки зрения христианина, – одно из величайших творений Господа”. Эту фразу написал Харрис, весь остальной текст мы сочинили вместе. В 2002 году мы с епископом Харрисом отправили премьер-министру Тони Блэру коллективное письмо:

Господин премьер-министр!

Это письмо подготовлено коллективом ученых и епископов, выражающих опасения по поводу программы изучения естественных наук в городском технологическом колледже Эммануэль в Гейтсхеде.

Эволюция – это научная теория, обладающая огромным потенциалом для объяснения различных феноменов в широком спектре областей науки. Под влиянием фактов она может уточняться и даже радикально меняться. Эволюция ни в коем случае не является, как утверждает официальный представитель колледжа, “вопросом веры”, в отличие от библейской версии происхождения жизни, имеющей другой смысл и предназначение.

К сожалению, проблема гораздо глубже, чем вопрос о преподавании в конкретном колледже. Все больше беспокойства вызывает вопрос, что и как будет преподаваться в планируемых религиозных школах нового поколения. Мы уверены в том, что программы таких школ, равно как и колледжа Эммануэль, должны строго контролироваться, чтобы научные и религиозные дисциплины преподавались там с должным уважением.

Искренне ваши

Его преосвященство Ричард Харрис, епископ Оксфордский; сэр Дэвид Аттенборо, член Лондонского королевского общества; его преосвященство Кристофер Герберт, епископ Сент-Олбанский; Роберт Мэй, барон Оксфордский, президент Лондонского королевского общества; профессор Джон Эндерби, член Лондонского королевского общества, его секретарь по физико-математическим наукам; его преосвященство Джон Оливер, епископ Хирфордский; его преосвященство Марк Сантер, епископ Бирмингемский; сэр Нил Чалмерс, директор Музея естествознания, Лондон; его преосвященство Томас Батлер, епископ Саутворкский; сэр Мартин Рис, член Лондонского королевского общества, королевский астроном; его преосвященство Кеннет Стивенсон, епископ Портсмутский; профессор Патрик Бейтсон, член Лондонского королевского общества, его секретарь по биологическим наукам; его преосвященство Криспиан Холлис, католический епископ Портсмута; сэр Ричард Саутвуд, член Лондонского королевского общества; сэр Фрэнсис Грэм-Смит, член Лондонского королевского общества, его бывший секретарь по физико-математическим наукам; профессор Ричард Докинз, член Лондонского королевского общества.

Мы с епископом организовали это письмо в большой спешке.

Тем не менее, насколько я помню, его согласились подписать все люди, которых мы об этом просили. Мы не получили отказа ни от ученых, ни от епископов. У архиепископа Кентерберийского нет никаких проблем с теорией эволюции, как и у папы римского (если исключить сомнения о точном археологическом времени, когда тело человека было укомплектовано душой), образованных священников и преподавателей теологии. Эта книга посвящена позитивным доказательствам эволюции, и я не задумывал ее как антирелигиозную. Антирелигиозную книгу я уже написал. Это другая футболка, и нет смысла надевать

ее сейчас. Теологи и епископы, изучившие с должным вниманием доказательства эволюции, признали дальнейшую борьбу с ней неразумной. Некоторые, вероятно, сделали это с сожалением. Другие (например, епископ Харрис) – с энтузиазмом. Однако все, кроме совершенно неосведомленных, вынуждены признать факт существования эволюции. Они могут думать, что это Бог запустил процесс, а после устранился от руководства. Или что Бог запустил Вселенную вручную, снабдив ее непротиворечивым набором физических законов и констант, рассчитанных так, чтобы выполнить некоторую не вполне ясную миссию, в которой нам отведена не вполне ясная роль. Итак, иногда неохотно, а иногда с радостью мыслящие и разумные представители церкви принимают доказательства истинности эволюции.

Однако ошибкой было бы предполагать, что раз такого мнения придерживаются видные церковники и теологи, с ними согласна их паства. Напротив, социологические опросы, результаты которых вы найдете в приложении, свидетельствуют, что более 40 % жителей США отрицают факт происхождения человека от других животных и уверены, что мы, как и все живые существа, были созданы Богом в последние десять тысяч лет. Эта цифра не столь велика в Соединенном Королевстве, но все же достаточно велика для того, чтобы вызывать беспокойство. И, заметим, беспокойство она должна вызывать не только у ученых, но и у церкви. К несчастью, эта книга необходима. Тех, кто отрицает эволюцию, я назвал “отрицателями истории”. Эти люди уверены в том, что возраст планеты исчисляется тысячами, а не тысячами миллионов лет, а также в том, что люди делили землю с динозаврами. Повторюсь: эти люди составляют более 40 % населения Соединенных Штатов. Эта доля изменяется от страны к стране, но 40 % – неплохая средняя величина.



“Я настаиваю: это только теория!”

Однако вернемся к просвещенным епископам и теологам. Как было бы хорошо, если бы они прикладывали чуть больше усилий к борьбе с антинаучной чепухой, которую они порицают! Многие проповедники, открыто признающие реальность эволюции, а также то, что ни Адама, ни Евы никогда не существовало, тем не менее с удовольствием говорят в проповедях о Еве и Адаме, естественно, без упоминания того, что их никогда не было. Если же вы начнете задавать вопросы, они будут утверждать, что используют исключительно “символическое” значение, связанное, вероятно, с “первородным грехом” или невинностью. Они с удовольствием добавят, что нет человека, уж поверьте, настолько глупого, чтобы понимать их буквально. Однако знает ли об этом паства? Откуда не слишком образованному человеку на церковной скамье или на молитвенном коврике знать, какие части проповеди следует воспринимать буквально, а какие – аллегорически? Так ли легко им об этом догадаться? Слишком много случаев, в которых ответом будет категорическое “нет”.

И любой может запутаться. Если не верите, загляните в приложение.

Поразмыслите об этом, епископ! Будьте осторожны, викарий! Развлекаясь с непониманием, готовым проявиться в любую минуту (более того, просто обязанным проявиться,

если этого никто не предотвратит), вы играете с огнем. Не стоило бы вам быть аккуратнее, обращаясь к пастве? Не лучше ли активно противостоять этому уже чрезвычайно распространенному непониманию, свернув с проторенного пути и протянув руку помощи ученым и учителям?

Я адресую эту книгу в том числе «отрицателям истории». Но, что важнее, я хотел бы обратиться к тем, кто сам историю не отрицает, однако знаком с такими людьми (возможно, членами его семьи или прихода) и недостаточно подготовлен к отстаиванию своей правоты.

Эволюция – это факт, вне разумных и обоснованных сомнений. Вне каких бы то ни было сомнений. Доказательства действительности эволюции по меньшей мере столь же сильны, как доказательства того, что Холокост действительно случился – даже при учете живых свидетелей Холокоста. Чистая правда, что все мы – близкая родня шимпанзе, более далекие родственники мартышек, муравьедов и ламантинов, седьмая вода на киселе бананам и турнепсу... Список можно продолжать еще долго. Эволюция – это не самоочевидная истина. Было время, когда даже самые образованные люди не считали ее фактом. И все-таки это факт. Нам удалось доказать это благодаря огромному и растущему объему доказательств. «Самое грандиозное шоу на Земле» – книга, которая призвана показать это. Ни один добросовестный ученый не спорит с теорией эволюции. И у непредубежденного читателя, прочитавшего эту книгу, не останется сомнений в истинности этой теории.

Остается один вопрос. Почему мы продолжаем говорить о теории эволюции Дарвина, упрощая жизнь проповедникам креационизма и их пастве?

Что такое теория и что такое факт?

“Только теория”? Интересно! Посмотрим, что значит это слово – теория. “Оксфордский словарь английского языка” дает следующие значения (на самом деле их больше, но нас интересуют два):

1 Схема или система идей или утверждений, используемая в качестве объяснения или описания группы фактов или явлений; гипотеза, подтвержденная наблюдением, экспериментом, или построенная на их основе, предлагаемая или принимаемая как объяснение известных фактов; утверждение, включающее общие законы, принципы или причины известных или наблюдаемых явлений.

2 Гипотеза, предлагаемая в качестве объяснения чего-либо; гипотеза, рассуждение, предположение; идея или совокупность идей о чем-либо; личная точка зрения или мнение.

Очевидно, что эти два значения слова отличаются друг от друга. И простой ответ на мой вопрос таков: ученые, применительно к теории эволюции, принимают первое значение, а креационисты (может быть, злонамеренно, а может, от чистого сердца) оперируют вторым. Хорошим примером первого значения может служить гелиоцентрическая теория строения Солнечной системы, утверждающая, что Земля и другие входящие в эту систему планеты вращаются вокруг Солнца. Теория эволюции также прекрасно подпадает под первое значение. Дарвиновская теория эволюции в самом деле представляет собой “схему или систему идей или утверждений”. Она, безусловно, объясняет обширную “группу фактов или явлений”. Это “гипотеза, подтвержденная наблюдением, экспериментом”, “построенная на их основе”. Это “утверждение, включающее общие законы, принципы или причины известных или наблюдаемых явлений”. Также очевидно, что эта теория очень далека от “гипотезы, рассуждения, предположения”. Как мы видим, ученые и креационисты понимают слово “теория” в двух разных смыслах. Эволюция является теорией в том же смысле, в каком является ею гелиоцентрическая модель мира. В обоих случаях уничижительное “только” использоваться не должно.

Что касается утверждений, что теория эволюции якобы не была “доказана”, замечу: большинство ученых старается не использовать термин “доказательство”. Влиятельные философы утверждают, что в науке доказать ничего нельзя. Единственные, кто может что-либо доказать – математики. А все остальные ученые вынуждены довольствоваться тем, что они не смогли опровергнуть что-либо, несмотря на наличие принципиальной возможности такого опровержения и приложенные усилия. К удовлетворению некоторых философов, даже совершенно бесспорная вещь – что Луна меньше Солнца – не может быть доказана так же строго, как, скажем, теорема Пифагора. Однако накоплено столько свидетельств ее правдивости, что никто, кроме педантов, не возьмется утверждать, что это не факт. То же справедливо и для теории эволюции. Эволюция является фактом в той же мере, что и местоположение Парижа в Северном полушарии. Несмотря на то, что балом правят софисты³, некоторые теории невозможно подвергнуть разумной критике. Мы называем эти теории фактами. Чем энергичнее вы пытаетесь опровергнуть теорию, тем ближе она окажется к тому, что обычно называют фактом (если выстоит, разумеется).

Можно было бы продолжать пользоваться словосочетаниями “теория в первом значении” и “теория во втором значении”, но это не слишком удобно. Придется найти замену. Для теории во втором значении есть отличный синоним – гипотеза.

³ Не самая любимая строчка из Йейтса, но на этот случай сойдет.

Всем понятно, что гипотеза – это допущение, предположение, ожидающее подтверждения или опровержения. Гипотезой эволюция была во времена Дарвина. Найти адекватную замену первому значению слова “теория” сложнее. Удобнее всего, конечно, было бы забыть о втором смысле этого слова и пользоваться им как ни в чем не бывало. Другая отличная мысль: второго смысла не должно быть вовсе, оно избыточно и сбивает с толку, учитывая наличие слова “гипотеза”. Тем не менее второе значение, к сожалению, широко распространено, и игнорировать его мы не можем. Поэтому мне придется сделать существенное, но вполне логичное и оправданное, заимствование из математики. Я воспользуюсь словом “теорема”. Как мы увидим, это заимствование не совсем верно, но мне представляется, что риск оправдан. Дабы не обижать математиков, я изменю написание слова на “теорум”⁴. Для начала следует объяснить, как математики понимают смысл слова “теорема”, заодно прояснив высказывание о том, что только математики действительно способны что-либо доказать (в отличие от адвокатов, несмотря на претензии последних).

С точки зрения математика, доказательство – это логически непротиворечивая демонстрация того, что утверждение следует из аксиом. Так, теорема Пифагора следует из аксиом евклидовой геометрии (например аксиомы, гласящей, что параллельные прямые не пересекаются). Сколько бы вы ни измерили прямоугольных треугольников, пытаясь опровергнуть теорему Пифагора, вы зря потратите время. Кто угодно может прочесть доказательство, найденное пифагорейцами, и убедиться в его истинности. Теорема справедлива, и все тут! Чтобы отличить теорему от гипотезы, математики используют концепцию доказательства. Гипотеза представляет собой утверждение, которое кажется истинным, однако истинность его не доказана. В случае, если она будет доказана, гипотеза станет теоремой. Прекрасным примером гипотезы является проблема Гольдбаха, которая заключается в доказательстве того, что всякое целое число, большее или равное шести, может быть представлено в виде суммы трех простых чисел. Поскольку математикам не удалось опровергнуть гипотезу, с позиций здравого смысла это уже не гипотеза, а факт Гольдбаха. Тем не менее никто и никогда не смог доказать истинность этой гипотезы (несмотря на приз, ожидающий того, кто сумеет это сделать), и математики совершенно справедливо отказывают этой гипотезе в членстве в клубе теорем. Если кто-либо найдет доказательство, утверждение будет переименовано в теорему Гольдбаха. Или, быть может, в теорему X, где X – способный математик, опубликовавший доказательство.

Карл Саган отвечал людям, утверждавшим, будто они были похищены пришельцами:

Время от времени мне приходят письма от людей, якобы находящихся в “контакте” с инопланетянами. Мне предлагают задавать “любые” вопросы. За несколько лет я составил небольшой список: инопланетяне гораздо более развиты, чем мы, разве нет? Поэтому я задаю вопросы такого рода: “Пожалуйста, представьте короткое доказательство Великой теоремы Ферма. Или проблемы Гольдбаха...” Знаете, я не получил ни одного ответа. А когда я спрашиваю, следует ли нам хорошо себя вести, мне отвечают почти всегда. Эти инопланетяне счастливы ответить на любые нечеткие вопросы, особенно содержащие конвенциональные моральные суждения. Но в ответ на любой четкий вопрос, который позволил бы выяснить, знают ли они что-либо за пределами человеческих знаний, звучит только тишина.

Великая теорема Ферма, как и проблема Гольдбаха, представляла собой гипотезу с 1637 года, когда Пьер Ферма написал на полях старой математической книги: “Я нашел... поистине чудесное доказательство, но поля книги слишком узки для него”. Теорема была доказана английским математиком Эндрю Уайлзом только в 1995 году. Поскольку доказа-

⁴ Только ради красоты / Напиши “теорум” ты.

тельство Уайлза весьма длинно и сложно, а также учитывает новейшие методы и знания, большинство математиков склоняется к мнению, что Ферма искренне заблуждался, считая, что у него есть доказательство. Эту историю я пересказал только для того, чтобы пояснить, в чем разница между теоремой и гипотезой.

Я позаимствую из математики термин “теорема”, но чтобы отличить ее, изменю написание на “теорум”. Научный теорум, например эволюция или гелиоцентрическая система, вполне соответствует первому значению теоремы из Оксфордского словаря: “гипотеза, подтвержденная наблюдением, экспериментом, или построенная на их основе, предлагаемая или принимаемая как объяснение известных фактов; утверждение, включающее общие законы, принципы или причины известных или наблюдаемых явлений”.

Научный теорум никогда не будет доказан (и не может быть доказан) так же, как доказывают математические теоремы. Но с точки зрения здравого смысла он является фактом.

Таковы утверждения, что земля круглая, а не плоская, а растения добывают энергию из солнечных лучей. Прекрасно информированные наблюдатели и экспериментаторы собрали массу доказательств, подтверждающих истинность этих теорем – бесспорных фактов в общепринятом смысле слова. Тем не менее, если мы желаем быть педантами, нам следует признать, что мы не можем быть уверены до конца в доступных нам измерительных приборах и органах чувств. Бертран Рассел однажды сказал, что мы все “могли появиться на свете всего пять минут назад с готовыми воспоминаниями, в дырявых носках и с шевелюрами, которые пора стричь”. Учитывая имеющиеся сегодня данные, для того, чтобы эволюция оказалась не фактом, потребовался бы примерно такой же хитроумный трюк Творца, а в это мало кто из теистов согласится поверить.

Настало время выяснить, как словари объясняют слово “факт”. “Оксфордский словарь английского языка” дает несколько значений. Нам подходит одно:

Факт. Действительное, невымышленное происшествие, событие, явление; нечто, совершенно точно имеющее данные свойства; истина, известная благодаря непосредственному наблюдению или достоверному сообщению, в отличие от воображаемого, вымышленного или только предполагаемого; установленное знание, данное в опыте, служащее для какого-либо заключения, вывода, являющегося проверкой какого-либо предположения.

Заметим, что факт, как и теорум, не обладает привилегированным положением математической строго доказанной теоремы, с неизбежностью следующей из аксиом. Более того, как раз “непосредственное наблюдение или достоверное сообщение” может быть ужасающе ненадежным, и в залах судебных заседаний им придают неоправданно большое значение. Юрист, всецело полагающийся на показания очевидцев, был бы шокирован результатами некоторых психологических экспериментов.

Один из таких замечательных экспериментов был подготовлен и проведен профессором Университета штата Иллинойс Дэниелом Дж. Саймонсом. Участники эксперимента смотрят 25-секундный фильм, в котором шестеро молодых людей перебрасывают друг другу пару баскетбольных мячей. Игроки входят в круг и выходят из него, меняются местами, поэтому сцена выглядит довольно сложной. Перед показом экспериментатор сообщает испытуемым, что они участвуют в тесте на наблюдательность: им предстоит сосчитать, сколько раз мячи перешли из рук в руки. Результаты аккуратно фиксируются, однако – испытуемые об этом не знают – цель эксперимента совершенно иная.

Когда подсчет закончен, экспериментатор выкладывает козырного туза: “А кто из вас видел гориллу?” Большинство немедленно впадает в ступор. Стоит экспериментатору прокрутить пленку еще раз, предложив участникам теста расслабиться и просто посмотреть

фильм, выясняется, что на девятой секунде в кадре появляется человек в костюме гориллы. Он пробирается между игроками, заглядывает в камеру, колотит себя в грудь (будто выражая крайнее презрение к свидетельским показаниям), а после покидает площадку. Но, несмотря на то, что “горилла” находится в кадре целых девять секунд – более трети фильма! – подавляющее большинство испытуемых во время первого просмотра ее не замечают. Под присягой они показали бы, что в течение двадцати пяти секунд они внимательнейшим образом смотрели запись, так как считали баскетбольные мячи. И никакого человека в костюме гориллы там не было. Все эксперименты, проведенные схожим образом, демонстрируют схожие результаты и вызывают такой же шок у испытуемых, когда им открывают правду. К несчастью, показания очевидцев, “установленное знание” и “непосредственное наблюдение” являются чрезвычайно ненадежными или, по меньшей мере, могут быть таковыми. Об этом прекрасно знают фокусники.

Вот еще что забавно: в определении, которое дает словарь, сказано “*непосредственное наблюдение* или достоверное сообщение, в отличие от *только предполагаемого*” (курсив мой). Это “только” выглядит оскорблением: тщательное и обдуманное предположение может быть куда надежнее “непосредственного наблюдения”, несмотря на то, что наша интуиция восстает против этого. Я и сам, что греха таить, не заметил гориллу на пленке Саймонса и был, как и другие, при втором просмотре шокирован ее появлением. Теперь я никогда автоматически не отдам свидетельским показаниям предпочтения перед научными догадками. Мне кажется, стоит показывать пленку с гориллой или некий ее аналог присяжным, да и судьям, перед тем, как они удаляются для вынесения вердикта.

Очевидно, что все наши построения базируются на данных органов чувств. Вне зависимости от того, читаем мы распечатку из машины для секвенирования ДНК или от Большого адронного коллайдера, мы пользуемся глазами. Но, что бы ни говорила на этот счет наша интуиция, то, что видит на месте убийства очевидец, не обязательно надежнее, чем не прямое наблюдение следов преступления (например, ДНК в следах крови) при помощи качественного оборудования. Вероятность ошибиться при определении личности по свидетельским показаниям гораздо выше, чем при изучении ДНК. Удручающе велик список людей, ошибочно осужденных на основании свидетельских показаний и (иногда спустя много лет) освобожденных благодаря новым технологиям анализа ДНК. Только в американском Техасе с момента признания судом анализа ДНК в качестве средства доказывания было отпущено на свободу тридцать пять человек. Тридцать пять – и это только те, кто еще жив. Учитывая темп приведения в исполнение смертных приговоров в Техасе (например, в течение шести лет губернаторства Джорджа У. Буша смертный приговор подписывался в среднем один раз в две недели), вполне вероятно, что, будь в свое время доступна методика анализа ДНК, множество людей было бы оправдано и осталось в живых.

Умозаключения – настоящие, научные, а не “только” умозаключения – мы будем рассматривать в этой книге со всей тщательностью. Думаю, мне удастся показать вам неопровержимость умозаключения об истинности эволюции. Очевидно, что подавляющее большинство эволюционных изменений недоступно непосредственному наблюдению. Большая их часть произошла до нашего рождения, и, при любом раскладе, они обычно происходят слишком медленно, чтобы мы могли их заметить. Это верно и для неуклонного расхождения Африки и Южной Америки, происходящего, как мы увидим в главе 9, слишком медленно для того, чтобы мы без приборов могли его зафиксировать. С эволюцией, как и с дрейфом континентов, мы можем только строить умозаключения и делать выводы после события, поскольку по понятным причинам нас не существовало на протяжении большей части события. Но не стоит недооценивать силу таких выводов. И постепенное расхождение Южной Америки и Африки, и наше общее с дикобразами и гранатами происхождение сегодня являются твердо установленными фактами в обыденном понимании этого слова.

Мы подобны следователям, оказавшимся на месте преступления после того, как оно было совершено. Деяние осталось в прошлом. Следователю не удастся его увидеть. Да и эксперимент с костюмом гориллы (и подобные ему) отучили нас безоговорочно доверять органам чувств. Что же остается следователю? Прежде всего – следы: отпечатки пальцев (в наше время – еще и ДНК), следы обуви, пятна крови, письма и дневники. Мир таков, каков он есть, потому что такие-то и такие-то события, а не какие-то другие, привели его в нынешнее состояние.

Немало исторических примеров говорит о том, что пропасть между двумя словарными значениями слова “теория” не является непреодолимой. Наука неоднократно видела превращение “только гипотез” в полноценные теоремы. Более того, состоятельная научная идея может начать “карьеру” с осмеяния и только затем пройти болезненный путь становления и выйти на уровень теоремы или неоспоримого факта, как это было с теорией дрейфа континентов. Неразрешимого противоречия в этом нет. Из-за того, что некоторые наши прошлые воззрения были развенчаны, а их неправильность последовательно и убедительно доказана, не следует бояться безусловной неправильности нынешних! А то, насколько уязвимы наши воззрения, прямо зависит от надежности доказательств. Прежде люди считали, что Солнце меньше Земли, поскольку доказательства, имевшиеся в их распоряжении, были несостоятельными. Теперь мы обладаем данными, надежно указывающими на то, что Солнце гораздо больше Земли, и можем быть полностью уверены в том, что эти данные никогда не будут опровергнуты. И это не гипотеза, которая пока просто не опровергнута. Многие из нынешних представлений о мире могут быть – и будут – опровергнуты. Но, с учетом доступных нам данных, мы можем составить перечень фактов, которые не будут опровергнуты никогда. И эволюция, и гелиоцентрическая система не всегда были в этом списке, но сейчас они там есть.

Биологи часто проводят различие между признанным фактом эволюции (все живые существа – родственники друг друга) и теорией о том, что движет эволюционным процессом (под этим, как правило, понимается естественный отбор, который противопоставляется другим теориям, например теории упражнения и неупражнения органов, а также наследования приобретенных признаков по Ламарку). Но важно то, что сам Дарвин считал и то, и другое теориями в предположительном, гипотетическом смысле. В его времена фактические свидетельства были далеко не так многочисленны и убедительны, как сегодня, и многие видные ученые могли спорить как с теорией естественного отбора, так и с самим существованием эволюции. Теперь уже невозможно оспаривать факт эволюции. Он превратился в “теорум”, или твердо установленный факт, но все еще можно (при желании) сомневаться в том, что главной движущей силой эволюции действительно является отбор.

В автобиографии Дарвин рассказывает, как в 1838 году он “ради развлечения” прочитал “Опыт закона о народонаселении” Мальтуса (как предполагает Мэтт Ридли – под влиянием Гарриет Мартино, необычайно умной подруги его брата Эразма) и вдохновился идеей естественного отбора: “Теперь, наконец, я обладал теорией, при помощи которой можно было работать”⁵. Для Дарвина естественный отбор оставался гипотезой, которая могла подтвердиться или не подтвердиться. Так же он думал и об эволюции. То, что мы считаем неопровержимым фактом, в 1838 году было гипотезой, требующей сбора и проверки доказательств. К 1859 году, когда было опубликовано “Происхождение видов”, у Дарвина было уже достаточно доказательств, чтобы предоставить эволюции (но не естественному отбору) статус факта. И именно этим – повышением статуса эволюции от гипотезы до установленного факта – занимался Дарвин в большей части своей великой книги. Сам процесс продолжался в течение долгого времени, и теперь уже ни один серьезный ум не сомневается в истинности

⁵ Пер. С. Соболя. – Прим. ред.

эволюции, а ученые, пускай неформально, говорят о факте ее существования. Более того, все признанные биологи продолжают соглашаться с Дарвином в том, что одна из основных движущих сил этого явления – естественный отбор. Просто некоторые подчеркивают: одна из основных. Пусть не единственная, но я пока что не встречал серьезного биолога, который смог бы назвать мне альтернативу естественному отбору на роль движущей силы адаптивной эволюции – развития в сторону усовершенствования.

В оставшихся двенадцати главах книги я покажу, что эволюция – это неопровержимый факт, и буду вместе с вами восхищаться ее невероятной силой, красотой и простотой. Эволюция повсюду: в нас самих, между нами, вокруг нас; ее творения отпечатались на скалах, видевших целые эоны. Поскольку мы, как правило, не можем увидеть эволюционные изменения собственными глазами (нам просто не хватает на это жизни), мы вернемся к метафоре со следователем, попадающим на место преступления после его совершения и строящим умозаключения. Косвенные и прямые доказательства, ведущие ученых к признанию эволюции, куда более многочисленны, неопровержимы и непротиворечивы, чем все показания очевидцев, когда-либо озвученные в любом суде по делу о любом преступлении. Доказательства вне всяких разумных сомнений? *Разумных сомнений?*

Глава 2

Собаки, коровы и капуста

Почему Чарльза Дарвина пришлось так долго ждать? Что помешало человечеству подойти к эволюции, этой восхитительно простой идее, раньше, чем к существенно более сложным математическим открытиям Ньютона, появившимся на целых два века раньше, или Архимеда, которые старше на целых два тысячелетия? Я слышал много ответов на этот вопрос. Возможно, наш разум смущает время, за которое происходят эволюционные изменения: разница между геологическим временем и временем жизни человека, пытающегося понять эволюцию, очень велика. Может, все дело в сдерживавших нас религиозных доктринах? Или, быть может, в восхитительной сложности органов наподобие глаза, о котором трудно думать иначе как о совершенном приборе, спроектированном опытным изобретателем? Возможно, все эти причины сыграли свою роль. Однако Эрнст Майр, один из корифеев синтетической теории эволюции, умерший в 2005 году в столетнем возрасте, многократно озвучивал совершенно другое предположение. С его точки зрения, камнем преткновения была старая философская доктрина, которая сейчас называется эссенциализмом. Открытию эволюции препятствовала мертвая хватка Платона⁶.

