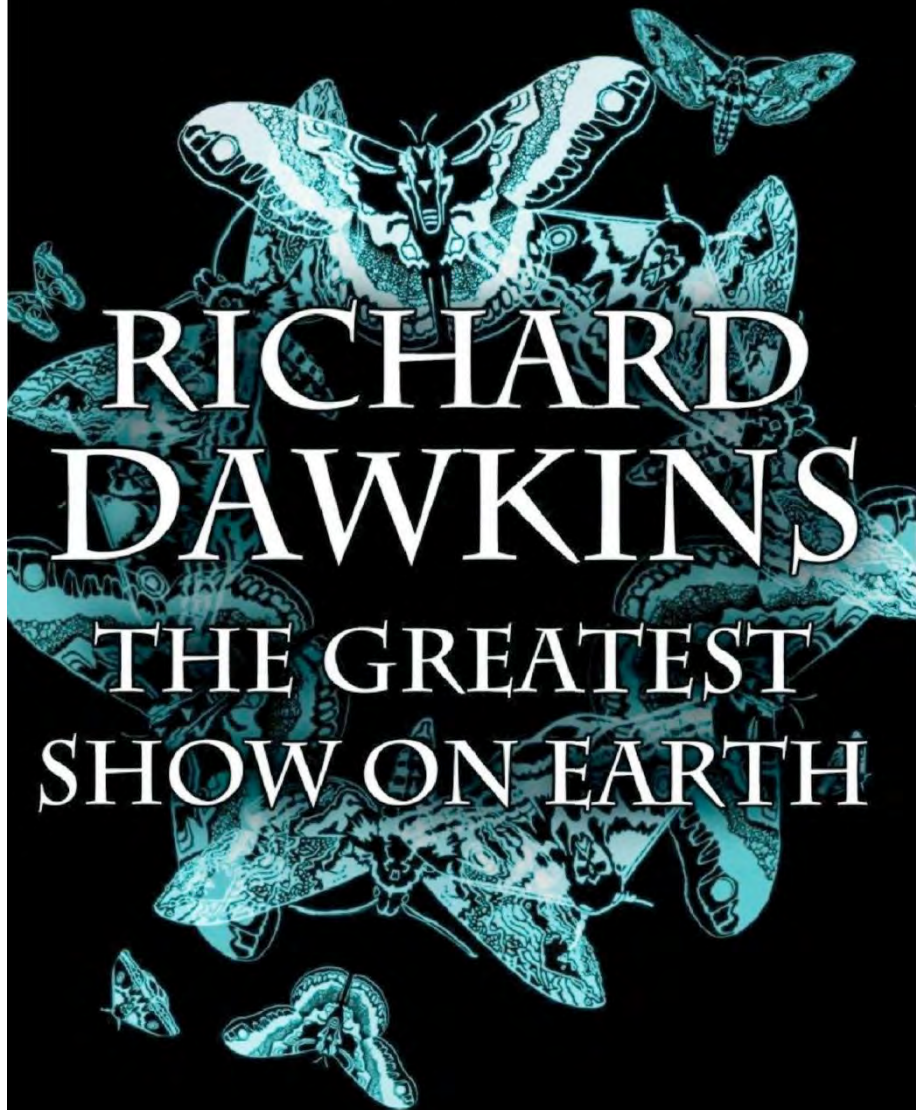


BESTSELLING AUTHOR OF
THE GOD DELUSION



RICHARD
DAWKINS
THE GREATEST
SHOW ON EARTH

THE EVIDENCE FOR EVOLUTION

Посвящается
Джошу Тимонену



FREE PRESS

Отделение Simon & Schuster, Inc.
1230 Avenue of the Americas
New York, NY 10020

2009. Все права принадлежат Ричарду Докинзу
Впервые опубликовано в Великобритании в 2009 году
издательством Bantam Press, напечатано Transworld Publishers

Все права защищены, включая право воспроизвести эту книгу или её
часть в любой форме. За информацией обращается в Отдел
вторичных авторских прав Free Press,
1230 Avenue of the Americas, New York, NY 10020

Первое Free Press издание книги в твердом переплете - сентябрь 2009

FREE PRESS и colophon - торговые марки Simon & Schuster, Inc.