⁶ Эти слова принадлежат не Майру, но вполне отражают его мысль.

Мертвая хватка Платона

Согласно Платону, видимая нами реальность – это не более чем тени, отброшенные на стены пещеры мерцающим огнем в очаге. Платон, подобно другим греческим мыслителям, в душе был геометром. Так, треугольник, нарисованный на песке – это лишь несовершенная тень истинной сущности треугольника, его идеи. Стороны идеального треугольника – истинные Евклидовы линии с длиной, но без ширины, совершенно прямые и никогда не пересекающиеся, если они параллельны. Сумма углов идеального треугольника составляет точно 180° . Очевидно, что это неверно для треугольника, нарисованного на песке, однако он, согласно Платону, только зыбкая тень идеального треугольника.

Эрнст Майр полагал, что биология заражена своего рода эссенциализмом. Биологический эссенциализм рассматривает тапиров и кроликов, панголинов и верблюдов так, будто это треугольники, ромбы, параболы или додекаэдры. Кролики, которых мы видим, – тени идеи Кролика, абсолютного, идеального платонического кролика, витающего где-то в пространстве идей вместе с совершенными геометрическими формами. Живые кролики из плоти и крови изменчивы, но все их разнообразие следует рассматривать только как случайные отклонения от идеала.

Отчаянно антиэволюционная картина! Для эссенциалиста любое разнообразие среди кроликов – это досадное искажение идеи кролика, и всякая попытка отклонения будет неизменно встречать сопротивление, как будто все живые кролики привязаны невидимой, но очень прочной нитью к небесному идеальному кролику. Эволюционисты видят жизнь совершенно иначе. Потомки могут бесконечно удаляться от родительской формы, причем любой из изменившихся потомков становится потенциальным прародителем будущих изменчивых вариантов. Между прочим, Альфред Рассел Уоллес, независимо от Дарвина пришедший к идее эволюции путем естественного отбора, назвал свою статью так: “О стремлении разновидностей бесконечно удаляться от первоначального типа”.

Если и есть на свете “стандартный” кролик, то это не более чем центр куполообразного распределения настоящих суетливых, пушистых, прыгающих изменчивых кроликов. Это распределение со временем меняется. Поколение сменяет поколение, и в какой-то точно не определенный момент может случиться так, что распределение признаков животных, которых мы привыкли называть кроликами, удаляется от исходного настолько, что получает новое имя. Нет никакой непреходящей кроликообразности, как в небесах нет идеального кролика. Есть только популяции пушистых длинноухих, поводящих носом и поедающих собственные экскременты особей, статистически распределенных по размеру, форме, цвету и склонностям. То, что в прежнем распределении считалось сверхдлинноухостью, спустя некоторое геологическое время в новом варианте распределения может оказаться средним показателем длины ушей в популяции. После смены достаточно большого количества поколений перекрытие между распределением в родительской популяции и распределением в популяции потомков может совсем исчезнуть: самые длинные уши, которые встречались в исходной популяции, могут оказаться короче даже самых коротких ушей в новой. Как заметил Гераклит, другой древнегреческий философ, все течет и все движется, ничто не пребывает. Спустя сто миллионов лет уже трудно будет поверить, что предками этих животных вообще были кролики. При этом в каждом поколении преобладающий тип мог незначительно отличаться от преобладающего типа предыдущего и последующего поколений. Такой образ мышления Майр назвал *популяционным*. С его точки зрения, популяционное мышление – противоположность эссенциалистскому. Именно поэтому, считает он, теории Дарвина потребовалось столько времени, чтобы родиться на свет: благодаря ли греческому влиянию или какой-то другой причине, но эссенциализм крепко впечатан в наши мозги.

Для ума, ограниченного шорами платонизма, кролик – это кролик, ничего больше. Само предположение о том, что кроличий род представляет собой подвижное облако статистически распределенных значений, или о том, что типичный кролик современности может отличаться от типичного кролика, жившего миллион лет назад, или от типичного кролика, который будет жить через миллион лет, нарушает внутреннее табу. Действительно, психологи, изучающие развитие речи, утверждают, что дети – прирожденные эссенциалисты. Вполне вероятно, что дети вынуждены быть такими, чтобы сохранять рассудок, пока они учатся разделять вещи и явления на категории и группы, соответствующие отдельным существительным. Нет ничего удивительного в том, что, согласно Книге Бытия, первой задачей Адама было дать имена всем животным.

С точки зрения Майра, нет никакого чуда и в том, что человечеству пришлось ждать своего Дарвина до конца XIX века. Чтобы в полной мере осознать, до какой степени эволюционный подход противоречит эссенциализму, давайте представим себе вот что. С эволюционной, основанной на “популяционном мышлении” точки зрения, любое животное связано с любым другим животным, например кролик с леопардом, цепочкой промежуточных звеньев. Эти звенья настолько похожи одно на другое, что каждое звено в принципе способно спариваться с соседним, давая фертильное потомство. Трудно грубее нарушить основное табу эссенциализма. И это не какой-нибудь сомнительный умственный эксперимент, существующий только в воображении ученого. С эволюционной точки зрения последовательность промежуточных животных – звеньев цепи, соединяющих кролика с леопардом, – действительно существует! Каждое из этих животных жило, дышало и могло быть отнесено к одному и тому же виду со своими соседями по длинному, медленно изменяющемуся непрерывному множеству. Каждое из звеньев цепи является потомком предыдущего звена и родителем следующего, при этом совокупность всех звеньев составляет непрерывный мост от кролика к леопарду. Однако (позднее мы детально рассмотрим это) следует понимать, что на свете никогда не было “кролипарда”. Такие же “мосты” существуют между кроликом и вомбатом, леопардом и омаром: они ведут от любого животного или растения к любому другому. Вполне возможно, вы и сами догадались, почему этот поразительный результат неизбежно следует из признания эволюционного взгляда на жизнь, однако я все же объясню. Назовем это шпилечным экспериментом.

Возьмем произвольную крольчиху (пол выбран для удобства и значения не имеет). Посадим ее мать рядом с ней. Затем продолжим последовательность, посадив рядом бабушку, и так все дальше и дальше, на тысячи и миллионы лет назад. Мы идем вдоль строя, внимательно рассматривая каждую крольчиху, как генерал, проводящий смотр. Мы заметим, что крольчихи древности немного отличаются от привычных. Однако быстрота изменения будет так низка, что мы, скорее всего, не заметим разницы между соседними поколениями, как мы не замечаем ход часовой стрелки или взросление собственного ребенка (это после мы сможем отметить, что ребенок стал подростком, а подросток превратился во взрослого человека). Есть и еще одна причина тому, что мы, скорее всего, не заметим различия между рядышком сидящими крольчихами: в любом столетии изменчивость в популяции кроликов, как правило, будет выше, чем различия между матерями и дочерьми. Следовательно, если мы попытаемся разглядеть движение “часовой стрелки”, сравнивая дочерей с матерями или бабушками, замеченные различия будут ничтожными в сравнении с изменчивостью родных и знакомых кролика, снующих в окрестных кустах.

Тем не менее, двигаясь назад во времени и наблюдая постепенные и малозаметные изменения, мы в конце концов доберемся до животных, все менее напоминающих кролика и все более – землеройку (хотя и не совсем на нее похожих). Одно из этих существ мы определим как “изгиб шпильки” (причины вскоре станут ясны). Это животное представляет собой самого позднего общего предка кроликов и леопардов (по женской линии, но, как я уже

говорил, для эксперимента это не важно). Несмотря на то, что мы не знаем, как в точности оно выглядело, мы твердо знаем, что оно существовало: эволюция не оставляет нам другого выбора. Это животное, безусловно, относилось к тому же виду, что его мать и дочь, как и другие животные. Продолжим прогулку вдоль строя, однако теперь, поскольку мы миновали изгиб шпильки, вперед во времени, по направлению к современным леопардам. Следует заметить, что по пути нам придется преодолеть множество развилок, ведущих к самым разным организмам, и на каждой мы выбираем дорогу, ведущую к леопардам. Теперь, когда мы движемся вперед во времени, за каждой похожей на землеройку зверюшкой следует ее дочь. Эти зверьки будут постепенно и неумовимо изменяться, проходя через массу промежуточных стадий, многие из которых, вероятно, будут очень похожи друг на друга, но в то же время совершенно не похожи ни на один из существующих сейчас видов. Затем, возможно, мы пройдем мимо последовательности зверьков, отдаленно напоминающих горноста, и, не заметив ни одного внезапного изменения на протяжении всего пути, дойдем до леопарда.

Об этом эксперименте следует сказать следующее. Во-первых, хотя мы и выбрали маршрут кролик-леопард, мы могли с тем же успехом воспользоваться линиями дикобраз-дельфин, кенгуружираф или человек-треска. И это важно: двух любых животных соединяет путь-шпилька, пролегающий через общего предка, потому что у любого организма с каждым имеется общий предок. Все, что от нас требуется – найти путь от первого вида к общему предку, в изгибе шпильки повернуть и дойти до второго вида.

Во-вторых, обратите внимание, что мы говорим только о цепочках животных, соединяющих современные виды. Мы не пытаемся из кролика вывести леопарда. Мы скорее де-эволюционируем кролика до общего предка, а затем развиваем это животное до леопарда. Ни один современный вид не эволюционирует в другой современный вид: у них общие предки, только и всего. Они – двоюродные братья. Это же ответ на распространенное замечание: если люди произошли от шимпанзе, то почему шимпанзе до сих пор существуют?

В-третьих, на пути от точки изгиба шпильки к современному леопарду мы выбираем маршрут, ведущий именно к леопарду. Это один из реальных путей, которым шла эволюция. Однако важно помнить, что мы пренебрегли массой развилок, которые могли привести нас к другим современным животным: животное, представляющее собой “изгиб шпильки”, является общим предком не только кроликов и леопардов, но и многих других современных млекопитающих.

В-четвертых, как бы значительны ни были различия между концами шпильки (например, кроликом и леопардом), каждый шаг по цепочке на поколение вперед очень, очень мал. Каждое звено ровно настолько похоже на предыдущее, насколько дочери похожи на своих матерей. И, что важно, оно гораздо ближе к своим соседям по цепи, чем ко многим современникам из той же популяции.

Как видите, этот эксперимент камня на камне не оставляет от элегантного древнегреческого храма платонических идеальных форм. И если Майр прав относительно того, как глубоко в нас заложены эссенциалистские предубеждения, он может быть прав и в том, почему людям исторически так тяжело далось признание эволюции.

Чарльз Дарвин не знал термина “эссенциализм” – он был предложен только в 1945 году. Однако Дарвин был отлично знаком с биологической версией эссенциализма – теорией неизменности видов – и приложил массу усилий для борьбы с ней.

В самом деле, для полного понимания многих книг Дарвина (в основном это касается не “Происхождения видов”, а других его трудов) следует закрыть глаза на современные представления об эволюции и вспомнить, что подавляющее большинство его аудитории составляли эссенциалисты, не ставившие под сомнение неизменность видов. Поскольку одним из основных орудий Дарвина в борьбе с этой точкой зрения были данные об одомашнивании животных, мы посвятим ему остаток главы.

Взболтать, но не смешивать

Дарвин прекрасно разбирался в разведении животных и растений, переписывался с заводчиками голубей, садоводами и обожал собак. Кроме первой главы “Происхождения видов”, он посвятил домашним животным и растениям целую книгу – “Изменение животных и растений в домашнем состоянии”. В книге есть главы, посвященные собакам и кошкам, лошадям и ослам, свиньям, коровам, овцам и козам, кроликам, голубям (целых две главы – голубей Дарвин особенно любил), курам и другой домашней птице, а также растениям, в том числе восхитительной во всех отношениях капусте. Капуста – плевок Флоры в лицо адептам эссенциализма и проповедникам неизменности видов. Дикорастущая капуста *Brassica oleracea* – невзрачное растение, отдаленно напоминающее одичавшую худосочную огородную капусту. Но человеку понадобилось всего несколько столетий для того, чтобы, держа в руках “стеки” и “чеканы” для “лепки” генофонда, получить из невзрачной травки целый спектр овощей, да еще таких разных: здесь и брокколи, и кольраби, брюссельская, листовая и цветная капуста, и романеско, и ранняя зелень, и множество других овощей.

Другим хорошо известным примером “лепки” генофонда может служить получение от волка *Canis lupus* более двухсот пород, признаваемых Клубом собаководства Великобритании. На самом деле пород, генетически разделенных, на манер апартеида, строгими правилами селекции, гораздо больше.

Кстати, именно волк, и только он, является эволюционным предком собак всех пород, хотя его одомашнивание могло происходить независимо в разных частях света и в разное время. Эволюционисты считали так не всегда. Дарвин, как и многие его современники, полагал, что среди предков современных собак есть представители нескольких видов диких псовых, в том числе волки и шакалы. Австрийский этолог Конрад Лоренц, нобелевский лауреат по биологии, считал так же. В опубликованной в 1949 году работе “Человек находит друга” он предположил, что современные породы собак подразделяются на две группы: происходящие от шакалов (большинство пород) и от волков (любимцы Лоренца, в том числе чау-чау). Никаких подтверждений этой гипотезы, кроме разницы в характере и темпераменте пород, у Лоренца не было. Вопрос оставался нерешенным до тех пор, пока за него не взялись молекулярные генетики. Им удалось разгадать загадку, так что сомнений на сегодняшний день нет: все собаки – потомки волков. Ни шакалов, ни койотов, ни лис в их родословной нет.

Основной момент, который я хотел бы проиллюстрировать сведениями об одомашнивании, – поразительная способность селекции в кратчайшие сроки произвольно менять внешний вид и поведение диких животных. Селекционер похож на скульптора, лепящего из невероятно пластичной глины или высекающего из камня, собак и лошадей, коров и капусту. Вскоре мы вернемся к этой аналогии. Хотя в ходе селекции фактором отбора выступает не природа, а человек, в остальном процесс идентичен естественной эволюции. Именно поэтому Дарвин уделил столько внимания процессу одомашнивания животных в начале “Происхождения видов”: процесс эволюции, движимой искусственным отбором, понятен каждому. Естественный отбор отличается одним.

Строго говоря, изменениям подвергается не тело собаки или листья капусты, а генофонд породы или вида. Понятие генофонда является ключевым для синтетической теории эволюции. Сам Дарвин ничего не знал о генофонде. В его мире генов просто не существовало. Безусловно, он знал о том, что признаки наследуются из поколения в поколение; что особи, как правило, похожи на своих родителей, братьев и сестер; что некоторые признаки устойчиво сохраняются в породах собак и голубей. Наследственность была краеугольным камнем теории естественного отбора. Генофонд – другое дело. Концепция генофонда имеет смысл только в свете закона Менделя о независимом комбинировании наследственных при-

знаков. Несмотря на то, что Дарвин и Мендель были современниками, первый ничего не знал о работах второго: Мендель описал свои открытия в немецком журнале, который Дарвин никогда не читал.

Менделевский ген подчиняется принципу “все или ничего”. При зачатии наследственный материал не смешивается, как краски на палитре (смешав синюю и красную, получим фиолетовую). Если бы наследственность функционировала так (а во времена Дарвина многие думали, что примерно так и обстоит дело), мы были бы “усредненными посредственностями”, то есть каждый из нас по всем признакам находился бы посередине между родителями. В таком случае все разнообразие в популяции очень быстро исчезло бы: сколько ни смешивай фиолетовый с фиолетовым, вы никогда не получите синий и красный. Однако очевидно, что всеобщей тенденции к снижению изменчивости в популяциях не существует. Опыты Менделя объяснили, почему это так: отцовские и материнские гены в потомстве не смешиваются и не растворяются, а комбинируются, сохраняя при этом свою целостность (хотя термином “ген” Мендель не пользовался, его придумал Иогансен в 1909 году). Процесс похож не на смешивание красок, а, скорее, на перетасовку карт. Теперь мы знаем, что гены – это протяженные отрезки молекул ДНК. Они не разделены в пространстве, как карты, но принцип колоды остается верным. Гены не сливаются, а перетасовываются, причем перетасовываются плохо: некоторые карты слипаются и могут оставаться вместе в течение нескольких поколений-перетасовок, пока случайно не разделятся.

Любая из ваших яйцеклеток (или сперматозоидов, если вы – мужчина) содержит в себе только одну версию любого гена, полученную либо от отца, либо от матери, но никогда – не их смесь. И, что самое удивительное, этот конкретный ген достался вам только от одного из ваших дедушек или от одной из ваших бабушек. И только от одного/ой из прапрапрапрапрадедушек или прапрапрапрапрабабушек⁷.

Сегодня мы можем сказать, что это было очевидно с самого начала. Когда мы скрещиваем самца с самкой, то ожидаем получить сына или дочь, а не гермафродита⁸. Сейчас кажется, что любой теоретик, сидя в кресле, мог бы прийти к выводу о наследовании по принципу “все или ничего”. Замечательно, что сам Дарвин вплотную подошел к этой мысли, но так и не сделал последний шаг. В 1866 году он писал Альфреду Уоллесу:

Мой дорогой Уоллес!

По-моему, вы не понимаете, что я имею в виду, когда говорю о несмешивании некоторых сортов. Речь идет не о плодовитости. Я объясню на примере. Я скрестил два сорта гороха, сильно различающиеся по окраске: *Painted Lady* и *Purple sweet*, и получил, прямо в одном и том же горшке, обе разновидности в чистом виде, но никаких промежуточных форм. Нечто подобное, как мне представляется, должно происходить и с вашими бабочками... Хотя подобные случаи выглядят весьма удивительными, я не уверен, что мы должны удивляться этому в большей степени, чем тому, что каждая самка производит в чистом виде мужское и женское потомство.

Да-да, вы не ослышались: Дарвин действительно был *очень* близок к открытию третьего закона Менделя, говорящего о несмешиваемости того, что мы сейчас называем

⁷ Данное утверждение полностью и безоговорочно справедливо для генетической модели, предложенной Менделем и использовавшейся до ДНК-революции, совершенной Уотсоном и Криком в 1950-х. Теперь, когда мы знаем, что гены – это длинные линейные участки ДНК, оно почти справедливо. В практических целях можно считать его истинным.

⁸ На ферме, где я провел детство, была агрессивная и совершенно неуправляемая корова по кличке Аруша. Она имела буйный нрав и доставляла массу хлопот. Однажды мистер Эванс, пастух, в сердцах произнес: “По мне, Аруша – какая-то помесь быка с коровой”.

генами⁹. В этой истории много общего с утверждениями многих позднейших биографов о том, что естественный отбор открыли до Дарвина другие ученые викторианской эпохи – например, Патрик Мэттью и Эдвард Блис. До некоторой степени так оно и есть, и Дарвин признавал это. Другое дело, что тщательное рассмотрение имеющихся свидетельств показывает, что они не понимали, *насколько* это важно. Они не заметили универсальности явления и его значения, в отличие от Дарвина и Уоллеса, увидевших в нем силу, способную направлять развитие всех живых существ на планете в сторону улучшения. Письмо, которое я процитировал выше, показывает, что Дарвин невероятно близко подошел к пониманию закона независимого наследования признаков, но не увидел всеобщности этого принципа и, главное, того, что в нем заключается ответ на вопрос, почему со временем из популяций не исчезает изменчивость. Эту работу выполнили ученые XX века, основывавшиеся на обогнавшем время открытии Грегора Менделя¹⁰.

Ну вот, теперь понятие “генофонд” начинает обретать смысл. Любая популяция организмов, размножающихся половым путем, например крысы на острове Вознесения в Южной Атлантике, постоянно “тасует” генофонд. Нет тенденции к снижению изменчивости в популяции: крысы не становятся усредненносерыми. Гены сохраняются в целости, какими были, и, переходя от организма к организму, не смешиваются и не сливаются друг с другом. В любой момент все гены популяции находятся в телах крыс либо передаются от одного тела другому в виде спермы. Если мы окинем взглядом множество поколений, мы увидим, что гены крыс на острове ведут себя, как карты в постоянно перетасовываемой колоде. Это и есть генофонд.

Думаю, что генофонд крыс на острове Вознесения весьма независим и очень хорошо перемешан: недавние предки любой крысы едва ли могли жить за пределами острова (не берем в расчет случайных пассажиров судов, заходивших на остров). А вот генофонд крысиной популяции, например, Евразии будет иметь куда более сложную структуру. Генетический материал живущей в Мадриде крысы будет происходить в основном от крыс западной оконечности Евразии, а не Монголии или Сибири – не из-за каких-либо специфических барьеров на пути распространения генов (хотя они тоже существуют), а просто из-за огромных расстояний. Перенос гена с одного конца континента на другой при помощи перетасовки скрещиванием занимает довольно много времени. Даже если на пути генов нет физических барьеров вроде больших рек или горных хребтов, поток генов через обширные территории все равно будет достаточно медленным, чтобы мы считали генофонд популяции “вязким”. Живущая во Владивостоке крыса будет происходить в основном от крыс Дальнего Востока. Таким образом, генофонд евразийской популяции крыс будет перемешан, как и на острове Вознесения, но не будет перемешан так же равномерно из-за большого расстояния между краями ареала. Более того, на пути равномерного перемешивания генофонда будут появляться высокие горы, глубокие реки и широкие пустыни, усложняя его структуру. Тем не менее эти сложности не обесценивают концепцию генофонда. Идеально перемешанный генофонд представляет собой полезную абстракцию вроде математической абстракции

⁹ Бытует ошибочное мнение, будто в библиотеке Дарвина имелся немецкий журнал, в котором Мендель опубликовал результаты своих опытов, однако после смерти Дарвина выяснилось, что соответствующие страницы остались неразрезанными. Этот мем, по-видимому, обязан происхождением тому, что у Дарвина был экземпляр “Гибридизации у растений” (*Die Pflanzen-mischlinge*) Вильгельма Фокке. Тот действительно ссылался на работы Менделя, и эти страницы в экземпляре Дарвина не были разрезаны. Фокке, однако, не подчеркивал важность работы Менделя, и совершенно необязательно Дарвин осознал бы ее, даже если бы прочитал эти страницы. Да и немецкий Дарвина был не очень хорош. Если бы он прочитал саму работу Менделя, то развитие биологии могло бы пойти иначе. Возможно, даже Мендель не до конца понимал значение своих открытий, иначе он мог бы написать Дарвину. В библиотеке монастыря Менделя в Брно я держал в руках его экземпляр “Происхождения видов” (на немецком языке) с собственноручными пометками.

¹⁰ Эта история началась в 1908 году с усилий влюбленного в крикет математика Годфри Гарольда Харди и – независимо от него – немецкого доктора Вильгельма Вайнберга, а кульминации достигла благодаря великому генетику и статистику Рональду Фишеру, а также Джону Бердону Сандерсону Холдейну и Сьюэлу Райту.

“прямая линия”. Реальные генофонды (даже такие маленькие и простые, как генофонд крыс острова Вознесения) – это неидеальные приближения к абстракции, они частично перемешаны. Чем меньше и ровнее остров, тем ближе генофонд к идеальной перемешанности.

Чтобы подвести черту под обсуждением генофондов, отмечу, что любая особь из любой популяции представляет собой *выборку* генофонда современной нашему животному популяции (вернее, современной его родителям). Не существует какой-либо всеобщей причины, по которой частота встречаемости того или иного гена в генофонде должна расти или снижаться. Но если мы все же наблюдаем систематический рост или снижение частоты данного гена в данном генофонде, то мы наблюдаем как раз то, что и называется эволюцией. Поэтому вопрос следует сформулировать так: почему частота встречаемости гена в генофонде может систематически расти или снижаться? Здесь начинается самое интересное, мы разберемся с этим позднее.

С генофондами домашних собак происходят странные вещи. Собаководы, разводящие пекинесов или далматинцев, принимают все мыслимые меры, чтобы не позволить генам перейти из одного генофонда в другой. Родословные отслеживаются на много поколений назад, и ничто не может испортить племенную книгу сильнее, чем запись о смешанном “браке”. Каждая собачья порода изолирована от всех остальных так, как если бы она жила на персональном острове Вознесения. С той разницей, что смешанным “бракам” мешают не просторы океана, а правила, установленные людьми.

Географически породы не изолированы друг от друга, их ареалы пересекаются, но они могли бы с тем же успехом жить на отдельных островах из-за неусыпного надзора хозяев за половой жизнью питомцев. Разумеется, иногда строгие правила нарушаются. Подобно крысе, прибывшей на остров Вознесения в трюме корабля, гончая может сорваться с поводка и спариться, допустим, со спаниелем. Но щенки-метисы, как бы их ни любили хозяева, будут изгнаны с острова Гончих. Он останется населенным чистокровными собаками. Существуют сотни таких “островов”, на каждом из которых обитает одна-единственная порода собак. Все эти острова – виртуальные: чистокровные гончие или шпицы живут по всему миру, и их гены транспортируют машины, корабли и самолеты. Виртуальный “остров”, каким является генофонд пекинесов, пересекается географически, но не генетически (не учитываем случаи обрывания поводка) и с “островом” боксеров, и с “островом” сенбернаров.

Теперь вернемся к замечанию, с которого мы начали разговор о генофонде. Я сказал, что если сравнивать селекционеров со скульпторами, то материал, с которым они имеют дело – не собачья плоть, а генофонды. Нам может показаться, что это собачья плоть, когда селекционер, к примеру, объявляет о своем намерении укоротить морду боксеров будущих поколений. Конечным продуктом его деятельности действительно будет укороченная морда, как будто он обработал резцом морду собаки-предка. Но, как мы говорили, типичный боксер из любого поколения – это выборка из существующего в данный момент генофонда. Не боксеров, а генофонд обрабатывали год за годом. Гены длинных морд отсекались и заменялись генами коротких морд. Все породы собак – от таксы до далматинца, от боксера до борзой, от пуделя до пекинеса, от дога до чихуахуа – были вырезаны резцом, вылеплены, отлиты, но скульпторы проделывали это не с плотью, а с генофондом.

Впрочем, не все породы были созданы таким путем. Некоторые выведены (в том числе совсем недавно, например, в XIX веке) путем гибридизации, скрещивания представителей других пород. Гибридизация, конечно, является сознательным нарушением режима строгой изоляции генофондов на виртуальных островах. Иногда схема гибридизации так тщательно планируется, что селекционеры категорически отказываются называть своих питомцев “помесями” или “дворянками” (как с удовольствием называет себя президент Обама). “Лабрадудель” – это гибрид обычного пуделя с лабрадором-ретривером, продукт тщательно

спланированного опыта по совмещению достоинств обеих пород. Владельцы лабрадуделей объединились в общества и клубы так же, как это принято у владельцев чистокровных породистых собак. Заводчики лабрадуделей и других подобных гибридов делятся на две партии. Приверженцы первой партии полагают, что можно и впредь получать лабрадуделей, просто скрещивая пуделей с лабрадорами, второй – что следует положить начало самостоятельному генофонду лабрадуделей, то есть добиться хорошей наследуемости ими характерных признаков при скрещивании друг с другом. Сейчас гены лабрадуделей во втором поколении перекомбинируются так, что потомство оказывается весьма разнообразным, а это считается недопустимым для чистокровных собак. Многие породы, ныне считающиеся “чистокровными”, были получены именно таким путем. Они прошли через промежуточную стадию повышенной изменчивости, которая в результате селекции постепенно сокращалась.

Иногда новые породы собак начинаются с единичной крупной мутации. Мутации – случайные изменения генов, поставляющие эволюции сырье путем неслучайного отбора. В природе значительные мутации сохраняются редко, но генетики любят их за простоту исследования в лаборатории. Коротконогие собаки вроде бассет-хаунда или таксы появились в результате одиночной мутации под названием хондродистрофия (или ахондроплазия). Это классический пример крупной мутации, которая едва ли уцелела бы в природных условиях. Схожая мутация ответственна за самый распространенный случай карликовости у людей: тело сохраняет нормальный размер, а руки и ноги оказываются намного короче обычных. Другие генетические пути приводят, например, к миниатюризации тела при сохранении пропорций. Заводчики получили различные формы и размеры, комбинируя несколько крупных мутаций, таких как хондродистрофия, с множеством мелких. Они добивались нужного результата, даже не зная генетики, простым подбором кандидатов для спаривания. Не правда ли, очень похоже на естественный отбор? Ведь природа, разумеется, не понимает не только генетики, но и вообще ничего.

Американский зоолог Реймонд Коппингер подчеркивает, что щенки всех пород похожи друг на друга гораздо сильнее, чем взрослые собаки. И вправду, щенки не могут сильно отличаться, поскольку их главное дело – сосать молоко, и требования к выполнению этой функции одинаковы у всех пород. В частности, длинная морда, как у ретриверов или борзых, плохо сочетается с эффективным сосанием. Поэтому все щенки похожи на мопсов, а про взрослого мопса можно сказать, что это собака, морда которой не выросла. У щенков большинства пород, напротив, после прекращения кормления морда растет. Мопсы, бульдоги и пекинесы – исключение из этого правила: у них вырастают другие части тела, а морда сохраняет первоначальные пропорции. Это называется *неотенией*. Мы еще столкнемся с этим явлением в главе 7, когда будем говорить об эволюции человека.

Если все части тела животного растут с одинаковой скоростью, так что взрослая особь – это просто увеличенная в масштабе копия детеныша, то подобный рост называется изометрическим. Он встречается очень редко. При аллометрическом росте, напротив, разные части тела растут с разной скоростью. Часто скорости роста разных частей тела связаны друг с другом простыми математическими соотношениями. Этот феномен подробно исследовал Джулиан Хаксли в 1930-х. Различия размеров частей тела у разных пород собак достигается благодаря генам, влияющим на аллометрические пропорции роста. Например, черчиллевский взгляд бульдогов обязан своим происхождением генетической тенденции к меньшей скорости роста носовых костей. Это приводит к относительному ускорению роста окружающих костей и тканей. Одним из побочных эффектов этих аллометрических изменений является необычный наклон нёба, из-за чего у бульдогов зубы торчат наружу, собаки постоянно пускают слюни и, подобно пекинесам, с трудом дышат. Бульдогам не повезло и в том, что у щенков непропорционально большая голова, и это осложняет роды. Поэтому большинство бульдогов появляются на свет в результате кесарева сечения.

У борзых все наоборот. У них очень длинная морда, причем она начинает удлиняться еще до рождения, так что щенки борзых, по-видимому, менее успешно сосут молоко. Коппингер высказывает предположение, что стремление заводчиков борзых натолкнулось на естественную преграду – способность щенков к выживанию.

Какие уроки мы можем извлечь из одомашнивания собаки? Во-первых, огромное разнообразие пород – от немецкого дога до йоркширского терьера, от риджбека до таксы, от гончей до сенбернара – показывает, с какой удивительной эффективностью и скоростью направленная селекция генов – формирование генофонда – может привести к радикальным изменениям анатомии и поведения. Удивительно, что искусственный отбор при этом может затрагивать очень небольшое число генов. Однако изменения так велики, а различия между породами так заметны, что можно было бы подумать, что эволюция длилась миллионы лет, а не несколько столетий. Если такие изменения достижимы за несколько веков или даже десятилетий, задумайтесь, чего можно достичь за десять миллионов или сто миллионов лет.

Глядя на процесс, занявший несколько веков, мы видим, что заводчики собак обошлись с плотью, как скульптор с материалом. Микеланджело взял глыбу мрамора, удалил лишнее и явил миру статую Давида. Ни крошки мрамора не было добавлено. Генофонд, напротив, все время пополняется (например, новыми мутациями) и одновременно сокращается из-за неслучайной (избирательной) гибели особей. Здесь аналогия со скульптурой исчерпывается, и, как мы увидим в главе 8, ее не следует пытаться применять.

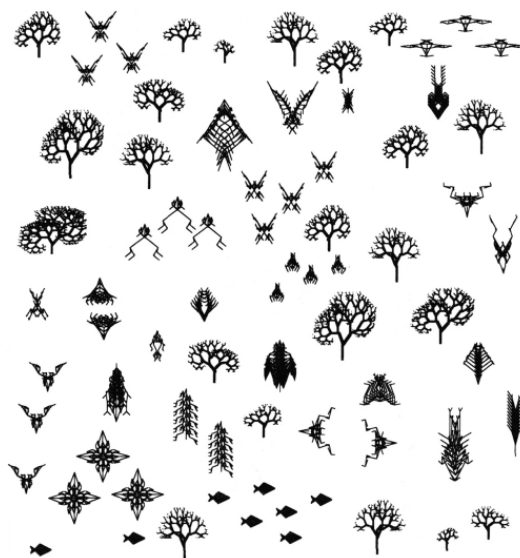
Когда думаешь о скульптуре, то на ум приходят сверхмускулистые тела бодибилдеров или аналогичные примеры из мира животных, например коровы породы бельгийская голубая. Этот ходячий завод по производству говядины был создан при помощи генетического изменения, известного как удвоение мускулатуры. В организме млекопитающих присутствует миостатин, ограничивающий рост мышечной массы. Если “выключить” ген, ответственный за выработку миостатина, мускулы вырастут больше обычных. Зачастую один ген может мутировать по-разному, приводя к одинаковому результату. Соответственно, есть несколько способов нарушить работу гена, ответственного за миостатин, и все они приводят к желаемому увеличению объема мускулатуры. Среди прочих примеров нарушения гена миостатина можно назвать породу свиней черный экзотик и отдельных собак со сверхразвитой мускулатурой, относящихся к различным породам. Бодибилдеры достигают схожих результатов при помощи изматывающих физических упражнений и зачастую приема анаболических стероидов, то есть под воздействием факторов внешней среды, эквивалентных по действию с генетическими факторами у бельгийских голубых коров и черных экзотических свиней. Важно, что результат один и тот же. Изменения наследственности и изменения условий окружающей среды могут приводить к одним и тем же результатам. Если вы хотите создать ребенка, который выиграет олимпийскую медаль по тяжелой атлетике, а у вас есть в запасе несколько столетий, можно заняться генетическими манипуляциями в расчете на получение такого же мутантного гена, как и у бельгийских голубых коров. Более того, известны случаи делеций гена миостатина у человека, и мускулатура таких людей действительно переразвита. Если бы в качестве исходного материала у вас был ребенок-мутант и вы заставили бы его качать железо (что трудно проделать с коровами и свиньями), то был бы хороший шанс получить в итоге нечто более гротескное, чем Мистер Вселенная.

Политические противники евгенического подхода к деторождению часто доходят в рассуждениях до абсолютно неверного утверждения, что он в принципе невозможен. Это не только аморально, говорят они, но просто невозможно. К несчастью, то, что некий процесс недопустим с точки зрения морали или политически нежелателен, не означает, что он невозможен. Нет сомнений, что, имея достаточно времени и политического влияния, можно вывести расу превосходных бодибилдеров, прыгунов в высоту или толкателей ядра, спринтеров, сумоистов, ловцов жемчуга, а также художников, музыкантов, поэтов, математиков

или сомелье (оговорюсь, что в животном мире нет таких примеров). Я уверен в возможностях селекции в направлении атлетических способностей потому, что необходимые для этого свойства прекрасно достигаются при разведении ломовых и скаковых лошадей, гончих и ездовых собак. В успехе (но не моральной или политической приемлемости) отбора людей согласно умственным или другим уникальным способностям я уверен потому, что есть чрезвычайно мало примеров неудачных попыток искусственного отбора животных, даже по признакам, которые могут казаться неочевидными. Кто бы подумал, к примеру, что собак можно разводить на улучшение пастушьих навыков, для охоты или для травли быков?

Хотите получать высокие надои – на много порядков выше, чем требуется корове, чтобы выкормить теленка? Пожалуйста, к вашим услугам искусственный отбор. Можно добиться того, чтобы вымя коровы увеличивалось до огромных размеров и продолжало вырабатывать молоко еще долго после окончания естественного периода кормления. “Молочных” лошадей никто не выводил, но есть ли у кого-либо сомнения в том, что если бы мы захотели, мы смогли бы? Это же, кстати, справедливо для “молочных” людей, если бы кому-нибудь это понадобилось. Слишком много женщин, сведенных с ума мифом о том, что огромные, как дыни, груди привлекательны, платят хирургам огромные деньги за имплантанты, добываясь весьма непривлекательных – для меня, во всяком случае – результатов. Неужели кто-либо сомневается, что подобное искажение человеческого тела может быть достигнуто за несколько поколений путем искусственного отбора, как это было проделано, например, с коровами фризской породы?

Лет двадцать пять назад я придумал компьютерную модель, прекрасно иллюстрирующую мощь искусственного отбора: компьютерную игру, имитирующую выращивание выставочных роз, собак или коров. Игрок видит на экране девять фигур-биоморфов, средняя из которых – “родитель” остальных восьми. Все формы образованы на основании примерно дюжины “генов” – набора чисел, передающегося от “родителя” “потомству” с небольшой вероятностью “мутации” – малого изменения численного значения. Каждая форма, таким образом, моделируется на основании уникального набора генов. Игрок, в свою очередь, о генах не знает; он видит девять форм на экране и может выбрать форму, которую он хочет размножить дальше. Остальные биоморфы пропадают с экрана. Отобранная форма перемещается в центр и “порождает” восьмерых “потомков”. Игра продолжается так долго, как позволяет время или запас терпения. Внешний вид “организмов” на экране с каждым “поколением” меняется. “Потомкам” передаются только “гены”, и игрок, отбирая биоморфов по внешним признакам, неосознанно выделяет и определенный комплект “генов”. Точно так поступают и селекционеры.

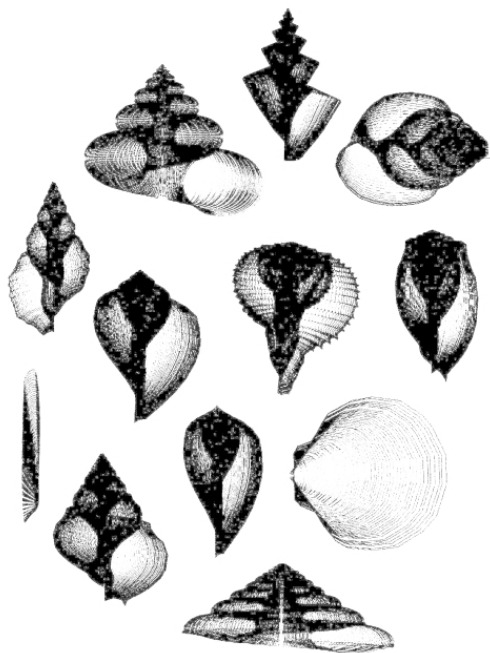


Биоморфы, созданные программой “Слепой часовщик”

С генетикой, пожалуй, все. Игра становится еще интереснее, если ввести в нее “эмбриологическую” составляющую. “Эмбриология” биоморфа – это процесс, при помощи которого численные значения “генов” влияют на форму биоморфа. Можно представить себе множество эмбриологических схем, и немалое их количество я перепробовал. “Слепой часовщик” – первая программа, которую я написал, – основывается на модели бинарного дерева: “ствол” разделяется на две “ветви”, каждая из них – еще на две, и так далее. Количество ветвей, их длина и угол соединения со стволom определяются численными значениями “генов”. Важно отметить, что неотъемлемым свойством бинарных деревьев является их рекурсивность. Читателю, желающему узнать об этом больше, следует вооружиться книгой об информатике. Скажу только, что рекурсивность подразумевает: мутация влияет на все дерево, а не на отдельный его участок.

Несмотря на то, что мой “Слепой часовщик” начинает с простого бинарного дерева, он довольно быстро порождает целый калейдоскоп эволюционно развитых форм, многие из которых по-своему красивы, а некоторые (в зависимости от устремлений игрока) могут сильно походить на знакомых нам насекомых, пауков и морских звезд. На иллюстрации вы видите бестиарий, собранный в потаенных уголках компьютерной страны чудес единственным игроком (мною). В следующих версиях программы эмбриологические алгоритмы были усовершенствованы. Это позволило “генам” изменять окраску и форму “ветвей” при помощи мутаций.

Следующую, более сложную программу – “Артроморфы” – я написал вместе с Тедом Келером (тогда он работал в “Эппл”). Эмбриологический алгоритм этой программы учитывает особенности строения насекомых, пауков, многоножек, других членистоногих и предназначен для создания артроморфов – существ, сходных с членистоногими. В книге “Восхождение на пик Невероятности” я подробно описал артроморфов, биоморфов, конхоморфов (компьютерных моллюсков) и подобных им существ.



Конхоморфы – смоделированные компьютером раковины

По стечению обстоятельств, математические свойства алгоритмов развития раковин моллюсков глубоко разработаны и в целом выяснены; поэтому моя программа “Конхо-

морф” способна создавать формы, чрезвычайно близкие к существующим. В главе 13 я вернусь к этим программам. Сейчас я упомянул о них, чтобы продемонстрировать могущество искусственного отбора, огромное даже в сильно упрощенном пространстве компьютерной модели. В реальном мире сельского хозяйства и животноводства, в мире голубятника и заводчика собак, искусственный отбор может достичь куда большего. Биоморфы, конхоморфы и артроморфы только иллюстрируют принцип. По большому счету, сам искусственный отбор иллюстрирует принцип отбора естественного (речь об этом – в следующей главе).

Дарвин не понаслышке знал о возможностях искусственного отбора и воздал ему должное в первой главе “Происхождения видов”. Он рассчитывал подготовить читателя к восприятию величайшего своего открытия – могуществу естественного отбора. Если человек смог превратить волка в пекинеса, а дикую капусту – в цветную, и это за несколько сотен или тысяч лет, то почему неслучайное выживание растений и животных на протяжении миллионов лет не должно иметь сходных последствий?

Глава 3

Усыпанный розами путь к макроэволюции

В предыдущей главе я показал, как человек за многие поколения придал собачьей плоти множество форм, окрасок, размеров и характеров при помощи одного лишь селективного скрещивания. Однако мы привыкли делать сознательный выбор и принимать запланированные решения. Есть ли на свете другие животные, делающие то же самое и достигающие тех же результатов, пусть неосознанно? Да, есть, и они помогут нам еще на шаг приблизиться к пониманию эволюции. В этой главе мы будем не спеша двигаться от хорошо знакомого искусственного отбора и разведения собак к величайшему открытию Дарвина – естественному отбору. Первый шаг на этом пути (он буквально усыпан розами, согласны?) ведет в мир цветов.

Дикая роза – вполне симпатичный небольшой цветок, привлекательный, но до *Peace*, *Lovely lady* или *Ophelia* ему как до звезды небесной. Нежный аромат диких роз невозможно перепутать с каким-либо другим, но ему далеко до запаха *Memorial Day*, *Elizabeth Harkness* или *Fragrant Cloud*. Человеческие глаза и носы изрядно поработали над дикими розами, изменяя их размер и форму, удваивая количество лепестков, играя с окраской, усиливая природный запах (иногда до головокружительной силы), переворачивая с ног на голову климатические привычки и подвергая веточки сложнейшим гибридизационным процедурам. Теперь, спустя многие десятилетия искусного выведения, существуют сотни чудесных разновидностей, каждая со своим именем. Какой даме, в конце концов, не хочется, чтобы в ее честь назвали розу?

Насекомые – древнейшие специалисты по одомашниванию

История о розах по большому счету не отличается от рассказанной мною истории о собаках, но все же разница между ними есть, причем серьезная. Цветок розы существует именно потому, что за миллионы лет до того, как за него принялись человеческие глаза и носы, над его формированием потрудились глаза и носы насекомых (вернее, антенны, которыми они улавливают запахи). Следует заметить, что это утверждение верно для всех цветов, украшающих наши сады.

Подсолнечник *Helianthus annuus* – североамериканское растение, в дикой природе похожее на астру или крупную маргаритку. В конце концов цветы культурного подсолнечника стали достигать размера тарелки¹¹. В России был выведен гигантский подсолнечник, имеющий стебель длиной четыре-пять метров и соцветия не менее тридцати сантиметров в диаметре – почти вдесятеро больше, чем у дикого цветка. Кроме того, в отличие от дикой формы, каждое растение несет только один крупный цветок, а не множество мелких. Русские, кстати, начали выращивать это заморское растение по религиозным причинам. Во время Великого поста православная церковь запрещала использовать масло при приготовлении пищи. К счастью, по некоторым причинам (не очень понятным мне, недостаточно знакомому с теологическими тонкостями) подсолнечное масло под запрет не попадало¹². Это обеспечило экономические предпосылки для выведения подсолнечника в его нынешнем виде. Однако задолго до наших дней коренные жители Северной Америки разводили эти прекрасные цветы ради пищи, красителей и просто ради красоты. Они достигли промежуточных результатов между дикой формой и растением, которое вывели современные селекционеры. Но, как и все остальные ярко окрашенные цветы, подсолнухи подвергались селекции еще до появления человека. И обязаны они своим появлением насекомым.

Это верно для подавляющего большинства цветов, о которых мы знаем, и, вероятно, вообще для всех цветов, имеющих окраску кроме зеленого и запах кроме среднего растительного. Заметим, что не всегда первичный отбор производился именно насекомыми (иногда в роли основного опылителя, осуществляющего селективное размножение растения, выступают колибри, летучие мыши или даже лягушки), но принцип остается тем же. Мы улучшили и усилили не одно свойство диких цветов, сделав их декоративными, однако мы обратили на них внимание только благодаря кропотливой работе многих поколений насекомых, колибри или каких-нибудь других опылителей. Чем не селекция? Разница только в том, что растения отбираются не людьми, а насекомыми или птицами. Мне кажется, что эта разница несущественна. Не согласны? Значит, наш усеянный розами путь еще не окончен.

Почему эта разница может казаться существенной? С одной стороны, человек *сознательно* ставит себе целью вывести, скажем, самую темную на свете фиолетовую розу, причем делает это, чтобы удовлетворить свою жажду прекрасного, либо рассчитывает на материальную выгоду. Насекомые не руководствуются эстетическими соображениями. Они

¹¹ Как и у прочих представителей семейства сложноцветных, каждый “цветок” на самом деле представляет собой корзинку из множества цветков, объединенных темным диском в середине. Желтые лепестки, окружающие “цветок”, на самом деле принадлежат цветкам, идущим по краю корзинки. Прочие цветки имеют лепестки, но они слишком малы и незаметны.

¹² Вероятно потому, что подсолнух, растение из Нового Света, в Библии не упомянут. Истинно теологический ум, по всей видимости, наслаждается тонкостями правил приема пищи и изворотливостью, необходимой, чтобы их обойти. В Южной Америке, к примеру, капибару считали рыбой, поскольку она живет в воде, и ели по пятницам в полном соответствии с католическими правилами. Известная кулинарная писательница Дорис Рейнолдс сообщает, что гурманы из числа французских католиков открыли уловку, позволявшую употреблять по пятницам мясо: они подвешивали баранью ногу в колодце, а после выуживали ее будто рыбу. Воистину, эти люди считали своего Бога глупцом.

делают это потому, что... гм, пожалуй, здесь нам надо слегка отступить от темы и обсудить, в каких отношениях находятся цветы и их опылители. Устроено это примерно так. При половом размножении самое важное – не оплодотворять себя. В обсуждение причин этого я вдаваться не буду, но суть в том, что самооплодотворение лишает смысла саму идею полового размножения. Пыльца должна как-то переноситься с одного растения на другое. Двудомные растения, имеющие в одном цветке и мужские, и женские репродуктивные органы, часто используют весьма замысловатые способы, чтобы воспрепятствовать самооплодотворению. То, как это происходит у первоцветов, изучал и сам Дарвин.

Уверившись в том, что перекрестное опыление растениям необходимо, зададимся вопросом: как же они перенесут пыльцу через пространство, разделяющее цветы одного вида? Самый очевидный способ – при помощи ветра, и им пользуется множество цветов. Пыльца – мелкий, легкий порошок. Если выбросить достаточное его количество в ветреный день, одна или две пылинки могут попасть на нужную часть цветка своего вида. Но опыление ветром очень расточительно. Пыльцу приходится производить в огромном избытке, о чем прекрасно знают все страдающие аллергическим ринитом. Подавляющее большинство пылинок оказывается совсем не там, где следует, и это ведет к огромным потерям энергии и ценных ресурсов. Есть гораздо более эффективные способы направленной доставки пыльцы.

Почему растения не идут по пути, который выбрали животные? Казалось бы, почему просто не обойти окрестности, чтобы найти растение своего вида и совокупиться с ним? Кстати, ответить на этот вопрос гораздо труднее, чем может показаться.

Утверждения, что это так потому, что растения не умеют ходить, мало, но пока удовлетворимся им¹³. Факт остается фактом: растения не ходят. Зато ходят животные. Они также летают. И у них есть нервные системы, способные направить их к конкретным целям, которые можно опознать по форме и цвету. Остается только придумать, как заставить животное вымазаться в пыльце, а потом дойти, а лучше долететь, до цветка того же вида, и дело в шляпе.

Именно это и происходит. В некоторых случаях все довольно запутанно, но во всех случаях – изумительно. Многие цветы дают “взятку” едой – нектаром. Вы скажете: “взятка” – слишком громко сказано. А если так: “плата за услуги”? Мне нравится и тот, и другой вариант – до тех пор, пока мы не воспринимаем эти метафоры слишком по-человечески. Нектар – это сладкий сироп, вырабатываемый растениями именно (и только) для того, чтобы обеспечивать горючим и “оплачивать труд” пчел, бабочек, колибри, летучих мышей и другого “наемного транспорта”. На изготовление сиропа уходит существенная доля солнечной энергии, улавливаемой листьями – солнечными батареями растения. С точки зрения насекомых и колибри, это отличное авиатопливо. Энергия, заключенная в сахарах нектара, могла бы быть потрачена множеством других способов, например на “строительство” корней, или наполнение подземных хранилищ, которые мы называем клубнями и луковицами, или даже на создание огромного количества пыльцы и выбрасывание ее на все четыре стороны. Очевидно, что для большого числа видов растений бухгалтерия сходится в пользу оплаты крыльев насекомых и птиц и питания их мышц своими сахарами. С другой стороны, это не дает безоговорочного преимущества: некоторые растения по-прежнему пользуются ветроопылением, вероятнее всего потому, что их экономические обстоятельства сдвигают баланс именно в эту сторону. Важно помнить, что у растений действительно есть некая энергетическая экономика, и, как и с любой экономической ситуацией, выбор оптимального курса зависит от обстоятельств. Это, кстати, очень важный эволюционный урок. Разные виды решают

¹³ Оливер Мортон посвятил этому и связанным вопросам часть своей удивительной книги “Поедая солнце”.

одни и те же задачи по-разному, и зачастую нам не удастся понять причину различий, пока мы не изучим в подробностях экономику вида.

Если на одном краю спектра приемов перекрестного опыления находится опыление ветром (стоит ли нам назвать его “пределом расточительности”?), то что же находится на другом (его можно назвать “волшебная пуля”¹⁴)? Не многие насекомые будут перелетать с цветка, на котором они собрали пыльцу, непременно на цветок того же вида. Некоторые полетят к первому попавшемуся цветку, другие – к любому цветку той же окраски, и вопрос, попадет ли на пути цветок того же вида, который только что оплатил услуги переносчика нектаром, по-прежнему остается в ведении фортуны. Тем не менее есть прекрасные примеры цветов, подошедших очень близко к изобретению “волшебной пули”, и не последнее место среди них занимают орхидеи. Нет ничего удивительного в том, что Дарвин посвятил им целую книгу.

И Дарвин, и Уоллес, сооткрыватель естественного отбора, обратили внимание на удивительную мадагаскарскую орхидею *Angraecum sesquipedale* (цветная вклейка 4), и оба они сделали одно и то же замечательное предсказание, позднее триумфально подтвердившееся. Эта орхидея имеет трубчатые нектарники, имеющие в длину не менее 28 сантиметров. Ее родственник *Angraecum longicalcar* имеет нектароносные отростки длиной до 40 сантиметров. Исходя только из факта существования

A. sesquipedale на Мадагаскаре, Дарвин в книге об орхидеях, изданной в 1862 году, предсказал открытие бабочек, способных дотянуться хоботком до глубины 25,5–28 сантиметров. Пять лет спустя Уоллес (неизвестно, читал ли он Дарвина) упоминал о нескольких видах бражников, хоботки которых практически удовлетворяли этому требованию.

Я тщательно измерил длину хоботка представителя южноамериканского вида *Macrosila chuentius* из коллекции Британского музея и обнаружил, что он имеет длину девять с четвертью дюймов [23,5 сантиметра]. Другой бражник из тропической Африки (*Macrosila morgani*) имеет хоботок в семь с половиной дюймов [19 сантиметров]. Особи вида, имеющего хоботок всего на два-три дюйма длиннее, смогли бы доставать нектар из самых крупных цветков *Angraecum sesquipedale*, нектарники которых имеют длину от десяти до четырнадцати дюймов. Можно с уверенностью сказать, что такая бабочка действительно существует и обитает на Мадагаскаре. Любой натуралист, посещающий этот остров, может искать ее с уверенностью астрономов, искавших Нептун, и поиски будут в той же степени успешными.