Для получения информации о специальных скидках для оптовых
покупок, пожалуйста, свяжитесь с отделом продаж Simon & Schuster
по телефону 1-866-506-1949 или по e-mail

business@simonandschuster.com

Произведено в США

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

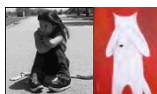
Контрольный номер в Библиотеке Конгресса: 2009025330

ISBN 978-1-4165-9478-9

ISBN 978-1-4165-9778-0 (ebook)

Величайшее Шоу на Земле Свидетельство Эволюции

Ричард Докинз



Irina73 & DrSerg1979
free release

Переведено <http://notabenoid.com/>



Переводчики:

[hasmik](#) (модератор), [Katrin_Garwin](#), [Irina73](#) (**главный**), [1000and1](#) (модератор), [KySh](#), [dikun](#), [katerisha](#) (модератор), [asmodaus](#), [IamCrazy](#) (модератор), [Betelgeuse_990](#) (модератор), [Tigr](#) (модератор), [Lisok](#) (модератор), [Torry](#) (модератор), [rom294](#) (модератор), [memento](#) (модератор), [hughjass](#) (модератор), [x4mer](#) (модератор), [lokidemon](#) (модератор), [morfeas](#) (модератор), [MrBoris](#) (модератор), [RiTm](#) (модератор), [tipopellet](#) (модератор), [whynotme](#) (модератор), [Yoshik](#) (модератор), [zaratushtra](#) (модератор), [Dawkinsian](#) (модератор), [Aland](#), [ingersol](#), [Alhimik](#), [scaldler](#), [Cayman](#), [cosinus](#) (модератор), [love_zgm](#), [Yogsotot](#)

Редактирование, вёрстка, оформление и релиз:

[DrSerg1979](#)

v1.0

ДЛЯ НЕКОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ!

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

- 1 • Только лишь теория?
- 2 • Собаки, коровы и капуста
- 3 • Примуловая дорога к макроэволюции
- 4 • Тишина и медленное время
- 5 • Прямо у нас на глазах
- 6 • Недостающее звено? Что значит "недостающее"?
- 7 • Отсутствующие особи? Больше не отсутствующие
- 8 • Вы сделали это в течение девяти месяцев сами
- 9 • Ковчег континентов
- 10 • Дерево родства
- 11 • История вписанная повсюду в нас
- 12 • Гонка вооружений и "Эволюционная Теодицея"
- 13 • Есть величие в этом взгляде на жизнь

ПРЕДИСЛОВИЕ

Свидетельства эволюции множатся с каждым днем и никогда не были столь сильны. В то же самое время, как это ни парадоксально, неосведомленная оппозиция также более сильна, чем я могу припомнить. Эта книга - моя личная подборка свидетельств того, что "теория" эволюции на самом деле факт, такой же неоспоримый факт, как любой в науке.

Это не первая книга, которую я написал об эволюции, и мне следует пояснить, что же в ней особенного. Она может быть описана как мое недостающее звено. "Эгоистичный Ген" и "Расширенный Фенотип" предложили незнакомое видение знакомой теории естественного отбора, но в них не обсуждались свидетельства самой эволюции. Следующие три моих книги, каждая по-своему, ставили перед целью определить и ликвидировать главные преграды к пониманию. Эти книги - "Слепой Часовщик", "Река из Эдема" и (моя самая любимая из трех) "Восхождение на Пик невероятности" - отвечали на вопросы типа: "Какая польза от половины глаза?" "Какая польза от половины крыла?" "Как естественный отбор может работать, учитывая, что большинство мутаций имеют отрицательные эффекты?" Однако, повторюсь, три эти книги, хотя и убрали камни преткновения, не представляли фактических свидетельств того, что эволюция является фактом. Моя самая большая книга, "Рассказ Предка", изложила полный курс истории жизни как своего рода Чосеровское паломничество в поисках предка, идущее назад во времени, но это снова предполагало, что эволюция истинна.