В 1903 году, когда Дарвин умер, а Уоллес еще был жив, ученые открыли прежде неизвестный вид мадагаскарского бражника, заслуженно получивший подвидовое имя *praedicta* (“предсказанный”). Однако даже хоботок *Xantophan morgani praedicta*, “бражника Дарвина”, слишком короток, чтобы добраться до нектара орхидеи *A. Longicalcar*, и это заставляет нас предполагать существование бабочки с хоботком еще более длинным, причем предполагать с той же уверенностью, какую Уоллес иллюстрировал предсказанным открытием Нептуна. (Этот пример, кстати, демонстрирует ложность утверждения, будто эволюционная наука не может быть предсказательной. Предсказание Дарвина и Уоллеса было настоящим предсказанием, несмотря на то, что в момент его опубликования *Xantophan morgani praedicta* уже существовал. Суть предсказания сводилась к тому, что в будущем обязательно обнаружат бабочку, хоботок которой будет достаточно длинным для того, чтобы доставать нектар из цветка *A. sesquipedale*.)

¹⁴ “Волшебной пулей” называли препарат сальварсан, изобретенный Паулем Эрлихом. Это первое из огромного класса веществ, доставляемых прямо к пораженной клетке. – *Прим. науч. ред.*

Насекомые хорошо различают цвета, но видимая область у них сильно сдвинута в ультрафиолетовую часть спектра. Как и мы, они видят желтый, зеленый, синий и фиолетовый. Кроме того, в отличие от нас, они прекрасно видят в ультрафиолетовом диапазоне, но не различают красного. Если в вашем саду есть красный трубчатый цветок, то в дикой природе его скорее всего (но не наверняка) опыляют не насекомые, а птицы, которые прекрасно различают красную часть спектра – колибри (если это растение из Нового Света) или нектарницы (если из Старого). Цветы, которые кажутся нам однотонными, на самом деле могут быть богато украшены точками или полосками, которые видят только насекомые. Мы не можем различить этот узор, поскольку не видим в ультрафиолете. Более того, многие цветы направляют пчел при помощи ультрафиолетовой “посадочной разметки”, недоступной человеческому глазу.

Энотера *Oenothera* выглядит как желтый цветок. Но фотография, сделанная через ультрафиолетовый фильтр, покажет привлекающий пчел рисунок, который мы невооруженным глазом различить не можем (цветная вклейка 5). На фотографии он кажется красным, но это “ложный цвет”, определяемый технологией фотосъемки. Это совершенно не означает, что пчела видит этот рисунок красным. Никто не знает, каким пчела видит красный в ультрафиолете (или желтый, или любой другой цвет). (Напомню старый парадокс: “Я даже не знаю, каким вы видите красный цвет”.)

Заросшая цветами лужайка – это природная Таймс-сквер или Пикадилли. Она вся как один большой неоновый знак, меняющийся, когда одни цветы сменяют другие, расцветая согласно с другими цветами своего вида под воздействием, скажем, смены длины светового дня. Эта композиция на зеленом холсте лужайки была расцвечена, сформирована, выпестована животными: пчелами, бабочками, мухами-журчалками. К этому списку следует прибавить колибри, если наша лужайка находится в Новом Свете, и нектарниц, если в Старом.

Кстати, колибри и нектарницы – не близкие родственницы. Они выглядят и ведут себя практически одинаково потому, что ведут похожую жизнь, которая вертится в основном вокруг цветов и нектара (хотя и те, и другие питаются не только нектаром, но и насекомыми). Обе группы птиц обладают длинными клювами и еще более длинными языками, необходимыми для того, чтобы доставать нектар. Колибри лучше зависают в воздухе и могут даже летать задом наперед подобно геликоптеру. Другой конвергентной группой, хоть и дальше отстоящей по древу жизни, являются бабочки-языканы (хоботники) – тоже превосходные зависатели с поразительно длинными языками (представители всех трех групп нектароголиков изображены на цветной вклейке 5).

После того, как мы усвоим суть естественного отбора, мы вернемся к понятию конвергентной эволюции. В этой же главе нас ведут цветы, постепенно, шаг за шагом прокладывая тропинку к этому пониманию. Колибри, журчалки, бабочки, пчелы и бражники, поколение за поколением, критически осматривают дикорастущие цветы, придают им новую форму, раскрашивают, заштриховывают и разлиновывают почти так же, как человеческие глаза поступают с садовыми цветами, собаками, коровами, капустой и пшеницей.

Переход от разорительной модели ветроопыления к направленному опылению насекомыми дает цветам огромную экономию. Даже если пчела посещает растения разных видов, изменяя лютику с васильком, а маку – с чистотелом, застрявшая на пушистом брюшке частичка пыльцы имеет куда больше шансов попасть в цель, то есть на второй цветок того же вида, чем если бы она была просто выброшена на ветер. Если бы пчела предпочитала какой-нибудь определенный цвет, например синий, было бы чуть легче. Или, например, если бы пчела не имела постоянных цветовых предпочтений, но вырабатывала временные привычки и посещала несколько похожих цветков подряд. Лучше всего, естественно, было бы, если бы пчела посещала цветы только одного вида. Соответственно, есть цветы вроде вдохновившей Дарвина и Уоллеса мадагаскарской орхидеи, нектар которых доступен только специализи-

рующимся на этих цветах насекомым, получающим от подобной монополии барыши. Эти мадагаскарские бражники – настоящие “волшебные пули”.

С точки зрения бражника, продуцирующие нектар цветы – это послушные, продуктивные дойные коровы. С точки зрения цветка, бражники – это доступный и надежный транспорт, перевозящий пыльцу не хуже почтовых голубей или курьеров из “Федэкса”. Про каждую из сторон сделки можно сказать, что одна одомашнила другую, отбирая особи так, чтобы они лучше своих предшественников выполняли свою работу. По большому счету, селекционеры-люди оказали на цветы такое же влияние, как и селекционеры-насекомые – только слегка более наглядное. Насекомые “разводили” растения так, чтобы они были яркими и красивыми. Садовники сделали их еще ярче и красивее. Насекомые придали розам легкий, приятный запах. Мы присоединились позднее и еще усилили его. Кстати, то, что бабочкам и людям нравятся одни и те же запахи – счастливое совпадение. Цветы, используемые в качестве опылителей мясных мух или жуков-могильщиков (например “вонючий Бен” *Trillium erectus* или аморфофаллус *Amorphophallus titanum*), часто имеют запах, кажущийся нам отвратительным, поскольку подражают запаху разлагающегося мяса. Полагаю, что наши селекционеры не работали над усилением запаха этих цветов.

Естественно, взаимоотношения между насекомыми и цветами – это улица с двусторонним движением. Насекомые “выводят” все более красивые цветы, но отнюдь не потому, что способны получить эстетическое наслаждение¹⁵. С другой стороны, цветы получают существенные преимущества, если насекомые считают их привлекательными. Насекомые, посещая наиболее привлекательные цветы, неосознанно выводят еще более красивые растения. В то же время цветы отбирают наиболее успешно опыляющих насекомых. Как уже говорилось, насекомые “выводят” растения, дающие много нектара, как фермеры разводят коров фризской породы с массивным выменем. Но в интересах растений тщательно дозировать нектар. Если насекомое насытится в ходе одной посадки на цветок, у него не будет стимула двигаться дальше и искать второй цветок. Это было бы дурной новостью для первого цветка, поскольку именно ради второго – опыляющего – визита и строится план. Цветку необходимо соблюдать баланс между выдачей слишком большого количества нектара (тогда насекомое не посетит второй цветок) и слишком малого его количества (тогда у насекомого нет стимула посещать первый цветок).

Насекомые научились “доить” цветы и отбирать их так, чтобы увеличить “надой” (вероятно, встречая при этом сопротивление со стороны растений). Разводили ли когда-нибудь пчеловоды или симпатизирующие им садоводы цветы на повышение количества нектара так же, как фермеры разводят фризских и джерсейских коров? Было бы интересно узнать. Тем не менее нет сомнений в сходстве селекционеров, отбирающих красивые цветы с приятным запахом, с пчелами, бабочками, колибри и нектарницами, делающими то же самое.

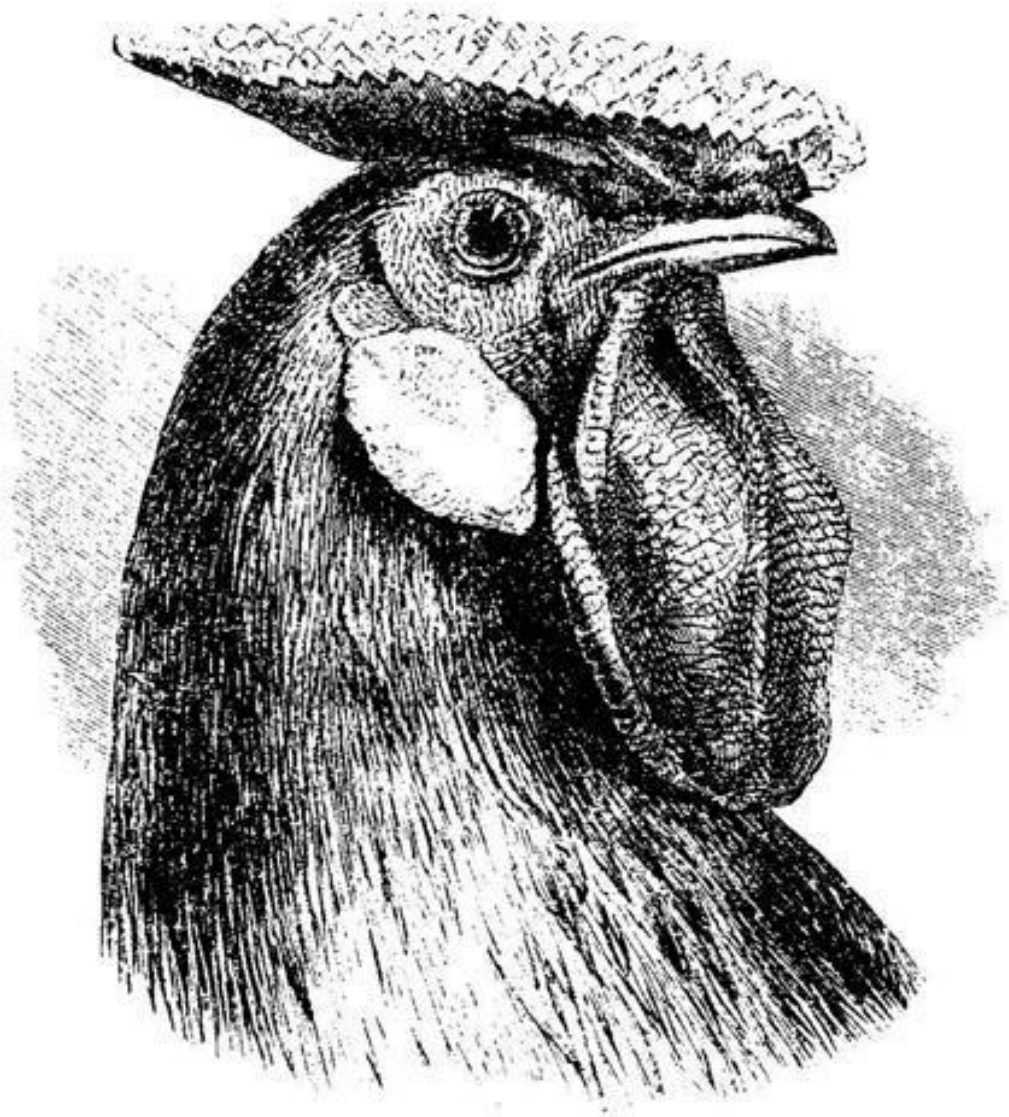
¹⁵ Во всяком случае нет причин считать, что это так и что они вообще получают удовольствие в смысле, который вкладываем в это понятие мы. Я вернусь к этому вопросу в главе 12.

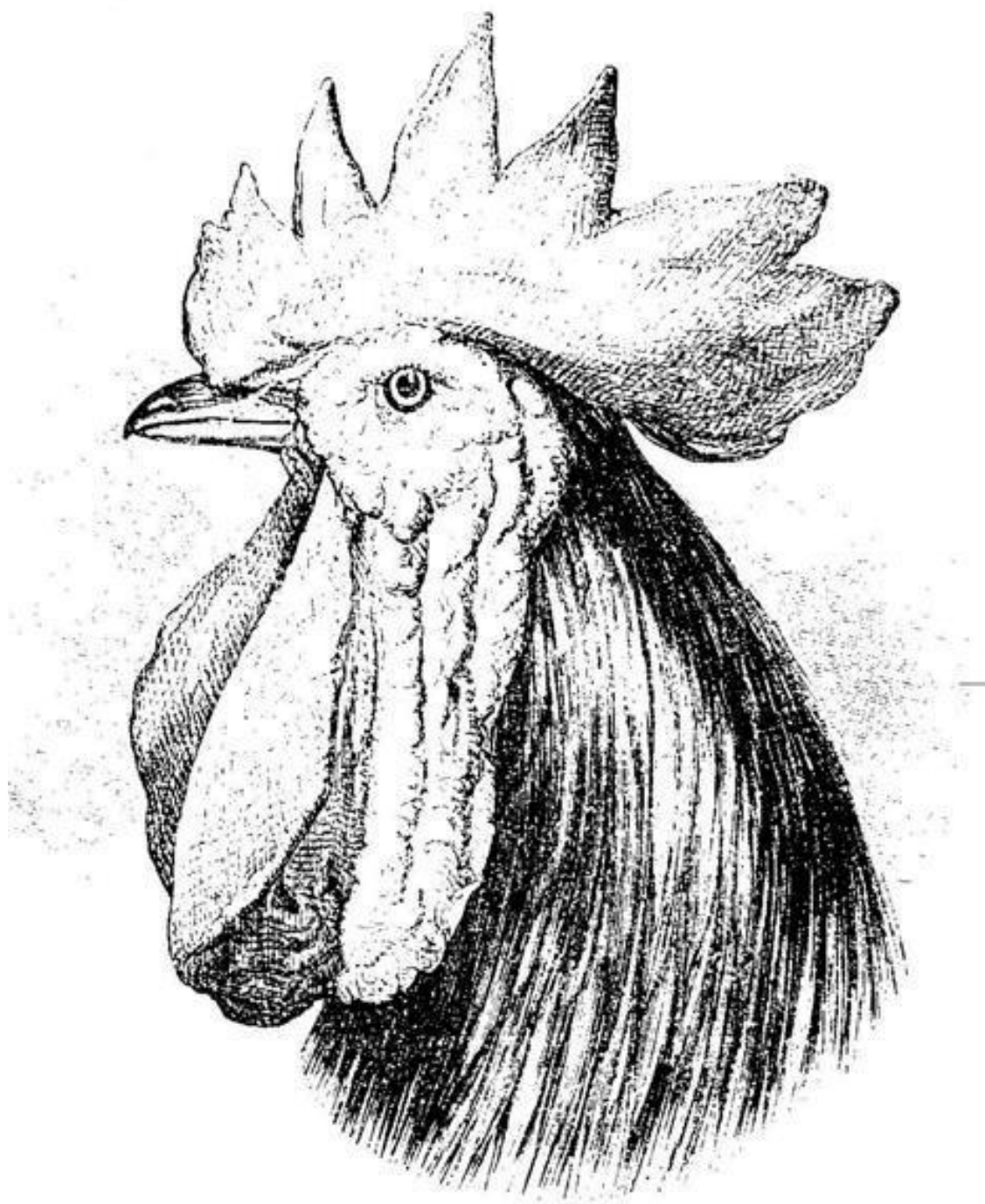
Ты – мой естественный выбор!

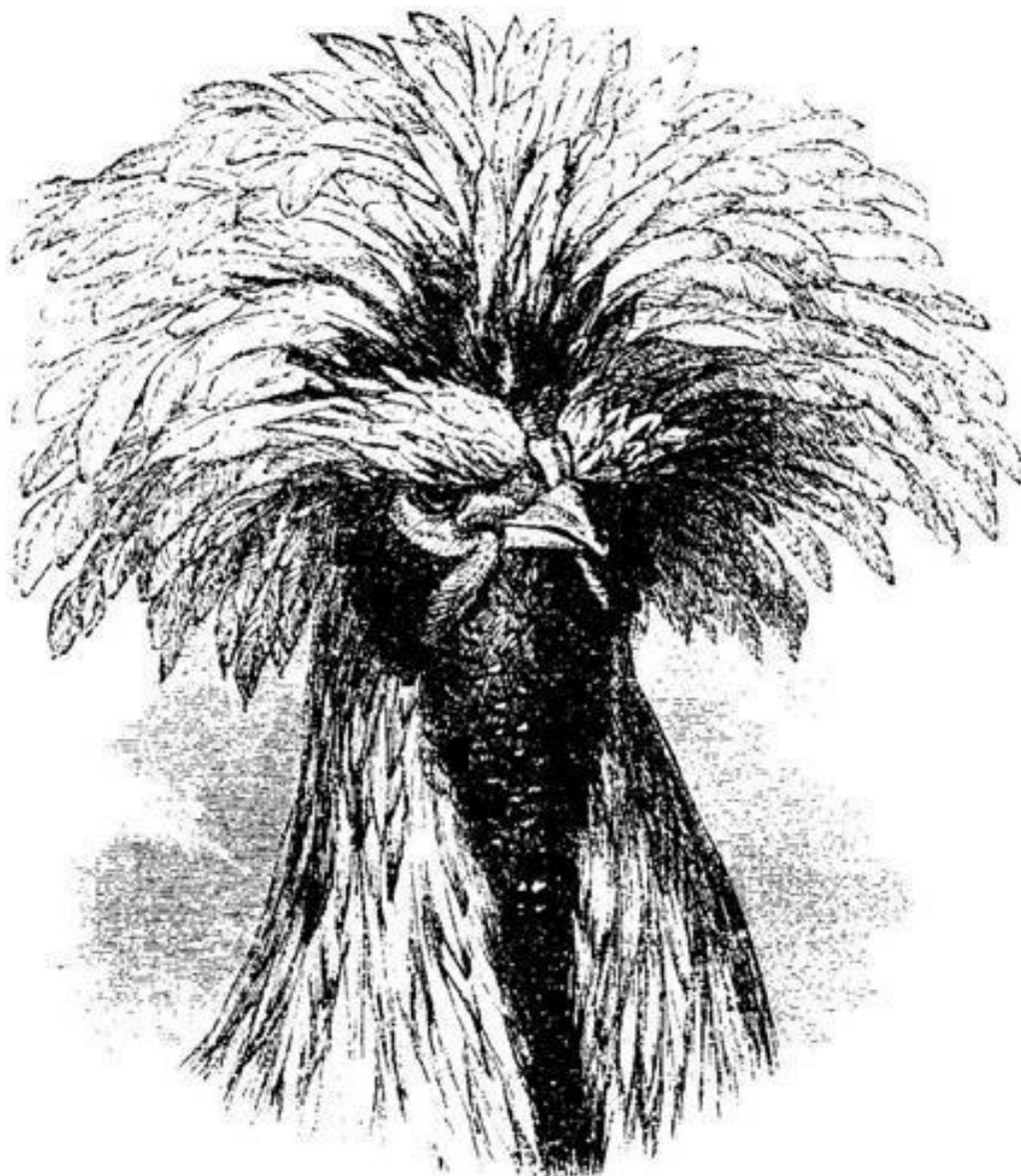
Есть ли другие примеры селекции и разведения, осуществляемого не человеком? О да. Вспомните скучный камуфляжный окрас перьев самки фазана и сравните его с роскошной раскраской самцов того же вида. Очевидно, что если бы на кону было только индивидуальное выживание самца золотого фазана, он

“предпочел” бы выглядеть как самка или как укрупненная версия цыпленка, поскольку они гораздо лучше замаскированы. Это справедливо и для других видов (алмазный фазан, обыкновенный фазан). Петухи заметны для хищников, они выглядят броско, но каждый вид по-своему. А самки всех видов хорошо камуфлированы и выглядят почти одинаково. Почему?

С точки зрения Дарвина, все дело в половом отборе. Другой способ выразить то же самое, лучше подходящий к моей концепции пути, усыпанного розами, – “селективное разведение самцов самками”. Да, яркие цвета привлекают хищников. Однако они привлекают и самок. Многие поколения самок выбирали ярко окрашенных самцов, а не скучных коричневых особей, которыми самцы, несомненно, остались бы, не займись самки селекцией. То же самое произошло с павлинами и райскими птицами, а также с множеством других млекопитающих, рыб, амфибий, рептилий и насекомых. Все эти виды объединяет одна черта: у них при размножении самка выбирает из нескольких соревнующихся самцов. Как правило, выбирают именно самки, а не самцы, но в причины этого мы сейчас вдаваться не будем.







Вариации домашней курицы: три иллюстрации из книги Ч. Дарвина “Изменение животных и растений в домашнем состоянии”

С фазанами произошло то же, что с садовыми цветами: пришли люди и продолжили работу самок, выведя новые, еще более цветистые формы оперения самца. Основной эффект, правда, был достигнут не при помощи постепенного отбора в течение многих поколений, а за счет закрепления единичных крупных мутаций. Людям также удалось вывести удивительные породы голубей (о чем Дарвину было прекрасно известно) и кур, ведущих свой род от дальневосточной красной джунглевой, или банкинской, курицы (*Gallus gallus*).

Основная часть этой главы посвящена селекции, предназначенной для глаз, но другие органы чувств могут оказывать не меньшее влияние. Ценители канареек разводят их не только из-за внешности, но главным образом из-за пения. Дикая канарейка – желто-коричневый воробышек, на которого и смотреть-то нечего. Селекционеры взяли палитру цветов, создаваемую случайной генетической изменчивостью, и добились настолько оригинальной окраски, что получившийся цвет был назван канареечным. Сама птица, кстати, названа в

честь островов¹⁶, а не наоборот, как было с Галапагосскими, названными по испанскому слову “черепаша”. Но больше всего канарейки известны своим пением, которое также было усовершенствовано заводчиками. Было выведено несколько типов певцов: роллеры, поющие с закрытым клювом, ватершлагеры, песня которых звучит как текущая вода, и тимбрадо, издающие металлические звуки наподобие звона колокольчиков и сухой треск, похожий на звук кастаньет, с родины которых эти канарейки и происходят. Выведенные в неволе птицы поют дольше, громче и чаще дикого типа. Но важно отметить, что все элементы, из которых состоят песни домашних канареек, встречаются в дикой природе так же, как привычки и уловки современных пород собак происходят от элементов, обнаруживаемых в поведенческом репертуаре волков¹⁷.

Как и в рассмотренных нами прежде случаях, селекционеры работали с материалом, обеспеченным предшествующим отбором со стороны самок вида. На протяжении многих поколений самки “выводили” все более музыкально одаренных самцов. В случае канареек у нас есть некоторые дополнительные данные. Канарейки, как и смеющиеся горлицы, активно использовались в исследованиях гормонов и репродуктивного поведения. Известно, что у самок обоих видов звук песни самца, даже записанный на пленку, вызывает увеличение яичников и выработку ими гормонов. Это “переключает” самку в репродуктивное состояние и делает ее готовой к спариванию. Можно сказать, что самцы манипулируют самками, распевая перед ними песни. Почти что гормональная инъекция! Но можно сказать, что и самки постепенно отбирают самцов, заставляя их петь все лучше. Эти две точки зрения – две стороны одной медали. Как и у многих других видов птиц, песня не только привлекает самок, но и предупреждает самцов-конкурентов (вдаваться в это мы сейчас не будем).

Теперь посмотрим на картинки ниже: на первой – деревянная маска театра Кабуки, изображающая воина-самурая, на второй – краб *Heikea japonica*, обитающий в водах Японии. Родовое имя *Heikea* происходит от имени клана Хэйкэ (Тайра), потерпевшего поражение в морской битве при Данноуря (1185 год) от клана Гэндзи (Минамото). По легенде, духи воинов Хэйкэ теперь населяют дно моря, обитая в телах крабов *H. japonica*. Панцирь этого краба, напоминающий рисунком лицо воина, искаженное яростной гримасой, подкрепляет эту легенду. Известный зоолог сэр Джулиан Хаксли был настолько впечатлен этим сходством, что писал: “сходство *H. japonica* с лицом воина-самурая слишком сильно для того, чтобы быть случайным...”

Оно появилось именно потому, что крабов с панцирем, больше напоминающим лицо самурая, реже съедали”. (В 1952 году, когда Хаксли написал эти строки, краб назывался *Dorippe*. Его переименовали обратно в *Heikea* в 1990-м, когда кто-то установил, что это имя краб получил еще в 1824 году: таковы строгие правила приоритета в зоологической номенклатуре.)

¹⁶ Которые, в свою очередь, были названы в честь “множества собак огромных размеров”, упомянутых Плинием Старшим в “Естественной истории”.

¹⁷ Например, навык выпасания овец у овчарок происходит от загонных навыков волка. Из естественной последовательности действий устранено убийство.



Маска театра Кабуки, изображающая самурая

Теория, что поколения отягощенных предрассудками рыбаков выбрасывали в море крабов, рисунок на панцире которых напоминал человеческое лицо, получила новый импульс в 1980 году. Тогда в прекрасной книге “Космос” о ней упомянул Карл Саган:

Предположим, что по чистой случайности среди далеких предков краба был один, на чьем панцире проступали, пусть и смутно, очертания человеческого лица. Даже до сражения у Данноуры рыбаки не слишком охотно употребляли в пищу таких крабов. Выбрасывая их в море, они запустили эволюционный процесс.

<...> По мере того как сменялись поколения крабов и рыбаков, выживало все больше ракообразных, чей панцирный узор походил на лицо самурая, и постепенно рисунок стал напоминать не просто человеческое лицо, и даже не просто лицо японца, но именно лицо жестокого и разгневанного воина¹⁸.



Краб Heikea japonica

Отличная теория. Нет, правда: она была слишком хороша для того, чтобы кануть в Лету, и порожденный ею мем изрядно расплодился. Однажды я даже нашел веб-сайт, на котором можно было отдать свой голос за один из вариантов: вы согласны с этой теорией (31 % из 1331 опрошенного); фотографии подделаны (15 %); японские умельцы вырезают

¹⁸ Пер. А. Сергеева. – Прим. ред.

панцири так, чтобы они выглядели похожими на человеческое лицо (6 %); это только совпадение (38 %); в крабов переродились утонувшие самураи (10 %!). Научная истина, конечно, не может быть установлена путем плебисцита, и я проголосовал только потому, что не мог иначе увидеть, как голосовали другие. Но, должен сказать, что я присоединился к занудам. Мне кажется, что сходство все-таки случайное. И не потому, что, как заметил один из авторитетных скептиков, выступы и впадины на панцире краба соответствуют местам прикрепления мышц. Это не противоречит теории Хаксли-Сагана: суеверные рыбаки должны были заметить изначальное сходство узора с лицом человека, и эта схожесть легко могла быть обеспечена именно симметричным узором прикрепления мышц.