Оценивая сегодня те книги, я понял, что свидетельства самой эволюции нигде явно не изложены, и что это серьезное упущение, которое я должен был заполнить. 2009 год показался мне удачным моментом, приходящимся на 200-летие рождения Дарвина и 150-

летие "Происхождения видов". Не удивительно, что та же самая мысль пришла в голову другим, и год увидел несколько превосходных произведений, в первую очередь "Почему эволюция истинна" Джерри Койна. Мой очень благосклонный обзор его книги в Литературном приложении "Таймс" воспроизведен в <http://richarddawkins.net/article,35> 94, "Heat-the-Horne", Ричард Докинз.

Рабочее название, под которым мой литературный агент, дальновидный и неутомимый Джон Брокман, предложил мою книгу издателям, было "Всега лишь теория". Позже оказалось, что Кеннет Миллер уже застолбил это название для своего ответа в книжном формате на одно из тех замечательных судебных разбирательств, в которых иногда решается судьба научных программ (разбирательство, в котором он сыграл героическую роль). В любом случае, я всегда сомневался в том, что это название подходит для моей книги, и уже готов был отложить этот вопрос, когда обнаружил, что превосходное название все это время таилось рядом. Несколько лет назад анонимный доброжелатель прислал мне футболку с нанесенным слоганом в стиле цирка Барнума: "Эволюция, Величайшее Шоу на Земле, Единственное Представление в Городе". Время от времени я надевал эту футболку на лекции под таким названием, и внезапно я понял, что это идеальное заглавие для книги, пусть даже в полном объеме оно слишком длинное. Я укоротил его до "Величайшего Шоу на Земле". "Всега лишь Теория", с вопросительным знаком предосторожности, чтобы принять меры против креационистского коверканья цитат, прекрасно подошло бы как заголовок к Главе 1.

Мне различными способами помогало много людей, включая Майкла Юджина, Ричарда Ленского, Джорджа Остера, Кэролайн Понд, Анри Д.Грисино-Майера, Джонатана Ходжкина, Мэтта Ридли, Питера Холлэнда, Уолтера Джойса, Яна Вонга, Уилла Аткинсона, Лата Менона, Кристофера Грэма, Паулу Кирби, Лайзу Бауэр, Оуэна Селли,

Виктора Флинна, Карэн Оуэнс, Джона Эндлера, Иэна Дуглас-Гамильтона, Шейлу Ли, Бога Фила, Кристин Деблэз и Рэнда Рассела. Салли Гэминара и Хилари Редмон, и их команды (соответственно) в Великобритании и Америке проявили чудеса поддержки и предприимчивости. Трижды, в то время как книга проходила заключительные этапы подготовки, о захватывающих новых открытиях сообщали в научной литературе. Каждый раз я застенчиво спрашивал, могут ли быть нарушены методичные и сложные процедуры публикации, дабы встроить эту новую находку. Во всех трех случаях, остановленные в шаге от финальных фанфар Салли и Хилари не только не ворчали (что следовало ожидать от любого нормального издателя), а наоборот приветствовали мои предложения с неподдельным энтузиазмом, сворачивая горы для их осуществления. Такой же энергичной и полезной была Джиллиан Сомерскэйлс, которая редактировала и выверяла книгу с грамотной смыслённостью и чувствительностью.