Меня больше впечатляет наблюдение того же скептика, что эти крабы слишком малы для употребления в пищу. По его словам, рыбаки должны были выбрасывать в море всех крабов такого размера, а не только тех, рисунок на панцире которых напоминал человеческое лицо. Впрочем, это возражение стало казаться мне менее убедительным после посещения одного из токийских ресторанов. Пригласивший нас человек заказал на всех большое блюдо крабов. Они были гораздо крупнее *Heikea*, и, несмотря на то, что они были одеты в крепкие, твердые панцири, этот Гаргантюа стал брать их одного за другим и вгрызаться как в яблоки с таким хрустом, что, казалось, он должен был в кровь разодрать себе десны. Для такого гастрономического богатыря краб размера *Heikea* – пылинка. Он проглотит его целиком, не моргнув глазом.

Основным источником моего скепсиса по отношению к теории Хаксли-Сагана служит известный факт, что человеческий мозг в любом случайном узоре готов увидеть человеческое лицо. Помимо многочисленных легенд о ликах Иисуса, Девы Марии или матери Терезы, увиденных на кусках тостов, пиццах и пятнах на стене, этому имеются экспериментальные научные подтверждения. Эта готовность получает дополнительный стимул, если узор оказывается симметричным. Все крабы, кроме отшельников, симметричны. Как бы мне ни хотелось считать, что это сходство усилено естественным отбором, я все же предполагаю, что оно случайно.

Но не в крабах счастье. В мире животных есть масса рыбаков-любителей, которые отказывались от потенциальной добычи, если она напоминала нечто страшное, и во всех этих случаях сходство точно не является случайным. Если бы вы были птицей, охотящейся в лесу на гусениц, что бы вы сделали, столкнувшись со змеей? Думаю, отскочили бы и улетели подальше. Так вот, существует гусеница, чья “корма” удивительно похожа на голову змеи. Если вы боитесь змей (как, признаюсь, и я), то гусеница действительно могла бы вас испугать. Мне было бы неприятно брать это животное в руки, несмотря на то, что я прекрасно осведомлен о его безвредности (это удивительное животное изображено на цветной вклейке 7). Те же проблемы у меня с журчалками, маскирующимися под пчел и ос, несмотря на то, что я прекрасно вижу по их единственной паре крыльев, что они мухи и, значит, жал у них нет. Эти животные принадлежат к огромной группе, ищущей защиты при помощи маскировки и подражающей чему-нибудь несъедобному (вроде гальки, веточки или кусочка водоросли) или чему-то действительно зловредному (вроде змеи, осы или глаз хищника).

Но тогда выходит, что глаза насекомоядных птиц “выводят” насекомых, все более и более напоминающих несъедобные вещи или опасных животных? В некотором смысле нам придется ответить утвердительно. В конце концов, в чем разница между этим случаем и самками фазанов, отбирающими партнеров за их красоту, или людьми, выводящими собак и розы? Основное отличие состоит в том, что самки фазана проводят *позитивный* отбор, отдавая предпочтение самым привлекательным самцам, а питающиеся гусеницами птицы проводят *негативный* отбор, избегая животных с отталкивающим признаком.

Вот вам еще один пример, в котором отбор *позитивен*, хотя отбирающий агент не получает от этого никаких преимуществ. Рыба-удильщик неподвижно сидит на морском

дне, терпеливо поджидая добычу¹⁹. Как и многие другие глубоководные рыбы, удильщик по нашим стандартам чудовищно безобразен. Весьма возможно, что по рыбьим тоже, однако никому нет до этого дела – на глубине, на которой живут удильщики, почти ничего не видно. Подобно другим глубоководным жителям, самки удильщика создают свой источник света, вернее – имеют специальные органы, в которых обитают светящиеся бактерии. Такая “биолюминесценция” недостаточно ярка для того, чтобы разглядеть что-либо, но вполне достаточна для привлечения других рыб. Один из шипов плавника у удильщиков удлиняется и затвердевает, превращаясь в подобие удочки. У некоторых видов эта “удочка” достигает такой длины и гибкости, что ее в пору назвать “леской”. На конце лески, естественно, находится приманка, наживка. Форма наживки меняется от вида к виду, но всегда напоминает что-нибудь небольшое и съедобное – червяка, рыбку или что-нибудь непонятное, но аппетитно подрагивающее. Часто наживка светится: еще одна природная неоновая вывеска, на сей раз гласящая: “Съешь меня”. Небольшие рыбы находят этот призыв убедительным. Они приближаются к ней, и это последнее, что они делают в жизни: в этот момент удильщик открывает свою огромную пасть и засасывает жертву вместе с входящим потоком воды.

Можем ли мы теперь сказать, что мелкие рыбы “выводят” все более привлекательную наживку так же, как самки фазана выводят фазанов, а садовники – розы? Почему бы и нет! В случае с розами наиболее привлекательные цветы отбираются для дальнейшего размножения садовником. С фазанами все почти так же, несмотря на то, что самки могут не отдавать себе отчет в том, что делают, в отличие от садовников. Но эта разница представляется не очень существенной. Не намного заметнее различие между этими двумя случаями и случаем удильщика. Рыбы-жертвы, безусловно, участвуют в отборе наиболее удачливого удильщика, способствуя его выживанию и размножению, но делают это косвенно, служа ему пищей. Удильщик с менее привлекательной наживкой имеет больше шансов умереть от голода и, соответственно, не оставить потомства. И рыбы-жертвы действительно совершают выбор, но “голосуют” они своими жизнями! На этом-то месте мы и подходим к подлинному естественному отбору. Вспомним пройденное:

1 Человек сознательно отбирает для размножения привлекательные розы, подсолнухи и тому подобное, сохраняя ответственные за привлекательные признаки гены. Это искусственный отбор, о котором человечество знало задолго до Дарвина, и любому понятно, что искусственный отбор достаточно могуществен для того, чтобы превратить волка в чихуахуа и “вытянуть” початки маиса, увеличив их длину с дюймов до футов.

2 Самки фазана выбирают для размножения привлекательных самцов (неизвестно, насколько осмысленно, но предположим, что ненамеренно), опять-таки сохраняя гены, ответственные за привлекательные признаки. Это – половой отбор, открытый Дарвином, или, по крайней мере, полностью им осмысленный и названный.

3 Мелкая рыба (безусловно ненамеренно) отбирает наиболее “привлекательных” удильщиков, служа им пищей, и сохраняет ответственные за “привлекательность” гены. Это – естественный отбор, величайшее из открытий Дарвина.

Гениальный Дарвин первым понял, что сама природа может играть роль отбирающего агента. Кто угодно (или, по крайней мере, кто угодно с опытом в области фермерства, разведения садов, собачьих выставок или голубятен) знал об искусственном отборе и его мощи²⁰.

¹⁹ Эта история относится только к самкам удильщика. Самцы, как правило, – крошечные рыбки, которые прицепляются к телу самки как небольшой дополнительный плавник и паразитируют на ней.

²⁰ Ошибочное мнение, будто Гитлер вдохновлялся работами Дарвина, основано на общем их восхищении фактом, широко известным на протяжении столетий: животных можно разводить для получения желаемых признаков. При этом Гитлер желал применить это знание к роду человеческому, а Дарвин – нет. Вдохновение привело его к более интересным

Но именно Дарвин первым заметил, что присутствие отбирающего *агента* не является обязательным. Выбор может происходить автоматически за счет выживания животного или его неспособности выжить. Дарвин понял: выживание является актом отбора потому, что только выжившие размножаются и передают последующим поколениям гены (Дарвин не знал этого слова и не пользовался им), которые помогли им выжить. В качестве примера естественного отбора я выбрал рыб-удильщиков именно потому, что здесь все еще можно увидеть работу отбирающего агента, использующего свои глаза для того, чтобы выбрать, какая особь выживет. Но мы достигли определенного пункта на нашем пути, после которого в отбирающем агенте вообще нет нужды. Перейдем от удильщика к тунцам или тарпонам – рыбам, активно преследующим добычу. При всем желании мы не можем сказать, будто жертва “выбирает”, какому тарпону выжить, позволяя ему себя съесть. С другой стороны, мы можем совершенно резонно заметить, что наилучшим образом приспособленный для ловли добычи тарпон (быстрые плавательные мышцы, острое зрение и так далее) выживет, размножится и передаст следующим поколениям гены, позволившие ему достичь успеха. Отбор осуществляется самым фактом выживания. Другие тарпоны, *по каким бы то ни было* причинам не преуспевшие в ловле рыбы, не выживают. Мы можем добавить к нашему списку еще один пункт:

4 Без какого бы то ни было агента возможен отбор особей, обладающих лучшим оснащением для выживания, чем их сородичи, и, таким образом, имеющих лучшие шансы размножиться и передать последующим поколениям гены, ответственные за наличие этого оснащения. Генофонд любого вида должен постепенно наполняться генами, отвечающими за лучшее оснащение для выживания и размножения.

Обратите внимание, как всеобъемлющ естественный отбор! Примеры, которые я приводил выше, шаги 1, 2 и 3, да и многие другие, могут быть включены в естественный отбор как его частные случаи. Дарвин разработал наиболее широкую форму рассмотрения феномена. Прежде было известно только об искусственном отборе – частном случае этого всеобщего явления. Общий случай – неслучайное сохранение случайно изменяющегося наследуемого оснащения. Неважно, чем порождается неслучайный характер выживания. Это может быть: осознанный выбор агента (человек, отбирающий породистых гончих для вязки); неосознанный выбор агента без четких намерений (самки фазана, выбирающие партнеров); неосознанный выбор, который отбирающий агент предпочел бы не делать (рыба, решающая, плыть или не плыть к наживке рыбы-удильщика); нечто, в чем сложно усмотреть чей-либо выбор (случай тарпона, выживающего благодаря некоему биохимическому преимуществу, скрывающемуся в мышцах и дающему небольшую прибавку в скорости). В моем любимом абзаце из “Происхождения видов” Дарвин прекрасно высказал эту мысль:

и оригинальным результатам. Главное открытие Дарвина состояло в том, что нет необходимости в отбирающем агенте: сама природа (простое выживание или неслучайный успех при размножении) может играть роль селекционера. Что же до гитлеровского “социал-дарвинизма” – веры в борьбу между расами, – то это в действительности противоречит дарвинизму. По Дарвину, борьба за выживание подразумевает борьбу между особями в рамках вида, а не между видами, расами или другими группами. Не следует воспринимать (достаточно, кстати, неудачный) подзаголовок великой книги Дарвина: “Выживание более приспособленных рас в борьбе за существование” буквально. Если прочитать эту книгу, то становится ясно, что Дарвин не имел в виду расы в смысле “группы людей, животных, растений, объединенные общим происхождением” (“Оксфордский словарь английского языка”). Скорее он подразумевал другое: “Группа или класс людей, животных или вещей, обладающих общим свойством или свойствами” (там же, значение № 2). Хорошим примером дарвиновского определения рас было бы: “Все особи вне зависимости от происхождения, имеющие голубые глаза”. Пользуясь языком современной генетики, мы могли бы выразить это так: “Все особи, несущие определенный аллель”. Ложное понимание дарвиновской битвы за выживание между особями как битвы между группами особей – так называемая ошибка группового отбора, – к сожалению, не ограничено только гитлеровским расизмом. Оно время от времени всплывает на поверхность в любительских трактовках дарвинизма и даже в работах некоторых профессиональных биологов, которым следовало бы стыдиться этого.

Можно сказать, что естественный отбор ежедневно и ежечасно расследует по всему свету мельчайшие вариации, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие, работая неслышно и незаметно, где бы и когда бы ни представился к тому случай, над усовершенствованием каждого органического существа по отношению к условиям его жизни, органическим и неорганическим. Мы ничего не замечаем в этих медленных переменах в развитии, пока рука времени не отметит истекших веков, да и тогда наше понимание геологического прошлого несовершенно: мы замечаем только, что современные формы жизни отличаются от когда-то существовавших²¹.

Как и в других местах, я цитирую *первое* издание шедевра. В дальнейшие внесена интересная поправка: “Выражаясь метафорически, можно сказать, что естественный отбор ежедневно и ежечасно...”. Казалось бы, “можно сказать” – и без того достаточно осторожная фраза. Однако в 1866 году Дарвин получил письмо от Уоллеса, указавшего на то, что, к сожалению, необходима еще большая бдительность, чтобы избежать непонимания:

Мой дорогой Дарвин! Мне так часто приходится сталкиваться с поразительной неспособностью широкой массы интеллектуальных людей ясно или в принципе осознавать самостоятельные и неизбежные эффекты естественного отбора, что я пришел к заключению, что сам термин и ваш способ его иллюстрировать, какими бы ясными и красивыми они ни представлялись многим из нас, все же не лучшим образом приспособлены для того, чтобы донести идею до сообщества натуралистов.

Далее Уоллес цитирует французского автора Жанэ, в голове у которого, в отличие от Уоллеса и Дарвина, очевидно, была полная путаница:

Видно, что он считает слабым местом вашей теории непонимание вами “необходимости мысли и направленности для действия естественного отбора”. Это же возражение повторяют ваши основные оппоненты, и я часто слышал его в дискуссии. Мне кажется, основной его причиной является выбор вами термина “естественный отбор” и его сравнение с результатами отбора, производимого человеком, а также персонификация природы как “отбирающей”, “предпочитающей” и так далее. Для некоторых это ясно как день и восхитительно в своей объясняющей силе, но для многих это очевидный камень преткновения. Я беру на себя смелость предложить вам полностью отказаться от этого источника недопонимания в вашей великолепной работе и будущих изданиях “Происхождения”, что, как мне кажется, может быть без всяких трудностей сделано путем использования введенного Спенсером термина “выживание наиболее приспособленных”. Этот термин является чистой констатацией факта, в то время как “естественный отбор” является его метафорическим описанием.

Уоллес был прав. К сожалению, использование спенсеровского термина “выживание наиболее приспособленных” вызывает другие проблемы, чего Уоллес предвидеть не мог (в подробности я сейчас вдаваться не буду). Несмотря на предупреждение Уоллеса, я предпочитаю следовать дарвиновской стратегии и вводить естественный отбор через одомашнивание и отбор искусственный. Мне хочется верить, что на этот раз месье Жанэ понял бы, о чем речь. У меня была еще одна важная причина следовать пути, проторенному Дарвином. Проверкой любой теории является эксперимент. Научный эксперимент – это когда вы не ждете, пока природа сама совершит какое-то действие, и не наблюдаете пассивно, пытаясь понять, чем это действие может быть вызвано. Вы вмешиваетесь и делаете что-нибудь сами.

²¹ Пер. К. Тимирязева. – Прим. ред.

Манипулируете обстоятельствами. Что-нибудь целенаправленно изменяете и сравниваете с контрольными условиями, в которых изменение отсутствует, или с другим изменением.

Экспериментальное вмешательство чрезвычайно важно, поскольку без него вы не можете быть уверены в том, что подмеченная вами корреляция отражает причинно-следственную связь. Эту мысль хорошо иллюстрирует так называемая ошибка церковных часов. Пусть часы на колокольнях двух соседних церквей отбивают время почти одновременно, но на колокольне

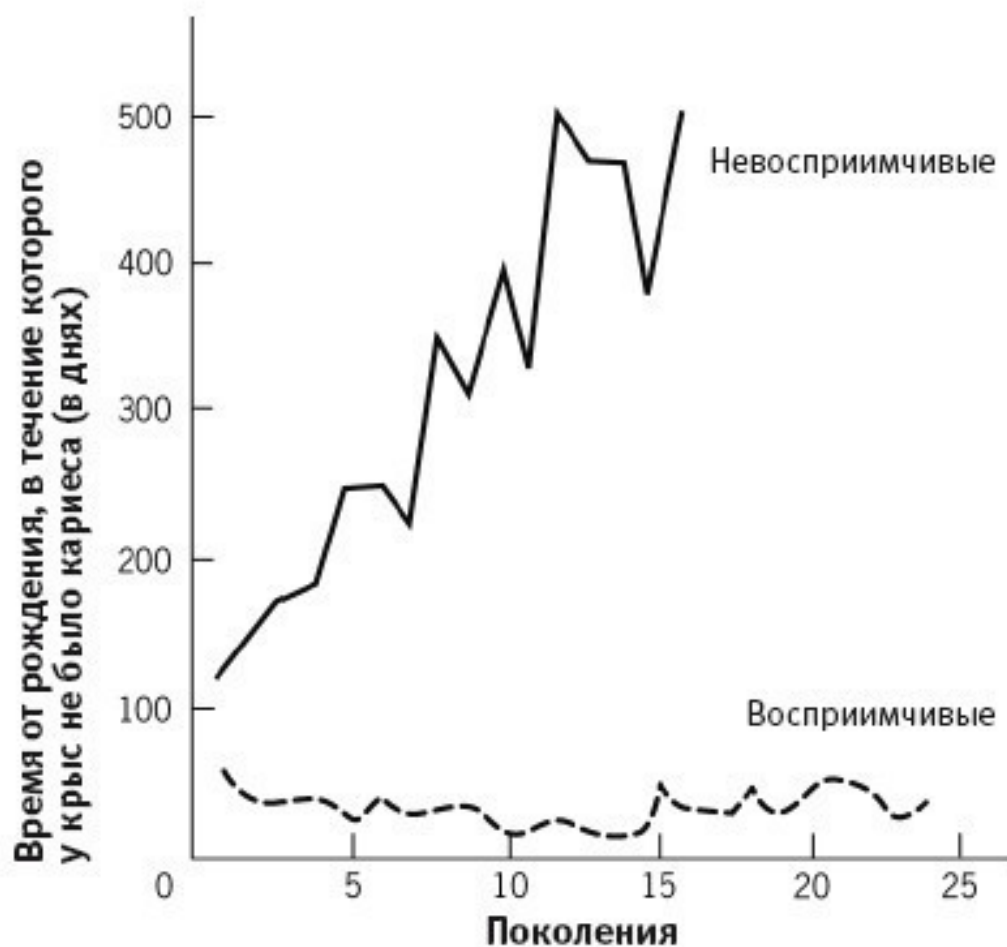


Две искусственно выведенные линии кукурузы, отбираемой по признакам высокого и низкого содержания масла содержания масла

А чуть раньше, чем на колокольне Б. Замечающий это визитермарсианин может предположить, что бой часов А *вызвал* бой часов Б. Мы, конечно, знаем ответ, но единственным способом узнать истину будет эксперимент: начать звонить в колокол А в случайные моменты времени, а не раз в час. Предположение марсианина о том, что и в этом случае часы Б прозвонят сразу после А, будет, естественно, опровергнуто. Только эксперимент может определить, действительно ли наблюдаемая корреляция отражает причинно-следственную связь.

Если ваша гипотеза заключается в том, что неслучайное сохранение случайных генетических изменений имеет важные эволюционные последствия, вам придется вмешаться в ход событий, чтобы проверить гипотезу *экспериментально*. Вмешаться и *манипулировать* вариативными изменениями. Выбирать, как селекционер, какие особи будут размножаться.

Это, разумеется, и будет искусственный отбор. Так что искусственный отбор – это не просто аналог естественного отбора. Искусственный отбор представляет собой настоящую экспериментальную проверку гипотезы о том, что отбор ведет к эволюционным изменениям.



Две линии крыс, отбираемых по признаку сопротивляемости зубному кариесу

Большинство известных нам примеров искусственного отбора (например, выведение современных пород собак) является скорее взглядом в прошлое, чем проверкой теоретических положений в контролируемых условиях эксперимента. Но проводились и настоящие эксперименты, и результаты их всегда были такими, как и ожидалось на основе менее строго документированных данных о собаках, капусте и подсолнечнике. Я приведу вполне типичный пример эксперимента, замечательный тем, что он начался достаточно давно – в 1896 году (поколение 1 на иллюстрации). Проводился эксперимент на Опытной станции Иллинойса.

Диаграмма слева отражает содержание масла в початках кукурузы двух искусственно выведенных линий, одна из которых отбиралась на высокое содержание масла, а вторая – на низкое. Это, безусловно, чистый научный эксперимент, поскольку мы сравниваем результат двух манипуляций. Очевидно, что разница огромна, и она все увеличивается. Похоже, что и восходящая, и нисходящая тенденции выйдут на плато: нисходящая потому, что содержание масла невозможно понизить ниже нуля, восходящая по почти таким же ясным причинам.

Выше – еще одна лабораторная демонстрация могущества искусственного отбора, показательная в другом отношении. На иллюстрации – семнадцать поколений крыс, отбиравшихся на сопротивляемость кариесу. Отмечаемая на графике величина – время от рож-

дения (в днях), в течение которого у крысы не было кариеса. В начале эксперимента характерный период, свободный от разрушения зубов, длился около ста дней. Спустя дюжину поколений постоянного отбора против кариеса этот период вырос в четыре раза или более. Вторая линия крыс, напротив, отбиралась на подверженность кариесу.

Этот пример позволяет нам “попробовать на зуб” естественный отбор как способ мышления. Обсуждение крысиных зубов будет первой из трех экскурсий в мир подлинного естественного отбора, к которым мы теперь готовы. В ходе двух других мы обратимся к существам, повстречавшимся нам на пути от искусственного отбора к естественному: к собакам и цветам.

Крысиные зубы

Почему же, раз улучшить состояние крысиных зубов при помощи искусственного отбора так просто, природа плохо справилась с этой задачей? Ведь ясно, что быстрая деградация зубов не несет эволюционных преимуществ. Так почему, если искусственный отбор способен снизить ее темп, отбор естественный давным-давно не справился с этой задачей? Мне приходят в голову два ответа, и оба весьма содержательны.

Первый ответ: популяция, которую взяли для своих экспериментов генетики, не была естественной. Она состояла из одомашненных, рожденных в лаборатории белых крыс.

В каком-то смысле лабораторные крысы, как и современный человек, изнежены, избавлены от безжалостного естественного отбора. Генетически обусловленная тенденция к быстрой деградации зубов может принести огромные проблемы и сильно снизить вероятность размножения в дикой природе, однако не имеет значения в условиях лабораторной колонии, где жизнь легка, а спариванием руководит не половой отбор, а экспериментатор.

Но это только один из ответов. Второй куда интереснее, поскольку ведет к важному выводу о сути естественного и искусственного отбора: за все нужно платить – и мы уже приходили к нему в разговоре о различных стратегиях опыления, выбираемых растениями. На каждом эволюционном действии висит “ценник”. На первый взгляд необходимость любой ценой избежать кариеса кажется очевидной, как очевидно и то, что кариес существенно снижает срок жизни крыс. Однако задумаемся, что должно произойти, чтобы сопротивляемость кариесу выросла. Можно сказать, что за это придется так или иначе платить, и этого, по сути, достаточно для дальнейших рассуждений. Предположим, что повышение сопротивляемости кариесу происходит благодаря утолщению зубной эмали, а это требует дополнительного кальция. Естественно, можно получить этот кальций из окружающей среды, однако его придется добывать. В организм он попадает с пищей, а съеденный кальций может быть полезен и для других нужд. У организма есть кальциевая “экономика”. Кальций необходим в костях, в молоке. (Мы говорим о кальции, однако можно заменить его на любой другой дорогостоящий ограниченный ресурс, и рассуждение останется справедливым. Важно только, чтобы ресурс не был избыточным.) Крыса, зубы которой крепче, чем у остальных, будет, при прочих равных условиях, жить дольше. Но пресловутых равных условий не бывает, поскольку на построение более мощных зубов кальций нужно где-то брать, например из костей. Соответственно, другая особь, генетически не предрасположенная к трате большего количества кальция на зубы и меньшего – на кости, может прожить дольше благодаря прочным костям, несмотря на гнилые зубы. Или же другая особь может лучше выхаживать потомство, поскольку в ее молоко попадает больше кальция. Экономисты обожают цитировать Роберта Хайнлайна: бесплатных завтраков не бывает. Пусть мой пример с крысиными костями гипотетический, но можно смело говорить, что с точки зрения телесной “экономики” должна существовать крыса со *слишком* хорошими зубами. Совершенство одного признака должно покупаться жертвами в другом.

Это касается всех живых существ. Можно ожидать, что хорошо приспособленные организмы будут выживать с большей вероятностью, однако это не означает совершенства в чем-то одном. Будь у антилопы ноги чуть длиннее, она бегала бы быстрее, и, следовательно, ее шанс избежать смерти в пасти леопарда был бы выше. Однако длинноногая особь, пусть и оснащенная лучше других для бега, должна “оплачивать” удлинение конечностей отставанием в какой-либо другой отрасли “экономики” своего тела. Материалы, необходимые для “постройки” дополнительных костей, связок и мышц, должны быть взяты из других мест, следовательно, шанс такой особи погибнуть от причин, не связанных с атакой хищника, выше. К тому же ноги позволяют быстрее бегать, пока они целы, а чем они длиннее, тем

они легче ломаются, и животное не сможет бегать вовсе. Тело любого живого существа – переплетение компромиссов. Мы рассмотрим эту тему подробнее в главе 12, посвященной эволюционной “гонке вооружений”.

Одомашненные животные защищены от многих опасностей, сокращающих жизнь их собратьев в дикой природе. Породистая молочная корова дает огромное количество молока, но огромное вымя помешало бы ей убежать ото льва. Породистые лошади – великолепные бегуны и прыгуны, но их ноги уязвимы, особенно во время прыжков, что указывает на выход за пределы, указанные естественным отбором. Более того, скакуны выживают только благодаря обильной пище, предоставляемой людьми. В отличие от родных для Британии пони, которые с удовольствием пасутся на лугах, скаковые лошади болеют и хиреют, если их не кормить смесью злаков, трав и добавок, которые они не получили бы в дикой природе.

Снова собаки

Теперь, поскольку речь зашла о естественном отборе, мы вернемся к собакам за несколькими дополнительными уроками. Выше я говорил, что собаки – это одомашненные волки. Нам следует разобраться в этом вопросе в свете удивительной истории эволюции собаки, написанной Реймондом Коппингером. Основная идея Коппингера заключается в том, что эволюция собаки не была следствием только искусственного отбора: минимум в той же степени это была эволюция волков, приспосабливающихся к жизни рядом с людьми при помощи естественного отбора. Немалая доля первоначального одомашнивания собаки была, на самом деле, *самоодомашниванием*, обеспеченным естественным, а не искусственным отбором. Задолго до того, как первый селекционер взялся за “генетический напильник”, естественный отбор слепил из волка “деревенскую дворнягу”. Гораздо позднее человек принял и преобразил этих зверей по своему желанию, создав целый калейдоскоп пород, украшающих собой (если слово “украшать” уместно) “Крафтс”²² и другие выставки собачьих достижений и красоты (если слово “красота” здесь применимо).