Моя жена Лалла Уорд вновь поддерживала меня неизменным поощрением, полезными критическими замечаниями по стилистике и характерными элегантными предложениями. Я задумал и начал писать книгу в мои последние месяцы в профессуре, носящей имя Чарльза Симони, и закончил ее уже после моей отставки. После ухода с поста профессора Симони, прошедших четырнадцати лет и написанных семи книг после памятной первой встречи, я хотел бы еще раз выразить мою глубокую признательность Чарльзу. Лалла присоединяется ко мне в надежде, что наша дружба будет продолжаться и дальше.

Эта книга посвящена Джошу Тимонену, с благодарностью к нему и малочисленной и преданной группе, которая первоначально работала с ним, чтобы создать RichardDawkins.net. Сеть знает Джоша как вдохновленного дизайнера сайта, но это только верхушка удивительного айсберга. Творческий талант Джоша залегает глубоко, но образ айсберга не вмещает ни универсальной широты его вклада в

наши совместные усилия, ни теплого хорошего настроения, с которым он это делает.

ГЛАВА 1 ТОЛЬКО ЛИШЬ ТЕОРИЯ?

ПРЕДСТАВЬТЕ, что вы преподаватель Римской истории и Латинского языка, стремящийся передать свою увлеченность древним миром - элегиями Овидия и одами Горация, ораторским мастерством Цицерона, стратегическими находками полководцев пунических войн, талантом руководителя Юлия Цезаря и неумеренной роскошью позднейших императоров. Это большое дело, и оно требует времени, концентрации, самоотверженности. И вот вы обнаруживаете, что ваше время беспрестанно расхищается, а внимание вашего класса отвлекается сворой кидającychся с лаем игнорамусов [лат. *ignogamus* - невежда] (как латинист вы бы сказали *ignogami*), которые при серьезной политической и особенно финансовой поддержке без устали суетятся, пытаясь убедить ваших несчастных учеников, что римляне никогда не существовали. Что Римской империи никогда не было. Что весь мир появился на свет только на памяти живущих. Испанский, итальянский, французский, португальский, каталонский, окситанский, ретророманский: все эти языки и их диалекты возникли спонтанно и отдельно, и у них нет общего языка-предшественника, такого как латинской. Вместо того, чтобы полностью посвятить себя благородному занятию исследователя и учителя классики, вы вынуждены тратить свое время и энергию на защиту тылов тезиса о самом существовании римлян: защиту от проявления невежественных предубеждений, которая бы заставила вас рыдать, если бы вы не были слишком заняты борьбой с ней.

Если мои фантазии о преподавателе латыни выглядят слишком буйными, есть более реалистичные примеры. Представьте, что вы учитель более современной истории, и ваши уроки по Европе 20 века бойкотируются, прерываются агрессивными репликами или даже срываются хорошо организованными, хорошо финансируемыми и

политически крепкими группами, не признающими Холокост. В отличие от моих гипотетических отрицателей Рима, отрицатели Холокоста существуют на самом деле. Они красноречивы, внешне правдоподобны и умеют казаться учеными. Их поддерживает президент, по крайней мере, одного в настоящее время сильного государства, и среди них есть по крайней мере один епископ Римско-католической церкви. Представьте себе, что, как преподаватель европейской истории, вы непрерывно сталкиваетесь с воинственными требованиями "преподавать противоречия", и дать "равное время" "альтернативной теории", что не было Холокоста, что он был придуман кучкой сионистских фабрикантов. Тут в разговор вступают сторонники толерантности, утверждая, что не существует абсолютной истины: был ли холокост или не был - это дело личных убеждений; все точки зрения одинаково справедливы и должны одинаково "уважаться".