Коппингер указывает на интересный факт: многие домашние животные, сбежавшие и оставшиеся в дикой природе на протяжении нескольких поколений, возвращаются к форме, близкой к дикому предку. Следовательно, мы можем ожидать превращения одичавших собак в животных, сильно напоминающих волков. Однако этого не происходит! Вместо этого одичавшие собаки превращаются в дворняг, которые крутятся вокруг поселений повсюду в странах третьего мира. В этом видится весомое подтверждение гипотезы Коппингера о том, что древние селекционеры начали работать уже не с волком – волк к тому времени успел превратиться в собаку: дворнягу, деревенскую собаку, может быть, динго.

Волки – стайные охотники. Дворняги и деревенские собаки – это падальщики, частые посетители мусорных куч и выгребных ям. Волки едят падаль, однако они совершенно не приспособлены к сбору человеческих объедков по причине большой дистанции избегания. Дистанцию избегания определить очень просто: достаточно понаблюдать, на какое расстояние животное, поедающее пищу, позволит вам приблизиться. Для любого вида в любой ситуации имеется своя оптимальная дистанция избегания, лежащая где-то на полпути между очень рискованной и очень трусливой. Особи, убегающие слишком поздно, с высокой вероятностью погибают. Есть и другая опасность, хотя и менее очевидная, – убежать слишком рано: трусливые особи никогда не наедаются. Нам с вами очень просто упустить из виду опасность в природе, так как мы слишком боязливы. Нам странно видеть, как зебры и антилопы спокойно жуют прямо на виду у львов, настороженно на них поглядывая. И странно это только потому, что наша собственная дистанция избегания (или таковая нашего гида на сафари) удерживает нас в “лендровере”, даже когда ни одного льва нет на целые мили вокруг. А все потому, что риск для нас ничем не оправдан. Мы в любом случае наедемся досыта, когда вернемся в бунгало. А вот наши полудикие предки поняли бы “отважных” зебр куда лучше. Как и зебрам, им приходилось ходить по лезвию ножа. Лев может напасть и съесть, это верно. Однако, учитывая, что жуete вы далеко не в одиночестве, велика вероятность, что лев съест не вас, а соседа. Если же вовсе не выходить на пастбище и к водопою, смерть неминуема. По сути, это равновесие между “экономическими” факторами, с которыми мы сталкивались²³.

²² “Крафтс” (англ. *Crufts*) – престижная британская выставка собак. – *Прим. пер.*

²³ Психологи разработали для людей тесты оценки степени риска, на который индивид соглашается. Как правило, высокие значения готовности к риску показывают бизнесмены, летчики, а также альпинисты, мотоциклисты и другие поклонники экстремального спорта. Женщины склонны избегать риска в большей степени, нежели мужчины. Феминистки могли бы развернуть вектор причинно-следственной связи в обратном направлении: женщины склонны избегать риска из-

Подведем итог. Волк, как и любое другое животное, обладает оптимальной дистанцией избегания – где-то между слишком рискованным и слишком трусливым поведением. При изменении условий внешней среды естественный отбор начнет влиять на этот параметр, сдвигая его в ту или иную сторону. Так, если у волков появляется новый обильный пищевой ресурс (мусорные кучи), то дистанция избегания будет сдвигаться в сторону “храброго” поведения.

Представим себе волков, копающихся в мусорной куче на окраине деревни. Большинство имеет большую дистанцию избегания и боится человека, его камней, стрел и копий.

Стоит человеку появиться в поле зрения, и волки убегают.

Попались, однако, несколько особей, дистанция избегания которых (из-за генетических особенностей) несколько меньше, чем у остальных. Их готовность к небольшому риску (они в каком-то смысле храбры, но не безрассудны) позволяет им съесть больше, чем сородичам. Таким образом, естественный отбор будет идти в направлении снижения дистанции избегания, вплоть до такого, на котором люди, швыряющиеся камнями, уже представляют реальную опасность. Появился новый пищевой ресурс, и дистанция избегания изменилась.

По мнению Коппингера, именно процесс эволюционного сокращения дистанции избегания под воздействием естественного, а не искусственного отбора стал первым шагом к одомашниванию собаки.

Уменьшение дистанции избегания – объективная поведенческая оценка того, что мы называем “прирученностью”. На этой ранней стадии люди не отбирали особей для размножения по признаку наибольшей прирученности. Взаимоотношения между собакой и человеком оставались исключительно враждебными. Одомашнивание волков в тот момент было *самоодомашниванием*, а не приручением (оно началось позднее). Представление о том, как происходят эволюционные изменения при одомашнивании (благодаря естественному и искусственному отбору), можно получить благодаря замечательному эксперименту по приручению черно-бурой лисы для разведения на мех. Этот эксперимент рассказывает о том, чего Дарвин не знал об одомашнивании, о побочных эффектах селекции и, что наиболее важно, о схожести процессов естественного и искусственного отбора (а вот это он отлично понимал).

Черно-бурая лиса – высоко ценимый вариант окраски обычной лисы *Vulpes vulpes*. В 1950-х генетик Дмитрий Беляев был назначен директором лисьей фермы. Позднее Беляева уволили, поскольку его научно-генетический подход противоречил идеологии Трофима Лысенко, шарлатана от биологии, умудрившегося завладеть вниманием Сталина и на двадцать с лишним лет захватить (и благополучно похоронить) советскую генетику и сельскохозяйственные науки. Беляев, однако, сохранил любовь к лисам и генетике и впоследствии смог возобновить свои исследования на посту директора Института генетики Сибирского отделения Академии наук СССР.



Генетик Дмитрий Беляев со своими лисицами, которые в процессе одомашнивания стали напоминать собак

С дикими лисами справиться нелегко, и группа Беляева начала целенаправленно скрещивать лис по признаку прирученности. Беляев, как и все селекционеры того времени, использовал естественную генетическую вариабельность животных (ввиду отсутствия в те времена генной инженерии), отбирая в каждом поколении для скрещивания наиболее близких к идеалу самцов и самок. Для скрещивания по признаку прирученности Беляев отбирал лисиц, которые ему нравились больше остальных, или тех, которые смотрели на него наиболее дружелюбно. И такой подход вполне мог оказывать желаемое влияние на прирученность последующих поколений. Однако Беляев пользовался даже более продуманным подходом, включавшим определение величины, по сути близкой к дистанции избегания, адаптированной для щенков. Его коллеги (и последователи – программа исследований продолжилась после смерти Беляева) тестировали щенков. Экспериментатор предлагал щенку пищу на вытянутой руке, одновременно пытаясь погладить или почесать его. По результатам теста щенка относили к одной из трех категорий. Щенки III класса избегали человека или пытались укусить его. Лисята, отнесенные к классу II, позволяли трогать себя, но не демонстрировали никакого позитивного ответа. Щенки, относившиеся к классу I, самостоятельно приближались к человеку, виляя хвостом и поскуливая. Для размножения после достижения половой зрелости отбирались только щенки класса I.

Через шесть поколений лисы изменились настолько, что экспериментаторам пришлось ввести новую категорию – “одомашненная элита”. Животные, отнесенные к этой категории, “с легкостью шли на контакт с человеком, привлекали его внимание скулением, обнюхивали и облизывали экспериментатора, как собаки”. В начале эксперимента к элите не принадлежала ни одна особь, через десять поколений – 18 % особей, двадцать – 35 %; тридцать пять – 70–80 % популяции.

В этих результатах, пожалуй, нет ничего удивительного, за исключением размаха эксперимента и скорости получения результата. Тридцать пять поколений с позиции геологического времени – мгновение. Однако куда интереснее оказались побочные эффекты разведения. Они были действительно удивительными и непредсказуемыми. Влюбленный в собак Дарвин пришел бы в восторг: одомашненные лисы не просто вели себя как собаки, они и выглядели похоже! Они теряли характерный окрас и начинали напоминать пегих колли. Острые лисьи уши торчком сменились висящими собачьими. Хвосты начали закручиваться колечком вверх, как у собак, а не висели метелкой. Течка у самок происходила раз в полгода,

что характерно для сук, а не раз в год, как у лисиц. Беляев писал, что одомашненные лисицы даже лаяли как собаки.

Эти “собачьи” признаки являются побочными эффектами. Беляев и его коллеги отбирали животных не по ним, а только по прирученности. Все прочие “собачьи” признаки воспользовались эволюционным покровительством генов прирученности.

Для генетика, впрочем, в этом нет ничего удивительного. Это широко известное явление *плейотропности генов*, при котором один ген может вызвать несколько эффектов, *на первый взгляд* не связанных между собой. Развитие эмбриона – крайне сложный процесс. По мере изучения его деталей, “на первый взгляд не связанные” превращаются в “связанные взаимодействием, которое мы раньше не понимали”. Возможно, гены, вызывающие появление висячих ушей и пегой шкуры, плейотропно сцеплены с генами, ответственными за прирученность как у лис, так и у собак. Прекрасная иллюстрация вещи, очень важной с эволюционной точки зрения. Если мы берем один признак и задаем вопрос, в чем его значение для преимущественного выживания организма, то этот вопрос неверен: возможно, значим совсем не тот признак, который мы выбрали. Тот, другой, может просто “путешествовать за компанию” с другой, плейотропно сцепленной с ней характеристикой.

Таким образом, если Коппингер прав, то эволюция собаки – это не просто следствие искусственного отбора, а сложная смесь отбора естественного (преобладавшего на ранних стадиях одомашнивания) и искусственного (вышедшего на сцену гораздо позднее). Переход от одного к другому был совершенно незаметным, что еще раз подтверждает отмеченную Дарвином близость двух механизмов отбора.

И снова цветы

Теперь мы увидим, с какой силой естественный отбор двигает эволюцию. Биология опыления цветов богата интереснейшими фактами и примерами отбора, но апогея изысканность механизмов опыления достигла у орхидных. Не случайно Дарвин так их любил, не случайно посвятил им целую книгу – “О различных приспособлениях, посредством которых британские и заморские орхидеи опыляются насекомыми”. Многие орхидеи, например, мадагаскарские цветы, прибегающие к помощи “волшебных пуль”, кормят насекомых-опылителей нектаром. Другие нашли способ избежать этих затрат и научились просто обманывать опылителей. Например, существуют орхидеи, цветки которых так напоминают самок пчел, ос или мух, что насекомые пытаются с ними спариться. Если цветок напоминает самку определенного вида, то самцы этого вида будут служить “волшебными пулями”, путешествующими от цветка к цветку определенного вида орхидей. Даже если цветок похож на пчелу не того же вида, что и самец, а просто на половозрелую пчелу, самцы будут все равно служить “волшебными пулями”. Посмотрев на цветок орхидеи-“пчелы” или орхидеи-“мухи” (цветная вклейка 5), мы без труда отличим его от насекомого. В то же время мы легко обманемся, если взглянем на цветок лишь краем глаза. Однако приглядевшись внимательнее, мы с вами даже сможем сказать, что орхидея-“пчела” на рисунке – это на самом деле скорее орхидея-“шмель”, а не орхидея-“пчела”. Но насекомые, в отличие от нас, обладают куда менее зоркими фасеточными глазами. Форма и расцветка подражающих насекомым орхидей, усиленные обманчивыми запахами, прекрасно справляются с задачей одурачить самца и привлечь его к цветку. Более того, весьма вероятно, что действенность обмана возрастает при наблюдении в ультрафиолетовом диапазоне, который мы видеть не способны.

Так называемая орхидея-паук, или брассия (цветная вклейка 5), опыляется при помощи другой обманки. Самки многих видов ос-отшельниц (“отшельниц” потому, что они не селятся большими колониями, в отличие от хорошо известных нам настоящих, социальных ос) ловят пауков, жалят их, парализуя, и откладывают в них яйца, используя паука в качестве живого склада провианта для личинок. Брассия настолько похожа на паука, что осы пытаются ужалить цветок. При этом они подбирают поллинии – комки пыльцы. Когда оса перелетает на другой цветок, чтобы попытаться ужалить и его, она переносит и пыльцу. Не могу не привести и другой пример: паук *Epicadus heterogaster* прикидывается орхидеей. Заинтересованные насекомые слетаются к “цветку” и съедаются им.

Самые восхитительные орхидеи, поднатеревшие в обмане, можно найти в Западной Австралии. К ним относятся различные виды дракей *Drakaea*, известных также как молоточковые орхидеи. Каждый вид особым образом связан с каким-либо видом осы *Thynnidae*. Той или иной своей частью цветок напоминает осу-самку. Пока все вроде бы похоже на другие истории. Но у дракеи есть еще одна уловка, да какая изощренная! Лже-оса будто бы сидит на одной части руки с суставом, и “локоть” у этой “руки” сгибается. На иллюстрации (цветная вклейка 5) хорошо виден “сустав”. Вибрирующие движения брюшка самца, захватившего “самку”, приводят к сгибанию “локтя”. В результате самец ударяется как молоточек о другую часть цветка (назовем ее наковальней), где расположены органы размножения цветка. И тогда поллинии высвобождаются из пыльников и прилипают к самцу. И вот он опомнился и улетел прочь, печальный, но ничуть не поумневший: он снова находит “самку” – орхидею, начинает спаривание, вибрирующая рука сгибается в локте, наковальня снова приходит в движение. Поллинии аккуратно приклеиваются к наковальне: теперь они доставлены прямо к месту назначения – к женским органам орхидеи. Я демонстрировал фильм, где было показано это потрясающее представление, на специальной новогодней лекции для детей, прочи-

танной в Королевском институте. Его можно увидеть в записи той лекции, названной “Ультрафиолетовый сад”.

Тогда же я рассказывал о другой орхидее из Южной Америки. Ее называют ковшовой. Эти орхидеи тоже обзавелись опылителями, но не осами, а маленькими пчелами *Euglossini*. Ковшовые орхидеи не вырабатывают нектар. Но они и не пытаются соблазнять пчел. Вместо этого они оказывают самцам услугу, без которой те не смогли бы привлечь самок.

У этих южноамериканских пчел есть странная привычка. Их задние конечности непомерно увеличены, и к ним прикреплены особые контейнеры, в которых хранятся пахучие вещества. У разных видов пчел эти запахи различаются: у одних цветочные ароматы, у вторых – гнилая древесина, у третьих – запах экскрементов, и так далее. Похоже, они используют запахи, чтобы привлекать самок. Многие насекомые используют запахи, чтобы привлекать особей противоположного пола, и большинство их вырабатывает ароматические вещества особыми железами. Так, самки шелкопрядов выделяют специфическое вещество, запах которого самец различает на удивительно большом расстоянии. В случае пчел *Euglossini* запахи используют самцы. Но в отличие от самок шелкопрядов они не синтезируют пахучее вещество, а пользуются готовыми составами, которые сами собирают. При этом нужный аромат является не чистым веществом, а смесью различных ингредиентов, подобранных с профессионализмом настоящих парфюмеров. Среди *Euglossini* встречаются “парфюмеры”, которым для составления “букета” необходимо вещество, поставляемое только одним видом орхидей. Потому этих пчел называют орхидными.

На удивление занимательная картина взаимозависимости! Орхидеям нужны орхидные пчелы, которых те держат в качестве “волшебных пуль”. А самцам пчел необходимы орхидеи, поскольку они не могут привлечь самок без помощи веществ, которые нельзя найти нигде, кроме цветов. Но вообразите: способ, каким осуществляется само опыление, еще более затейлив! При дилетантском подходе он заставляет считать пчелу скорее жертвой, чем партнером.

Самец *Euglossini* летит на запах орхидеи, который нужен ему для составления афродизиака. Он усаживается на борт ковшика, откуда начинает соскребать воскообразное вещество в специальные запаховые кармашки на задних конечностях. Но бортики ковша скользкие, и это не случайно. Пчела поскальзывается и падает в ковшик, наполненный жидкостью. Выкарабкаться, взобравшись на бортик, она не может. Орхидея оставила пчеле единственный путь – специальное, как раз по размеру пчелы, отверстие в стенке ковша. Путь к выходу снабжен указателями. Когда пчела начинает протискиваться сквозь тесное отверстие, оно сжимается (его устройство напоминает кулачковый патрон электродрели: проворачиваешь его, и он сжимает сверло). В этот момент к спинке пчелы надежно приклеиваются два поллиния. Ловушка еще немного “медлит”, чтобы клей схватился, а потом отпускает пчелу. Теперь она свободна. Ее ждет поиск ингредиентов для “духов”, и вновь на ее пути оказывается орхидея с ковшом-ловушкой и тесным лазом. Здесь пчела оставляет поллинии, и они опыляют цветок.

Близкие связи между цветами и опылителями являют собой превосходный пример коэволюции, то есть совместной эволюции. Коэволюция часто происходит у организмов, которые получают друг от друга пользу, у партнеров, каждый из которых может чем-либо помочь другому, причем обоим по тем или иным причинам это сотрудничество выгодно. Вот еще один замечательный пример взаимосвязей, независимо возникших в разных частях света, – симбиоз крупных рыб и чистильщиков, обитающих в коралловых рифах. Чистильщики принадлежат к разным видам рыб, а иногда и не рыб вовсе, а креветок – чудесный пример конвергентной эволюции. Стратегия чистильщиков, так же как и стратегия млекопитающих-охотников, пастбищных животных или поедателей муравьев, является вполне надежной. Их специализацией является сбор паразитов с тела крупных клиентов. Можно

с легкостью продемонстрировать, какую выгоду получают клиенты от этой работы: просто удалите из опытной акватории всех чистильщиков, и тут же состояние многих рыб ухудшится. Я обсуждал тему чистильщиков в различных работах, поэтому не буду здесь останавливаться на ней.

Козволюция может идти и в том случае, когда виды не выгадывают от обоюдного присутствия, как, например, хищники и жертвы, паразиты и их несчастные хозяева. Этот тип коэволюции иногда называют “гонкой вооружений”. Мы рассмотрим его в главе 12.

Природа как селективный агент

Итак, отбор, осуществляемый человеком, может превратить дворнягу в пекинеса или дикую капусту в капусту цветную в течение жизни нескольких столетий. Объем различий между двумя породами собак дает нам примерное представление о том, сколько изменений может накопиться менее чем за тысячелетие. Теперь зададимся вопросом: о скольких тысячелетиях мы говорим, когда обсуждаем историю жизни на Земле? Мы представляем себе, насколько изменилась дворняга, превратившись всего за несколько столетий в пекинеса. А сколько времени отделяет нас от начала эволюции или, например, от появления млекопитающих? Или выхода рыб на сушу? Ответ таков: жизнь началась не столетия, а десятки миллионов столетий назад. Измеряемый возраст нашей планеты примерно равен 4,6 миллиарда лет, или 46 миллионам столетий. Общий предок современных нам млекопитающих ходил по земле примерно два миллиона столетий назад. Для нас, людей, век – это очень, очень долго. А можем ли мы представить себе два миллиона веков? Наши рыбообразные предки вышли на сушу примерно 3,5 миллиона столетий назад – это примерно в двадцать тысяч раз больше, чем ушло на появление такого количества разных (действительно разных) пород собак со времени жизни их последнего общего предка.

Вспомните об отличии дворняги от пекинеса. Речь не идет о точных измерениях. Мы могли бы взять две другие породы собак, поскольку их различия примерно равны удвоенному объему изменений, произошедших со времени жизни их последнего общего предка. Задержим этот образ на секунду в памяти и экстраполируем в прошлое, отстоящее в двадцать тысяч раз дальше. При таком подходе достаточно просто принять как факт: эволюция могла успеть сделать достаточно ходов для преобразования рыбы в человека. Все это, однако, означает, что мы считаем возраст Земли известным, как и хронологию ключевых эпизодов палеонтологической летописи. Поскольку эта книга посвящена доказыванию, я не могу просто указать даты – я должен подтвердить их. Но как узнать возраст определенного куска горной породы? Как определить возраст окаменелостей? Как определить возраст Земли? Как определить возраст Вселенной? Нам нужны часы. О них и пойдет речь в следующей главе.

Глава 4

Молчаливая старина

Если “отрицатели истории”, сомневающиеся в том, что эволюция – это факт, просто не знают биологии, то те, кто считает, что мир младше десяти тысяч лет, не просто невежды: их заблуждения граничат с безумием. Они отрицают не только факты, поставляемые биологией, но также физикой, геологией, космологией, археологией, историей и химией. Эту главу я посвящаю определению возраста горных пород и содержащихся в них окаменелостей. Я представлю доказательства того, что время существования жизни на нашей планете измеряется не тысячелетиями, а тысячами миллионов лет. Вспомним уже использованную мной аналогию. Эволюционист находится в положении детектива, прибывшего на место преступления. Чтобы выяснить, когда происходили события, мы изучаем следы процессов, зависящих от времени, то есть пользуемся часами в широком смысле слова. Детектив, приступая к расследованию убийства, прежде всего интересуется у врача или патологоанатома временем смерти жертвы. Это весьма важная информация, и в детективной литературе заключению медика придается почти мистическое значение. Знание времени смерти – отправная точка рассуждений детектива. Оценка, конечно, может быть ошибочной. Патологоанатом для установления времени смерти наблюдает за ходом различных процессов: тело остывает постепенно и с известной скоростью, трупное окоченение наступает в определенный момент, и так далее. Это – достаточно грубые “часы”, доступные следователю. Часы, имеющиеся в распоряжении эволюциониста, потенциально гораздо точнее (разумеется, в рамках своей шкалы), и камень юрского периода в руках геолога больше похож на точный хронометр, чем остывающее тело, доставшееся патологоанатому.

Часы, изготовленные человеком, измеряют пренебрежимо малые с эволюционной точки зрения доли – часы, минуты, секунды – и поэтому основаны на быстрых динамических процессах: качании маятника, раскручивании пружины, колебаниях кристаллов, горении свечи, вытекании воды из сосуда или высыпании песка, вращении Земли (определяемом по движению солнечной тени). Эти процессы протекают с известной постоянной скоростью. Маятник качается с известной частотой, определяемой, по крайней мере в теории, только его длиной, но не амплитудой колебаний и не массой груза на его конце. Напольные часы работают благодаря присоединению маятника к анкеру, передающему движение зубчатому колесу, которое при помощи системы шестеренок обеспечивает ход секундной, минутной и часовой стрелок. Пружинные часы работают почти так же. Кварцевые часы работают при помощи эквивалента маятника – колебаний кристаллов определенного вида под воздействием энергии, поставляемой батарейкой. Водяные и огненные часы обладают куда меньшей точностью, но ими широко пользовались до изобретения часов, основанных на постоянстве хода. Они основаны не на подсчете отрезков времени, как маятниковые или цифровые часы, а на измерении объема. Солнечные часы – неточный способ измерения времени. Однако вращение Земли позволяет создать более точные, хотя и медленные часы, которые мы называем календарем. Это происходит именно потому, что при таком масштабе часы становятся не измеряющими (как солнечные часы, измеряющие постоянно меняющееся склонение солнца), а счетными (подсчитывающими число циклов день/ночь).

В медленном временном масштабе эволюционного процесса мы располагаем как счетными, так и измеряющими часами. Но для того, чтобы по-настоящему исследовать эволюционный процесс, нам скорее нужны не часы, определяющие *текущее* время, как солнечные или механические часы, а аналог секундомера, который можно *обнулять*. Нам нужно, чтобы эволюционные часы в какой-то момент *обнулились*, чтобы мы могли затем подсчи-

тать, сколько времени прошло с этого момента, и установить абсолютный возраст объекта, например фрагмента горной породы. Так, радиоактивные часы для измерения возраста вулканической породы обнуляются в момент ее образования из затвердевающей лавы.

К счастью, существует несколько разновидностей природных “часов” с возможностью обнуления. Особенно приятно как раз то, что их несколько: это позволяет нам проверять точность одних часов с помощью других. Еще приятнее то, что они покрывают огромный спектр временных масштабов, и это нам действительно необходимо, поскольку временные масштабы эволюционного процесса могут различаться на семь или восемь порядков. Думаю, будет полезным объяснить, что это значит.

“Порядок” – весьма точное понятие. Изменение на один порядок подразумевает умножение или деление на десять. Поскольку мы пользуемся десятичной системой счисления²⁴, то порядок числа определяется количеством нулей до или после запятой. Таким образом, различие на восемь порядков – это различие в сто миллионов раз. Секундная стрелка часов вращается в 60 раз быстрее минутной стрелки и в 720 раз быстрее часовой. Следовательно, три стрелки часов покрывают меньше, чем три порядка. Это – ничто по сравнению с восемью порядками, покрываемыми нашим арсеналом геологических часов. Для коротких промежутков времени (до долей секунды) существуют “часы”, основанные на радиоактивном распаде, но самые точные часы, которые нам могут потребоваться для эволюционных нужд, измеряют века или десятилетия. Эти “быстрые” природные часы – годовые кольца деревьев и радиоуглеродный метод датирования – полезны археологам и при определении возраста образцов времен одомашнивания собак или капусты. На противоположном конце шкалы нам нужны часы, способные надежно отмерять сотни миллионов и даже миллиарды лет. И – хвала природе – она предоставила нам весь спектр “часов”, которые могут нам потребоваться. Более того, их шкалы перекрывают друг друга, что позволяет нам использовать их для перепроверки.

²⁴ Вероятно, оттого, что у нас на руках десять пальцев. По мысли Фреда Хойла, если бы мы рождались с восемью пальцами, то изобрели бы восьмеричную систему счисления вместо десятичной и построили компьютеры на век раньше (потому что $8 - \text{это } 2$, возведенное в степень).

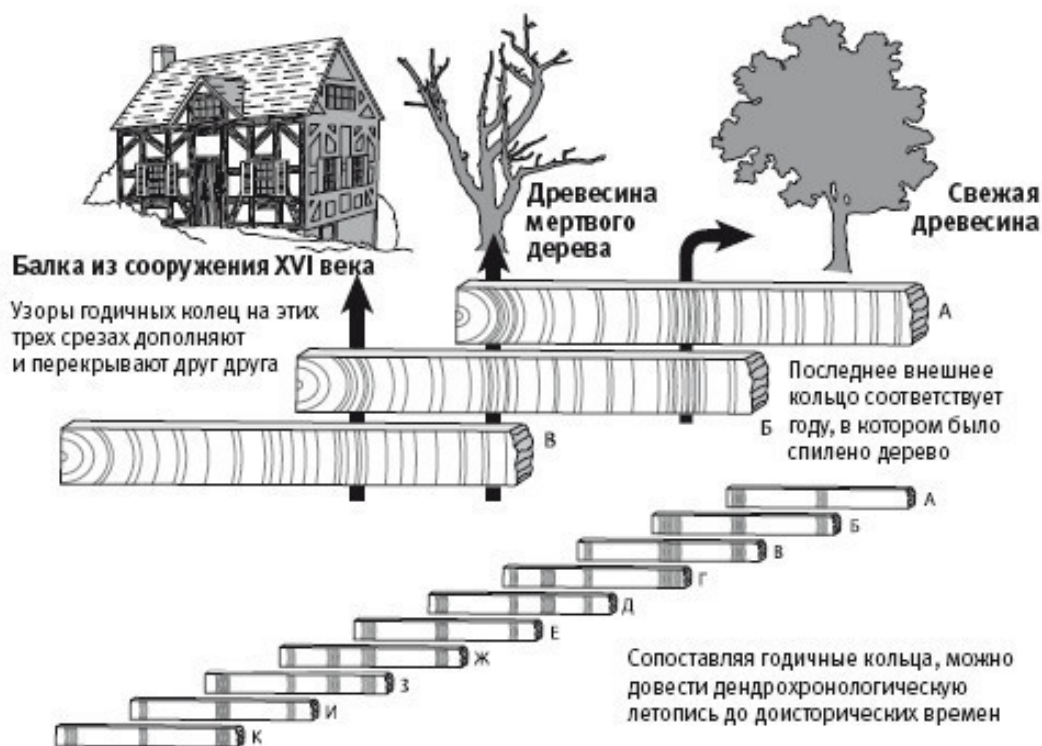
Годичные кольца

При помощи часов, основанных на образовании годичных колец у деревьев, можно с потрясающей точностью, буквально до года, определить возраст куска древесины, например балки в доме эпохи Тюдоров. Вот как это происходит. Во-первых, возраст спиленного дерева можно определить, подсчитав годовые кольца на срезе ствола (внешнее кольцо соответствует настоящему времени). Кольца отражают разную скорость роста в зависимости от времени года и природных условий – зима или лето, сухой или влажный сезон – и особенно выражены в высоких широтах, где времена года резко различаются. К счастью, чтобы определить возраст дерева, не обязательно его рубить. Можно пробурить небольшое отверстие до сердцевины ствола и выпилить пробу – тонкий деревянный стержень. Однако простой подсчет колец не покажет, в каком веке потолочная балка или мачта драккара перестала быть деревом. Если вы хотите определить, когда жило старое, давно умершее дерево, надо не просто подсчитать кольца, а уделить внимание чередованию широких и узких колец.