Положение многих преподавателей естественных наук сейчас не менее тяжелое. Когда они пытаются излагать центральные и направляющие принципы биологии, когда они честно помещают живой мир в исторический контекст, который подразумевает эволюцию; когда они рассматривают и объясняют природу самой жизни, они подвергаются нападениям и блокируются, натываются на преграды и угрозы, даже угрозу потери работы. И уж как минимум, на каждом шагу им приходится зря тратить время. Как правило, они получают письма с угрозами от родителей, ловят саркастические усмешки детей с промытыми мозгами, которые смотрят на них с пренебрежением. Им поставляют утвержденные государственные учебники, в которых слово "эволюция" систематически вычеркивается или заменяется эвфемизмом "изменения с течением времени". Когда-то мы готовы были посмеяться над этим подходом, как над особым американским феноменом. Теперь учителя Британии и Европы сталкиваются с теми же проблемами, частично из-за веяний, доносящихся из Америки, но в большей мере из-за растущего присутствия в классах мусульман - и это поддерживается

официальной политикой "многокультурности" и страхом прослыть расистом.

Часто, и справедливо говорится, что высшее духовенство и теологи не видят проблемы в эволюции, и во многих случаях активно поддерживают в этом отношении ученых. Зачастую так и происходит, как мне известно, из приятного опыта сотрудничества с епископом Оксфордским, ныне лордом Харрисом, в двух разных случаях. В 2004 году мы написали совместную статью в Санди Таймс, которая завершилась словами: "В наши дни нет повода для споров. Эволюция - это факт, и с точки зрения христианства, это одно из величайших деяний Бога". Последняя фраза была написана Ричардом Харрисом, но по остальному содержанию статьи у нас не возникло разногласий. Двумя годами ранее мы с епископом Харрисом выступили инициаторами совместного письма к премьер-министру Тони Блэру, которое гласило следующее:

Уважаемый Премьер-Министр!

Мы, группа ученых и епископов, обращаемся к Вам, чтобы выразить наше отношение к преподаванию наук в городском технологическом колледже Эммануель в Гейтсхэде.

Эволюция - это научная теория огромной силы, способная объяснить широкий спектр явлений в различных дисциплинах. Она может уточняться, подтверждаться и даже полностью изменяться с появлением новых доказательств. Она не является, как считают представители колледжа, "вопросом веры", каковым является библейский рассказ о сотворении, который имеет совершенно другую функцию и цель.

Проблема гораздо глубже чем то, что именно в настоящее время преподается в одном университете.

Растет беспокойство по поводу того, что будет преподаваться и как оно будет преподаваться в новом поколении предлагаемых религиозных школ. Мы полагаем, что учебные программы в таких школах, так же как и в Городском Технологическом Колледже Эммануэля, необходимо строго контролировать, чтобы соответствующие дисциплины науки и религиоведения должным образом уважались.

Искренне ваши:

Его преосвященство Ричард Хэррис, Епископ Оксфорда; Сэр Дэвид Аттенборо; Его преосвященство Кристофер Герберт, Епископ Сент-Олбанса; Лорд Оксфорда Мэй, Президент Королевского Общества; Профессор Джон Эндерби, секретарь Королевского Общества по физике; Его преосвященство Джон Оливер, Епископ Херефорда; Его преосвященство Марк Сантер, Епископ Бирмингема; Нил Чалмерс, Директор Музея Естественной Истории; Его преосвященство Томас Батлер, Епископ Саутворка; Сэр Мартин Рис, Королевский Астроном; Его преосвященство Кеннет Стивенсон, Епископ Портсмута; Профессор Патрик Бэйтсон, секретарь королевского общества по биологии; Его преосвященство Кристиан Холлис, римско-католический Епископ Портсмута; Сэр Ричард Соузвуд; Сэр Фрэнсис Грэхам-Смит, бывший секретарь Королевского общества; Профессор Ричард Докинс.

Епископ Хэррис и я подготовили это письмо в спешке. Насколько я помню, подписавшиеся под письмом составили 100 процентов от тех, к кому мы обращались. Не было никаких возражений ни от ученых, ни от епископов.