Поскольку погода меняется от года к году, условия роста меняются вместе с ней: в годы засухи рост приостанавливается, в урожайные годы ускоряется. Бывают холодные и жаркие годы. Случаются катастрофы вроде взрыва Кракатау, дает о себе знать Южная осцилляция²⁵. Все это отражается на ширине годовых колец, подобно тому, как само существование колец является отражением сезонных изменений темпа роста. Хороший с точки зрения дерева год даст более широкое кольцо. Последовательность плохих и хороших лет в любом регионе будет отражаться на всех местных деревьях, формируя своеобразный “отпечаток пальца”, прекрасно узнаваемый от дерева к дереву.

Дендрохронологи измеряют кольца на деревьях, для которых точно известна дата образования любого из колец, отсчитанная назад от года, когда дерево было повалено. На основании этих данных составляется дендрохронологическая таблица, с которой можно сравнить образец дерева, возраст которого вы хотите установить. В итоге вы можете получить примерно такой ответ: “Эта балка содержит характерную последовательность колец, совпадающую с образцом из коллекции и соответствующую 1541–1547 годам. Таким образом, дом был построен после 1547 года”.

²⁵ Извержение индонезийского вулкана Кракатау в августе 1883 года привело к многочисленным человеческим жертвам и глобальным климатическим изменениям. Южная осцилляция – колебания температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана, оказывающие влияние на климат Земли. Противоположные фазы осцилляции называются Эль-Ниньо (*исп.* малыш, мальчик) и Ла-Нинья (*исп.* малышка, девочка). – *Прим. ред.*



Что такое дендрохронология

Все прекрасно, однако не многие из современных нам деревьев росли при Тюдорах, тем более в каменном веке или еще раньше. Существуют деревья – остистые сосны, мамонтовы деревья, – которые живут тысячелетиями, но подавляющее большинство используемых для получения древесины деревьев гибнет в первое столетие их жизни. Как собрать коллекцию узоров древесных колец для более древних времен? Для времен столь давних, что ни одна из живущих ныне остистых сосен их не упомнит? Думаю, вы знаете ответ: перекрывания. Веревка может быть тридцати метров длины, но ни одно из ее волокон не достигает этой длины. Итак, берем последовательности годичных колец, время образования которых известно по современным деревьям. Затем определяем характерную последовательность колец, восходящую к молодости самых старых из современных деревьев, и ищем аналогичную последовательность ближе к концу жизни давно погибших деревьев. И так далее. Теоретически можно проложить таким образом путь в прошлое на миллионы лет, используя окаменелые остатки ископаемых деревьев, хотя на практике дендрохронологический метод применяется в масштабе нескольких тысячелетий. Самое увлекательное в дендрохронологии то, что вы можете установить дату с точностью до года, по крайней мере теоретически, вне зависимости от того, жило это дерево век назад или сто миллионов лет назад. Вы можете *точно* сказать, что это кольцо в окаменелом дереве юрского периода появилось ровно 257 лет спустя после этого кольца в другом дереве той же эпохи! Если бы существовало достаточное количество окаменелых лесов, чтобы можно было проложить надежный путь в прошлое, мы могли бы сказать, что это не просто позднеюрский возраст, а что это дерево жило точно в 151432657 году до нашей эры! К сожалению, у нас нет непрерывной цепи, и дендрохронология позволяет нам уйти в прошлое только на 11 тысяч 500 лет. Тем не менее, что поразительно, будь на свете достаточно окаменелых древесных остатков, мы могли бы устанавливать дату с точностью до года на масштабе в сотни миллионов лет.

Годичные кольца деревьев – не единственный метод, позволяющий обеспечить точность датирования до года. Варвы – годичные слои осадков, накапливающиеся в ледниковых

озерах. Как и у деревьев, их толщина зависит от условий года, поэтому теоретически к ним можно применять тот же принцип. И у кораллов есть годовые кольца. Они позволяют устанавливать даты древних землетрясений (древесные годовые кольца, кстати, тоже). Большинство других имеющихся в нашем распоряжении методов датирования, включая радиометрические, которыми мы пользуемся на масштабах миллионов или миллиардов лет, точны только в пределах погрешности, величина которой пропорциональна измеряемому времени.

Радиоактивные “часы”

Теперь перейдем к радиометрическому датированию. Нам есть из чего выбирать: радиоактивные “часы” отмеряют время от веков до миллиардов лет. У каждого есть погрешность, обычно не превышающая 1 %. Таким образом, если вы измеряете возраст горной породы в миллиардах лет, то должны принимать в расчет погрешность в десятки миллионов лет. Если определяете возраст породы, которой сотни миллионов лет, погрешность не будет превышать миллиона лет. Если породе десятки миллионов лет, делайте поправку на сотни тысяч лет.

Чтобы понять, как работают радиоактивные “часы”, необходимо прежде узнать, что такое радиоактивный изотоп. Материя состоит из химических элементов, как правило, химически связанных с другими элементами. Всего существует около ста элементов (чуть больше, если прибавить элементы, которые существуют только в лабораторных условиях, и чуть меньше, если сосчитать только элементы, встречающиеся в природе): углерод, железо, азот, алюминий, магний, фтор, аргон, хлор, натрий, уран, свинец, кислород, калий, олово и так далее. Атомная теория строения вещества, с которой, думаю, согласны даже креационисты, утверждает, что каждому элементу соответствует собственный атом, являющийся самой маленькой частицей, на которую возможно разделить элемент без утраты им своих свойств. Как выглядит атом свинца, меди или углерода? Безусловно, не как медь, свинец или уголь. Он вообще *никак* не выглядит, поскольку слишком мал для того, чтобы броситься вам в глаза, каким бы мощным микроскопом вы ни пользовались. Поэтому мы прибегаем к аналогиям или моделям. Самая известная была предложена великим датским физиком Нильсом Бором. Модель Бора, сегодня уже устаревшая, похожа на Солнечную систему. Вместо Солнца – ядро, вокруг которого обращаются электроны, играющие роль планет. Как и в Солнечной системе, практически вся масса атома содержится в ядре (“Солнце”), а практически весь объем занят пространством между электронами (“планетами”). Каждый из электронов в сравнении с размером ядра пренебрежимо мал, а расстояние от него до ядра намного больше размеров самого ядра. Известная аналогия – ядро атома, как муха в центре футбольного стадиона. Тогда ядро соседнего атома будет мухой в центре соседнего стадиона. Электроны кружат по орбитам вокруг мух, они меньше самых мелких мошек, слишком маленькие для того, чтобы увидеть их в одном масштабе с мухами. Когда мы берем в руки кусок металла или камня, мы на самом деле смотрим на предмет, состоящий в основном из пустоты. Мы ощущаем его как плотное и непрозрачное тело потому, что наши органы чувств и мозг находят удобным воспринимать этот объект как твердый и непрозрачный. Наш мозг находит это удобным потому, что мы не можем пройти сквозь камень. “Твердый” – это характеристика, которую мы присваиваем веществам и материалам, через которые не можем пройти или в которые не можем провалиться из-за электромагнитных взаимодействий между их атомами. “Непрозрачный” – воспринимаемая нами картина света, отражающегося от поверхности объекта и не проходящего сквозь него.

Согласно модели Бора, в состав атома входят три вида частиц. С электронами мы уже знакомы. Две другие частицы, существенно превосходящие по размеру электрон, но по-прежнему настолько малые, что мы не можем увидеть их, называются протон и нейтрон. Они почти одинакового размера. Число протонов в атоме любого химического элемента постоянно и равно числу электронов. Оно называется атомным числом и является уникальным свойством химического элемента. Нет никаких промежутков в последовательности атомных чисел в знаменитой периодической таблице элементов²⁶. Каждый номер в ряду соответ-

²⁶ Легенда, гласящая, что химик Дмитрий Менделеев увидел ее во сне, может быть ошибочной.

ствуется одному и только одному химическому элементу. Элемент с атомным числом 1 – водород, 2 – гелий, 3 – литий, 4 – бериллий, 5 – бор, 6 – углерод, 7 – азот, 8 – кислород, и так далее.

Протоны и электроны несут электрические заряды противоположных знаков – мы называем их положительными и отрицательными. Эти заряды становятся важными, когда элементы составляют химические соединения. Основными проводниками взаимодействий являются электроны. Нейтроны в атомах связаны в ядре с протонами. В отличие от протонов, они не имеют заряда и не участвуют в химических реакциях.

Протоны, нейтроны и электроны любого химического элемента ничем не отличаются от таких же частиц, составляющих атомы других элементов. Никаких “золотых” протонов, “медных” электронов и “калиевых” нейтронов не существует. Атом меди делает атомом меди только наличие 29 протонов и электронов. Все, что мы привыкли считать свойствами меди, – вопрос химии. Химия – нескончаемый танец электронов. Все химические реакции – взаимодействие атомов при помощи электронов. Химические связи сравнительно легко образуются и распадаются, поскольку обмениваются или отделяются только электроны. Силы взаимного притяжения, образующие ядро атома, преодолеть существенно сложнее. Вот почему термин *деление атома* имеет зловещую окраску. Однако оно возможно, и в результате начинаются ядерные реакции – в противоположность химическим. На этом и основана работа радиоактивных “часов”.

Масса электрона пренебрежимо мала, поэтому общая масса атома – его массовое число – равна суммарному числу протонов и нейтронов в ядре. Как правило, массовое число чуть более чем вдвое превосходит порядковый номер элемента, поскольку нейтронов обычно чуть больше, чем протонов. В отличие от числа протонов, число нейтронов не определяет, к какому элементу относится атом. Атомы любого элемента могут существовать в различных вариантах, именуемых изотопами, у которых одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. У некоторых элементов, например фтора, имеется только один природный изотоп. Фтор – элемент с порядковым номером 9 и массовым числом 19. Отсюда следует, что ядро атома фтора состоит из девяти протонов и десяти нейтронов. Другие элементы, однако, имеют множество изотопов. У свинца пять широко распространенных изотопов. Все они имеют одно и то же число протонов и электронов (82 – атомное число свинца) и массовое число (от 202 до 208). Углерод имеет три природных изотопа. Углерод-12 – самый распространенный, он имеет по шесть протонов и нейтронов. Реже встречается углерод-13. Углерод-14 тоже редок, но его все же достаточно для использования в датировании образцов органического происхождения.

Одни изотопы стабильны, другие – нет. Свинец-202 нестабилен. Стабильными являются: свинец-204, свинец-206, свинец-207 и свинец-208. Нестабильность означает, что атомы данного изотопа спонтанно распадаются с образованием других атомов. Распадаются они с известной скоростью, но момент начала распада непредсказуем. Именно предсказуемость скорости распада служит основой радиоактивных “часов”. Нестабильные изотопы иначе называют радиоактивными. Существует несколько видов радиоактивного распада, каждый из которых имеет ценность в качестве “часов”. Нам не требуется понимание этих механизмов, но я постараюсь объяснить их, чтобы показать замечательный уровень детализации, которого физики достигли в ходе изучения этого вопроса. Этот уровень детализации придает комический оттенок попыткам креационистов доказать ненадежность радиометрического метода датирования и сохранить Землю вечно молодой, как Питер Пэн.

Все механизмы радиоактивности зависят от поведения нейтронов. Первый тип представляет собой превращение нейтрона в протон. Это означает, что массовое число не изменяется (поскольку масса протонов и нейтронов, как мы помним, одинакова), а атомное число увеличивается на единицу. Таким образом, атом превращается в другой элемент, на один дальше в периодической таблице. Например, атом натрия-24 становится атомом магния-24.

В другом механизме протон превращается в нейтрон. Массовое число не изменяется, а атомное уменьшается на единицу, и в периодической таблице атом перемещается на клетку назад. Третий механизм, когда свободный нейтрон ударяет в ядро атома, выбивает один протон и занимает его место, приводит к такому же результату. Массовое число не изменяется, атомный номер уменьшается на единицу.

Более сложный тип распада связан с испусканием ядром альфа-частицы, состоящей из двух протонов и двух нейтронов. При альфа-распаде, таким образом, массовое число уменьшается на четыре, а атомное – на два. Атом переходит в химический элемент, находящийся на две позиции позади в периодической таблице. Примером такого распада может служить превращение радиоактивного изотопа уран-238 (92 протона, 146 нейтронов) в торий-234 (90 протонов, 144 нейтрона).

Подходим к сути. Все нестабильные изотопы распадаются с постоянной, хорошо известной скоростью. Более того, скорость распада некоторых изотопов существенно меньше, чем у других. Распад во всех случаях описывается экспонентой. Это значит, что если в начале эксперимента есть 100 г радиоактивного изотопа, то за единицу времени в другой химический элемент будет превращаться не фиксированное количество изотопа (скажем, 10 г), а строго определенная *доля* оставшегося количества. Здесь следует сказать о так называемом периоде полураспада – времени, за которое распадается половина атомов радиоактивного изотопа. Период полураспада не изменяется в зависимости от того, сколько атомов распалось прежде – это и означает, что процесс идет экспоненциально. Естественно, что при таком последовательном “ополовинивании” мы никогда не узнаем наверняка, что атомов начального элемента не осталось. Тем не менее, мы можем сказать, что спустя некоторое достаточно долгое время – например, десять периодов полураспада – останется так мало атомов исходного элемента, что в практических целях этим количеством можно пренебречь. Например, период полураспада углерода-14 составляет 5730 ± 40 лет. Следовательно, для ископаемых образцов старше 50–60 тысяч лет радиоуглеродное датирование не подходит, и необходимо пользоваться более медленными “часами”.

Период полураспада рубидия-87 составляет 49 миллиардов лет, фермия-244–3,3 миллиарда лет. Впечатляет, не так ли? Этот разброс прекрасно отражает спектр доступных нам радиометрических методов датирования. Несмотря на то, что время полураспада углерода-15, составляющее 2,4 секунды, слишком коротко для выяснения вопросов эволюции, углерод-14 с его 5730 годами отлично подходит для датирования археологических находок. В датировке палеонтологических находок часто используется калий-40 (период полураспада 1,26 миллиарда лет), и я воспользуюсь им в качестве примера для объяснения принципа работы радиоактивных “часов”. Часы, “работающие” на калии-40, часто называют калий-аргоновыми, поскольку именно аргон-40, находящийся в периодической таблице элементов клеткой раньше, является продуктом распада калия-40. Также калий-40 путем другого типа радиоактивного распада может превращаться в кальций-40, стоящий в таблице Менделеева на клетку правее.

Предположим, что в начале эксперимента у нас есть некоторое количество калия-40. Исходя из периода полураспада, через 1,26 миллиарда лет половина этого калия-40 превратится в аргон-40. Спустя еще 1,26 миллиарда лет в аргон превратится половина остатка, то есть четверть начального количества, и так далее. К любому моменту времени, меньшему 1,26 миллиарда лет, в аргон превратится соответствующая часть начального количества калия-40. Теперь представьте, что мы помещаем некоторое количество калия-40 в закрытый контейнер, в котором нет аргона-40. Спустя несколько сотен миллионов лет к контейнеру приходит ученый и измеряет соотношение калия-40 и аргона-40. Исходя из этого соотношения и зная, что аргона-40 в начале эксперимента не было, даже при неизвестном начальном количестве калия-40 можно вычислить, сколько времени прошло с момента начала распада,

то есть с “обнуления” радиоактивных “часов”. Нам необходимо и достаточно знать только соотношение родительских (калий-40) и дочерних (аргон-40) изотопов. Кроме того, как мы уже обсуждали, необходимо, чтобы “часы” обнулялись. Как это может произойти? Ответ дает понимание процесса кристаллизации.

Как и все радиоактивные “часы”, используемые геологами, калий-аргоновые часы работают только на магматических породах. Магматические породы образуются при затвердевании расплавленной породы – подземной магмы (гранит) или вулканической лавы (базальт). Когда расплавленная порода застывает, она кристаллизуется. Обычно это не крупные прозрачные кристаллы наподобие кварца – как правило, они слишком малы, чтобы без помощи микроскопа распознать в них кристаллы. Кристаллы бывают разные, и некоторые из них (например, слюда) содержат атомы калия. Среди этих атомов есть и атомы радиоактивного изотопа калий-40. В момент образования кристалла, когда затвердевает расплавленная порода, аргона в ней нет, и, соответственно, “часы” обнуляются. Проходят миллионы лет, атомы калия-40 постепенно распадаются и заменяются в кристалле на атомы аргона-40. Количество образовавшегося аргона-40 соответствует времени, прошедшему с момента образования породы. Но, как я отмечал выше, имеет смысл не количество аргона, а только *соотношение* числа атомов калия и аргона. В момент обнуления “часов” соотношение составляло 100 % в пользу калия-40. Через 1,26 миллиарда лет соотношение будет равно 50 %, еще через 1,26 миллиарда лет – 25 %, и так далее. Промежуточные значения будут соответствовать промежуточным значениям времени, прошедшего с момента обнуления “часов”. Таким образом, геолог, измеряя соотношение между калием-40 и аргоном-40 во фрагменте вулканической породы, может определить, как давно эта порода кристаллизовалась. Как правило, вулканические породы содержат не только калий-40, но и другие радиоактивные изотопы. Весьма удачно, что вулканические породы застывают почти мгновенно – следовательно, *все* радиоактивные “часы” в куске породы обнуляются одновременно.

Радиоактивные “часы” существуют только в породах вулканического происхождения, в которых почти никогда не бывает окаменелостей. Ископаемые остатки живых существ сохраняются в осадочных породах – известняках и песчаниках, которые не имеют отношения к лаве. Осадочные породы – слои грязи, ила, песка, постепенно накапливающиеся на дне моря, озера или залива. Проходят эпохи, и слои песка и грязи слеживаются, становясь твердыми как камень. Остатки живых существ, похороненные в иле, имеют шанс окаменеть. Окаменевают далеко не все остатки, но только осадочные породы содержат окаменелости, о которых вообще есть смысл разговаривать.

К сожалению, датировка осадочных пород радиометрическим методом невозможна. Вероятно, отдельные песчинки и частицы ила, из которых формируются осадочные породы, содержат калий-40 и другие радиоактивные изотопы и, таким образом, имеют встроенные радиоактивные “часы”. Однако этими “часами” нельзя пользоваться, поскольку они не обнуляются (или обнуляются в разное время). С точки зрения датировщика, осадочная порода – настоящий хаос, пользоваться ею нельзя. Лучшее, что мы можем сделать – и это совсем не так плохо! – это определить возраст вулканических пород, обнаруживаемых рядом с исследуемой осадочной породой или включенных в нее.

Чтобы определить возраст находки, она необязательно должна быть заключена между слоями вулканической породы, как ветчина в сэндвиче. По всему миру встречаются очень похожие слои осадочных пород. Задолго до возникновения радиометрических методов датирования эти слои были идентифицированы и названы: кембрий, ордовик, девон, юра, мел, эоцен, олигоцен, миоцен. Девонские осадочные породы обнаруживают не только в Девоншире, графстве на юго-западе Англии, но и в других частях света. Они похожи друг на друга и содержат сходные наборы ископаемых. *Порядок*, в котором откладывались эти осадочные слои, известен геологам очень давно. До изобретения радиоактивных “часов” мы не знали

только, *когда именно* возник каждый слой. По порядку их можно расставить хотя бы потому, что старшие слои залегают глубже молодых. Так, девонские отложения старше карбоновых (названных так потому, что в карбоновых отложениях обнаруживается каменный уголь). Мы знаем это потому, что в тех частях света, где эти слои встречаются вместе, девонский слой расположен под карбоновым (за исключением регионов, где мы на основании других признаков можем сказать, что осадочные слои были смяты, наклонены или даже перевернуты). Как правило, мы не настолько удачливы, чтобы найти полную последовательность слоев от кембрия до современности. Но благодаря тому, что слои легко узнаваемы, вы можете проследивать цепочки из последовательных слоев по всему миру, сравнивать их между собой и таким образом устанавливать их взаиморасположение.

Итак, задолго до того, как мы узнали, сколько лет ископаемым, мы знали порядок, в котором они были захоронены, или, по крайней мере, в каком порядке откладывались содержащие их слои осадочных пород. Мы знали, что кембрийские ископаемые из любой части света старше ордовикских, которые, в свою очередь, старше силурийских (затем следуют девонские, карбоновые, пермские, триасовые, юрские, меловые и так далее). Внутри слоев геологи различают подслои: верхняя юра, средняя юра, нижняя юра и тому подобные. Указанные слои, как правило, можно опознать по содержащимся в них ископаемым. И мы воспользуемся послойным расположением окаменелостей как одним из доказательств эволюции. Нет ли опасности, что мы угодим в порочный круг? Нет. Кембрийские окаменелости – это характерный набор ископаемых, безошибочно опознаваемых как кембрийские. Эти окаменелости в настоящее время используются как маркеры пород кембрийского возраста. Именно поэтому нефтедобывающие компании нанимают палеонтологов, способных по микроскопическим ископаемым остаткам животных (как правило, фораминифер или радиолярий) идентифицировать слои осадочных пород.

Для каждого слоя – ордовикского, девонского и прочих – характерен свой набор ископаемых. До сих пор мы пользовались ими только для того, чтобы определить, к какому слою относится данная порода – пермского или, скажем, силурийского периода. Теперь мы воспользуемся прослеженным по всему миру порядком отложения геологических слоев, чтобы установить, какие слои образовались раньше, а какие позднее. Используя эти два блока информации, мы можем проследить, двигаясь вверх по слоям, образуют ли найденные в них ископаемые осмысленную с эволюционной точки зрения последовательность. Развиваются ли они в каком-то определенном направлении? Появляются ли некоторые разновидности ископаемых (например, млекопитающие) только после определенного момента (слоя) и никогда – раньше? Ответ на все подобные вопросы – да. Всегда. Никаких исключений. Это одно из главных свидетельств в пользу эволюции, поскольку оно не является *необходимым* фактом и никак не следует ни из нашего метода идентификации слоев, ни из способа, позволившего нам установить хронологический порядок их формирования.

Остатков животных, хотя бы отдаленно похожих на млекопитающих, никогда не обнаруживали в девонских или более ранних слоях. Млекопитающие не просто статистически реже встречаются в девоне. Они *никогда* не встречались в слоях старше определенного возраста. Не то чтобы это обязательно было так – могло бы быть иначе: копая все глубже и глубже от девона, раскрывая все более ранние слои (силур и ордовик), мы докопались бы до кембрия и с удивлением обнаружили бы там изобилие млекопитающих. На самом деле ничего подобного мы в кембрийских слоях, конечно, не обнаружим, но этот пример прекрасно иллюстрирует, что наши рассуждения не заводят нас в порочный круг. В тот момент, когда кто-либо извлечет остатки млекопитающего из кембрийской породы, теория эволюции рассыплется в прах. Таким образом, теория эволюции может быть опровергнута и, следовательно, является научной теорией. Я вернусь к этому вопросу в главе 6.

Попытки креационистов объяснить подобную последовательность находок выглядят комично. Нам авторитетно сообщают, что ключом к пониманию последовательности захоронения ископаемых является Всемирный потоп. Привожу цитату с одного заслуженного креационистского сайта:

В геологических слоях наблюдается следующая последовательность ископаемых остатков:

1 Беспозвоночные (малоподвижные морские животные). Во время Всемирного потопа они должны были погибнуть первыми, следом – более подвижные рыбы, которых завалило илом.

2 Амфибии (живут близко к морю) – вымерли, когда вода начала подниматься.

3 Рептилии (медленно движущиеся наземные животные).

4 Млекопитающие – могли убежать от наступающей воды, при этом чем крупнее и быстрее животное, тем дольше оно продержалось.

5 Человек – должен был проявить наибольшую изобретательность, цепляясь за плавающие бревна и тому подобное, чтобы спастись от наводнения.

Эта последовательность полностью объясняет порядок, в котором различные ископаемые обнаруживаются в геологических слоях. Это никоим образом НЕ порядок, в котором животные появлялись в процессе эволюции – это порядок, в котором они были погребены во время Ноева потопа.

Замечательное объяснение! Оставив прочие причины, по которым с ним невозможно согласиться, замечу только, что млекопитающие в таком случае должны быть только *статистически*, то есть в *среднем* успешнее убежать от воды, чем, например, рептилии. На самом деле, как и предсказывает теория эволюции, в более древних геологических слоях млекопитающих *вообще нет*. Теория “бегства в горы” была бы более обоснованной, если бы с глубиной залегания слоев количество остатков млекопитающих убывало статистически, постепенно. Однако выше перми *нет* трилобитов, а выше мела *нет* динозавров (кроме птиц). Теория “бегства в горы” в этих случаях предсказывает постепенное убывание.

Но вернемся к датированию и радиоактивным “часам”. Поскольку последовательность расположения слоев осадочных пород хорошо известна и одинакова во всем мире, можно использовать вулканические породы, залегающие непосредственно над или под этими слоями (или внутри них) для датирования осадочных слоев и, соответственно, обнаруженных в них окаменелостей. Усовершенствовав метод, мы сможем датировать ископаемые остатки, находящиеся, скажем, в верхней части карбона или мела, как более ранние, чем окаменелости, лежащие чуть глубже в этих же слоях. Нет необходимости искать прослой вулканической породы в непосредственной близости от ископаемого, возраст которого мы хотим определить. Исходя лишь из того, что окаменелость найдена в определенной части девонского слоя, ее возраст можно определить, скажем, как верхнедевонский. Анализ возраста вулканических пород, обнаруживаемых рядом с девонскими осадочными породами по всему миру, показывает, что девон окончился около 360 миллионов лет назад.

Калий-аргоновые “часы” – только одни из многих радиоактивных “часов”, доступных геологам. Все они работают по одному и тому же принципу, хотя шкала у них разная. Ниже приведена таблица, в которой “часы” ранжированы от медленных к быстрым. Еще раз отметим огромный разброс периодов полураспада – от 49 миллиардов лет до 6 тысяч лет. Быстрые “часы” (например, углерод-14) имеют особый механизм обнуления. Все атомы быстро распадающихся изотопов, которые были на Земле в момент ее возникновения, давным-давно распались. Прежде чем перейти к рассказу о радиоуглеродном датировании, есть

смысл остановиться еще на одном доказательстве древности Земли – планеты, возраст которой составляет миллиарды лет.

Неустойчивый изотоп	Продукт	Период полураспада (в годах)
Рубидий-87	Стронций	49.000.000.000
Рений-187	Осмий-187	41.600.000.000
Торий 232	Свинец-208	14.000.000.000
Уран 238	Свинец-206	4.500.000.000
Калий-40	Аргон-40	1.260.000.000
Уран-235	Свинец-207	704.000.000
Самарий-147	Неодим-143	108.000.000
Йод-129	Ксенон-129	17.000.000
Алюминий-26	Магний-26	740.000
Углерод-14	Азот-14	5.730

Радиоактивные “часы”

У всех химических элементов, встречающихся на Земле, есть 150 стабильных изотопов и 158 нестабильных, всего 308. Из 158 нестабильных изотопов 121 полностью исчез или существует, как углерод-14, только из-за постоянного обновления (мы увидим это чуть позднее). Теперь, если мы рассмотрим оставшиеся 37 существующих на Земле нестабильных изотопов, мы обнаружим важную и интересную вещь. Период полураспада *каждого* из них превышает 700 миллионов лет. У каждого из исчезнувших изотопов время полураспада не превышает 200 миллионов лет. Эти цифры не должны сбивать вас с толку – помните, что мы говорим о *периоде полураспада*. Рассмотрим судьбу радионуклида с периодом полураспада в 100 миллионов лет. Исходя из того, что мы обсуждали в середине главы, можно заключить: изотопы, период полураспада которых в десять и более раз уступает возрасту Земли, фактически исчезли, их больше нет на планете нигде, за исключением некоторых особых условий. Учитывая исключения, причины которых ясны, на Земле обнаруживаются только изотопы, период полураспада которых позволяет им сохраниться на *очень* старой планете. Углерод-14 представляет собой одно из вышеупомянутых исключений, потому что его запас на Земле постоянно пополняется. Следовательно, углерод-14 в качестве радиоактивных “часов” надо воспринимать отдельно от прочих. Что это значит – *обнулить* углеродные часы?

Углерод

Из всех химических элементов углерод представляется неотъемлемой частью всего живого. Без этого элемента очень трудно представить себе жизнь на любой планете. “Виной” этому выдающаяся способность атомов углерода к формированию колец, цепей и других молекулярных структур сложной архитектуры. Углерод попадает в пищевую цепь в ходе фотосинтеза – процесса, при котором растения усваивают молекулы двуокиси углерода (углекислого газа) из воздуха и используют энергию света для включения атомов углерода в состав молекул сахаров. Весь углерод, содержащийся в телах животных (и наших), поступает из растений, а значит, из атмосферного CO_2 . Процесс замкнут: когда мы дышим, выделяем вещества во внешнюю среду, когда умираем – углерод возвращается в атмосферу.

Подавляющее количество углерода, содержащегося в углекислом газе атмосферы CO_2 , – это стабильный изотоп углерода-12. Примерно в одном случае из триллиона атомов встречается радиоактивный атом углерода-14. Он довольно быстро распадается (период полураспада, напомним, 5730 лет) и превращается в азот-14. Для растения разницы между изотопами углерода нет, поэтому они с удовольствием усваивают с углеродом-12 и углерод-14, встраивая в сахара атомы обоих типов в той же пропорции, в которой углерод присутствует в атмосфере. Попадая в растения, углерод (оба его изотопа в том же соотношении, что и в атмосфере) быстро (по сравнению со временем полураспада углерода-14) распространяется по пищевым цепям: растения съдаются травоядными животными, травоядные – хищниками, и так далее. Поэтому все живые существа содержат углерод-12 и углерод-14 приблизительно в одних и тех же долях, соответствующих долям в атмосферном CO_2 .

Итак, когда обнуляются “часы”? Когда растение или животное погибает. В этот момент оно отсекается от пищевой цепи и перестает получать углерод-14 из атмосферы. Проходят века, и углерод-14, содержащийся в трупe, деревяшке или куске ткани, постепенно превращается в азот-14. Следовательно, соотношение углерода-12 и углерода-14 в предмете постепенно опускается ниже значения, характерного для живых организмов и атмосферы. В итоге останется только углерод-12 – или, вернее, атомов углерода-14 станет слишком мало для того, чтобы мы могли их обнаружить. Таким образом, соотношение углерода-12 и углерода-14 может быть использовано для установления времени, прошедшего с момента оставления растением или животным пищевой цепи и прекращения углеродного обмена с атмосферой.

Это прекрасно, однако работает только потому, что запас углерода-14 все время возобновляется. Будь иначе, углерод-14 с его коротким периодом полураспада давным-давно исчез бы из атмосферы, так же, как оттуда исчезли другие быстро живущие природные изотопы. Углерод-14 – исключение из правил, поскольку он восстанавливается благодаря космическим лучам, бомбардирующим атомы азота в верхних слоях атмосферы. Азот – самый распространенный в атмосфере газ, массовое число которого – 14 (такое же, как и у углерода-14). Различие состоит в том, что в атоме углерода-14 содержится 6 протонов и 8 нейтронов, тогда как азот-14 имеет 7 протонов и 7 нейтронов (масса нейтронов почти равна массе протонов). Космические частицы способны, ударяя в протон ядра азота, превратить его в нейтрон. Когда это происходит, атом превращается в углерод-14 (углерод в периодической таблице стоит на клетку левее азота). Поскольку частота таких превращений мало изменяется от века к веку, радиоуглеродный метод прекрасно работает. На самом деле эта частота непостоянна, поэтому необходим метод учета и компенсации колебаний. К счастью, мы можем провести точную калибровку колебаний количества углерода-14 в атмосфере, что позволяет учитывать при датировании изменчивость соотношения углерода-12 и углерода-14. (Вы ведь не забыли, что временной промежуток, доступный для датировки

при помощи углерода-14, в значительной мере покрывается дендрохронологией, которая позволяет определять возраст с точностью до года?) Таким образом, сопоставляя результаты, полученные двумя методами – радиоуглеродным и по годичным кольцам, – мы оценим ошибки, возникающие из-за непостоянной концентрации в атмосфере углерода-14. Мы можем пользоваться этой калибровкой при определении возраста органических образцов, для которых нет дендрохронологических данных (их абсолютное большинство).

Радиоуглеродный метод датировки изобретен сравнительно недавно – в 1940-х. Первое время он требовал большого объема органического материала. В 1970-х на помощь радиоуглеродному методу пришла масс-спектрометрия, и сейчас для анализа хватает крошечного образца. Это произвело настоящую революцию в археологии. Любопытный пример – Туринская плащаница. Из-за того, что на этом куске ткани таинственным образом появилось изображение распятого бородатого мужчины, множество людей верит, что этот предмет относится к временам Христа. Первые упоминания о плащанице во французских источниках относятся к середине XIV века (где она находилась до тех пор, неизвестно). С 1578 года плащаница хранится в Турине, причем с 1983 года – под надзором Ватикана. Когда с помощью масс-спектрометрии стало возможно определять возраст маленьких частиц, а не огромных кусков, как прежде, Ватикан позволил отрезать от плащаницы небольшую полоску. Образец был разделен на три части и отправлен в три лидирующие в области радиоуглеродного анализа лаборатории: в Оксфорде, американской Аризоне и Цюрихе. Лаборатории, соблюдая условие независимости экспериментов и не обмениваясь данными, одновременно опубликовали приговоры относительно “даты смерти” льна, из волокон которого была соткана ткань. Британские ученые назвали 1200 год, американские – 1304 год, швейцарские – 1274 год. Эти даты, с учетом погрешности, согласуются друг с другом и с датой первого упоминания о плащанице: середина 1350-х годов. Датировка остается спорной, но отнюдь не из-за претензий к точности радиоуглеродного метода. Так, например, на углерод плащаницы мог оказать влияние огонь во время пожара 1532 года. Я не буду вдаваться в подробности, поскольку плащаница представляет собой исторический, а не эволюционный интерес. Скажу только, что эта история прекрасно иллюстрирует работу радиоуглеродного метода, а также показывает, что он, в отличие от дендрохронологии, работает с точностью не до года, а примерно до столетия.

Я подчеркивал, что существует множество часов, которыми может воспользоваться ученый-эволюционист, а также то, что наилучшим образом они работают в разных пересекающихся временных шкалах. Для определения возраста одного и того же образца породы можно пользоваться разными радиоактивными “часами”, потому что все они обнулились одновременно, когда образец затвердел. В таких случаях результаты, полученные при помощи разных часов, совпадают (с учетом обычной погрешности). Это, безусловно, дает нам уверенность в точности этих инструментов.

Проверенные друг на друге и на породах известного возраста, эти методы могут быть использованы и при решении более интересных проблем, например вопроса о возрасте Земли. В настоящий момент ученые, использующие различные радиоактивные “часы”, сходятся в том, что нашей планете около 4,6 миллиарда лет. В сходстве результатов, полученных разными путями, нет ничего удивительного, но, к несчастью, нам приходится снова и снова подчеркивать это: не менее 40 % населения США и чуть меньшая доля населения Великобритании (точные данные вы найдете в приложении) считает, что возраст Земли не превышает десяти тысяч лет. К несчастью, в США и мусульманском мире некоторые из “отрицателей истории” обладают существенным влиянием на учебные программы.

Допустим, “отрицатели истории” скажут, например, что с калий-аргоновым методом датирования что-либо не так. А вдруг известная нам скорость распада калия-40 стала такой только после Всемирного потопа? Что если в допотопные времена период полураспада

калия-40 был гораздо короче – не 1,26 миллиарда лет, а, например, несколько столетий? Меня восхищает предлагаемая аргументация: ну почему, скажите, законы физики должны изменяться так внезапно, глобально и таким удобным для креационистов образом? Чем больше подобных допущений, тем удивительнее. На сегодняшний день исследования доступных нам изотопов показывают сходный результат: Земля образовалась 4–5 миллиардов лет назад. Эти результаты основаны на предположении, что период полураспада радиоактивных изотопов за время существования планеты не менялся. Законы физики утверждают, что так это и должно быть. “Отрицателям истории” пришлось бы, чтобы опровергнуть эти факты, доказать, что период полураспада всех элементов разом изменился в разных пропорциях, причем именно так, чтобы сегодня все радиоактивные “часы” показывали, будто Земле миллиарды лет, хотя на самом деле планете всего шесть тысяч лет. Вот уж действительно сложная задача! Я уже не говорю о других методах, дающих близкие результаты, например о датировании по следам осколков распада. Вспомните, что разные “часы” имеют разную шкалу и работают с разной погрешностью. А теперь представьте себе, как нужно подтасовать факты, чтобы все эти “часы” показали возраст Земли равным шести тысячам лет! Если учесть, что единственная цель, которую преследуют занимающиеся этим энтузиасты, – консервация космогонического мифа, бытовавшего у одного из кочевых племен бронзового века, то удивительно, что они кого-то могут обмануть.

Существует еще один тип эволюционных часов – молекулярные. О них мы поговорим в главе 10.

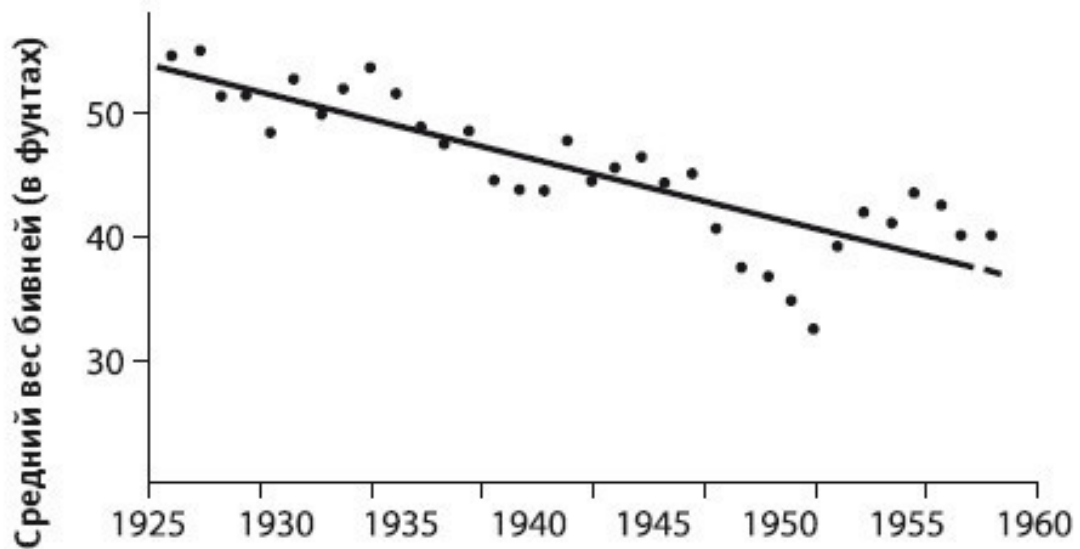
Глава 5

Прямо перед глазами

Выше я сравнил эволюциониста с детективом, который реконструирует картину преступления по сохранившимся уликам. Но, возможно, я поспешил, сказав, что мы не в состоянии проследить за ходом эволюции. Несмотря на то, что подавляющее большинство эволюционных изменений произошло задолго до появления людей, есть примеры перемен настолько быстрых, что мы можем наблюдать их на протяжении человеческой жизни – буквально собственными глазами.

Есть данные, что подобное может происходить даже с такими медленно размножающимися громадами, как слоны. Дарвин считал слонов примером животных с крайне медленной репродукцией и одной из самых медленных на Земле смен поколений. Одна из основных причин смертности у африканских слонов – люди с ружьями, охотящиеся на них ради бивней. Естественно, охотники выбирают особей с самыми большими бивнями. Это означает, по крайней мере в теории, что особи с меньшими бивнями получают селективное преимущество. Как всегда бывает в эволюции, между разнонаправленными давлениями отбора возникает конфликт, и эволюционные изменения, которые в итоге произойдут, станут результатом компромисса. Слоны с крупными бивнями, без сомнения, имеют существенное преимущество в конкуренции с себе подобными, и это будет в какой-то степени уравнивать те недостатки, которые проявляются при встрече с охотником. Любое увеличение интенсивности легального или браконьерского отстрела приведет к смещению баланса в сторону уменьшения размера бивней. При прочих равных условиях можно ожидать, что в результате охоты возникнет эволюционная тенденция к уменьшению размера слоновьих бивней. И чтобы эта тенденция обнаружила себя, не требуются тысячелетия.

В графике ниже приведены данные Департамента по делам охоты в Уганде, опубликованные в 1962 году: вес бивней слонов, отстреленных по лицензии в 1925–1958 годах, когда Уганда была протекторатом Британской империи. Точками обозначены среднегодовые значения. Линия, проведенная между точками, построена не на глаз, а при помощи статистического метода линейной регрессии. Заметно, что на протяжении тридцати пяти лет средняя масса бивней постоянно снижалась. Более того, тенденция обладает очень большой статистической достоверностью, что скорее всего означает, что перед нами действительно тенденция, а не просто совпадение.



Вес бивней добытых в Уганде слонов

Статистически значимая тенденция к снижению веса слоновьих бивней не обязательно означает, что мы наблюдаем эволюцию в действии. Если бы вы нарисовали график среднего роста двадцатилетних мужчин в XX веке, то обнаружили бы, что во многих странах мужчины стали существенно выше. Однако, как считается, эволюция здесь ни при чем: это скорее результат улучшения питания. Тем не менее, в случае слонов мы имеем веские причины предполагать, что идет активный отбор против особей с крупными бивнями. Более того, хоть график и построен на основании данных о деятельности легальных охотников, наибольшее эволюционное давление, вероятно, оказывают браконьеры. Надо всерьез рассмотреть возможность того, что в данной ситуации мы имеем дело с эволюционной тенденцией, причем быстро наметившейся. При этом нам не следует делать слишком далеко идущие выводы. Вполне возможно, мы наблюдаем сильный естественный отбор, имеющий высокие шансы отразиться на генофонде, но такие генетические эффекты пока не заметны. Может быть также, что различия между особями с большими и маленькими бивнями имеют негенетическую природу. Тем не менее я со всей серьезностью отношусь к возможному эволюционному объяснению наблюдаемых изменений.

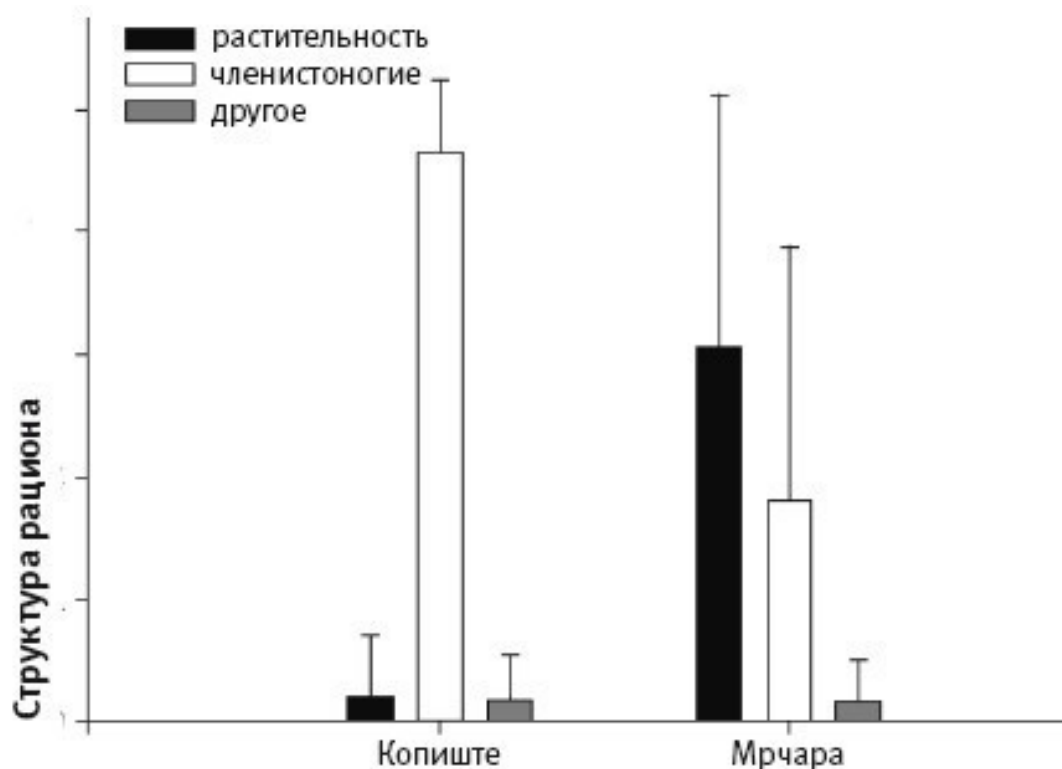
Важно то, что мой коллега доктор Иэн Дуглас-Гамильтон, мировой авторитет в области изучения африканских слонов, также воспринимает эту гипотезу весьма серьезно и уверен в необходимости тщательного исследования феномена. Он считает, что тенденция обозначилась задолго до 1925-го и продолжается после 1958 года. Более того, у него есть причины думать, что эта же тенденция в прошлом привела к отсутствию бивней у многих популяций азиатских слонов. Похоже, мы наблюдаем случай быстрой эволюции, случай, исследование которого окупится сторицей.

Перейдем теперь к случаю, который демонстрирует более чем интересные современные результаты эволюции: к ящерицам с островов Адриатического моря.

Ящерицы острова Мрчара

В Адриатическом море, неподалеку от хорватского берега, лежат два островка – Копиште и Мрчара. На Копиште существовала популяция обычной для Средиземноморья ящерицы *Podarcis sicula*, которая питается в основном насекомыми. На острове Мрчара таких ящериц не было. В 1971 году экспериментаторы переселили пять пар *P. sicula* с Копиште на Мрчару. В 2008 году другая группа ученых, в основном бельгийских, связанная с Энтони Херрелом, посетила острова, чтобы проверить, что произошло за это время. Исследователи нашли на Мрчаре процветающую популяцию ящериц, и анализ их ДНК подтвердил, что это действительно *P. sicula*. Предполагается, что все эти животные – потомки переселенных на остров пяти пар. Херрел и его коллеги наблюдали за потомками ящериц-переселенцев и сравнили их с ящерицами, живущими на Копиште. Обнаружились существенные различия. Ученые вполне резонно предполагали, что ящерицы Копиште за последние тридцать шесть лет не изменились и, таким образом, соответствуют предкам переселенных на Мрчару ящериц (точнее, являются их современниками предкового типа). Пусть даже такое предположение ошибочно и, например, ящерицы Копиште эволюционировали с такой же скоростью, как на острове Мрчара, мы все равно собственными глазами, на протяжении всего нескольких десятилетий, наблюдаем расхождение популяций.

Что же за различия (да еще и проявившиеся всего за тридцать семь лет или около того) обнаруживаются между двумя островными популяциями? У ящериц острова Мрчара, представителей “эволюционировавшей” популяции, головы существенно больше, чем у их сородичей на Копиште – длиннее, шире и выше. Почему? Очень просто: более крупная голова предполагает наличие более сильных челюстей. Как правило, такие изменения морфологии связаны с переходом на предпочтительно растительную диету – и действительно, ящерицы острова Мрчара употребляют существенно больше растительной пищи, чем их предки с Копиште. В отличие от ящериц Копиште, по-прежнему в основном насекомоядных, обитатели Мрчары питаются преимущественно растениями, особенно летом.

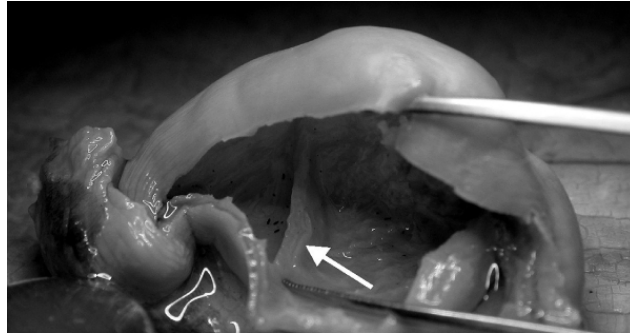


Летний рацион ящериц *P. sicula*, обитающих на адриатических островах Копиште и Мрчара

Почему при переходе к растительности животному нужны более сильные челюсти? Потому, что стенки растительных клеток, в отличие от клеток животных, укреплены целлюлозой. Зубы травоядных животных – лошадей, коров и слонов – подобно жерновам перемалывают целлюлозу, тогда как острые, похожие на клинки зубы хищников предназначены для разрывания мяса, а игольчатые зубы характерны для насекомоядных животных. Жевательная мускулатура травоядных более массивна, и череп обладает выраженным рельефом для прикрепления мышц (вспомните “гребень” на черепе гориллы)²⁷.

Кишечник травоядных также устроен иначе. В общем, животные не способны переваривать целлюлозу без помощи бактерий или иных симбионтов, и многие позвоночные имеют специальный отросток кишечника – слепую кишку, в которой поселяются бактерии. Фактически слепая кишка работает как ферментационная камера (аппендикс – рудимент более крупной слепой кишки наших в основном растительноядных предков). У многих специализированных травоядных животных слепая кишка и другие отделы кишечника приобретают весьма сложное строение. Среди приспособлений, развивающихся в их пищеварительном тракте, не последнее место занимает цекальный клапан. Он представляет собой не полностью замкнутый, иногда мускульный участок, способный регулировать, замедлять или ускорять поток химуса через кишечник либо увеличивать площадь внутренней поверхности слепой кишки. На рисунке изображена вскрытая слепая кишка ящерицы, диета которой состояла в основном из растительной пищи.

²⁷ Судя по сходному строению черепа и зубов парантропа Бойса *Paranthropus boisei* (также зинджантроп, “Щелкунчик”), можно заключить, что этот наш могучий кузен почти наверняка был вегетарианцем.



Слепая кишка ящерицы. Стрелка указывает на цекальный клапан

Вернемся к нашим ящерицам. Самое удивительное то, что хотя цекальный клапан у *P. sicula* практически не выражен и в целом редок у представителей семейства, к которому относится эта ящерица, он (клапан) *начал появляться* у представителей популяции, живущей на острове Мрчара, – популяции, которая на протяжении последних тридцати семи лет эволюционирует в сторону травоядности. Исследователи увидели и другие эволюционные изменения. Плотность проживания ящериц возросла, они прекратили охранять свою территорию, как делают представители предковой популяции на Копиште. Хочу еще раз напомнить: единственное, что удивительно в этой истории, – то, что все события происходят чрезвычайно быстро, буквально перед нашими глазами.

Сорок пять тысяч поколений: эволюция под микроскопом

Частота смены поколений у ящериц *P. sicula* не превышает двух лет, поэтому эволюционные изменения, которые мы наблюдаем на острове Мрчара, произошли всего за восемнадцать-девятнадцать поколений. Теперь задумайтесь: что если на протяжении трех-четырех десятилетий следить за эволюцией бактерий? Бактерий, поколения которых сменяются не за годы, а в течение нескольких часов, даже минут? Бактерии преподносят эволюционисту и другой бесценный подарок: в некоторых случаях их можно на неограниченное время заморозить, а после оживить, и они продолжают размножаться как ни в чем не бывало. Таким образом, экспериментаторы могут составлять собственную “палеонтологическую летопись”, делать мгновенный снимок состояния эволюционного процесса в любой его точке. Представьте: если бы мы могли вернуть к жизни “Люси”, человеческого предка, чьи окаменелые остатки были найдены Дональдом Йохансоном, из глубокой заморозки и предоставить ей как представительнице своего вида возможность размножаться и эволюционировать! Именно это и сумел проделать с бактерией *Escherichia coli* Ричард Ленски и его коллеги из Мичиганского университета. В наши дни многие исследования по плечу только большому коллективу ученых. Когда я буду рассказывать, что “Ленски сделал то-то”, меня следует понимать так: “Ленски со своими сотрудниками и студентами”. Мы увидим, почему эксперименты Ленски так нервируют креационистов.

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.