Архиепископ Кентерберийский не имеет никаких проблем с эволюцией, и Папа Римский (не беря во внимание колебания по точному палеонтологическому моменту введения в человека души), а также образованные священники и профессора богословия. Эта книга о реальных доказательствах того, что эволюция является фактом. Она не предназначена в качестве антирелигиозной книги. Я уже сделал это, а это - другая футболка, и это не место, чтобы носить ее снова. Епископы и богословы, которые проявили внимание к доказательствам эволюции, отказались от борьбы с этим. Некоторые, вероятно, сделали это неохотно, некоторые, такие как Ричард Харрис, с энтузиазмом, но все, за исключением крайне неосведомленных, вынуждены признать факт эволюции. Они могут думать, что Бог приложил руку при запуске процесса, и возможно не оставил своей руки в руководстве над ее дальнейшим прогрессом. Они, вероятно, думают, что в первую очередь, Бог завел вселенную и праздновал ее рождение с гармоничным набором законов и физических констант, вычисленных, чтобы выполнить некоторую непостижимую цель, в которой мы должны были, в конечном счете, играть роль. Но, в некоторых случаях - скрепя сердце, в других - с удовольствием, разумные и вдумчивые члены церкви, мужчины и женщины, принимают очевидность эволюции.

Но из того, что образованное духовенство и епископы принимают эволюцию, не следует, что так же поступают все общины, которыми они руководят. Увы, как описано в Дополнении, имеется достаточно данных социологических опросов, которые говорят об обратном. Более 40 процентов американцев, отрицают, что люди эволюционировали из других животных, и думают, что мы, и, как следствие, все живое, были созданы Богом в течение последних 10000 лет. Этот процент не так высок в Великобритании, но он все же, достаточно большой, чтобы вызывать тревогу. И это должно столь же волновать церковь, как и ученых. Эта книга необходима. Я буду использовать термин "Отрицатели истории" для тех людей, которые отрицают эволюцию: кто верит, что возраст мира измеряется

в тысячах лет, а не тысячами миллионов лет, и которые верят, что люди прогуливались с динозаврами. Повторюсь, они составляют более чем 40 процентов американского населения. Аналогичный показатель выше в некоторых странах, ниже в других, но 40 процентов хорошее среднее число, и я буду время от времени именовать отрицателей истории "40-процентщиками".

Возвращаясь к просвещенным епископам и богословам, было бы хорошо, если бы они прилагали немного больше усилий в борьбе с антинаучной ерундой, о которой они сожалеют. Слишком много проповедников, согласившись с тем, что эволюция истинна и Адама и Евы никогда не существовало, затем беспечно идут на кафедру и читают в своих проповедях различные моральные или богословские высказывания об Адаме и Еве, ни разу не упомянув, что, конечно, Адама и Евы никогда не существовало! Если спросить об этом, они возразят, что эта история имеет только символический смысл, вероятно, как-то связанный с "первородным грехом" и добродетелью непорочности. Они могут добавить свысока, что, очевидно, никто не будет настолько глуп, чтобы принимать их слова буквально. Но знают ли это их общины? Откуда человек на церковной скамье, или на молитвенном коврике, должен знать, какие части священного писания понимать буквально, а какие символически? Так ли уж легко простому прихожанину церкви догадаться об этом? Очень часто это очень трудно, и всякому простительно, если он почувствует, что запутался во всем этом. Если вы мне не верите, посмотрите в приложение.



“Я все еще говорю, что это - только теория.”

Подумайте об этом, епископ. Будьте осторожны, священник. Вы играете с огнем, дразня неправильное понимание, которое ждет случая, - можно даже сказать, почти неизбежно произойдет, если его не упредить. Не должны ли вы проявить большую осторожность, говоря публично, чтобы ваше да было Да, а ваше нет было Нет? Дабы вам не подвергнуться осуждению, разве не должны вы стараться изо всех сил возражать этому уже очень широко распространенному непониманию и оказывать активную и энергичную поддержку ученым и учителям естественных наук?

Отрицатели истории среди тех, к кому я пытаюсь дотянуться в этой книге. Но возможно, что еще более важно, я стремлюсь вооружить тех, кто не отрицает историю, но знает некоторых - возможно, членов их собственной семьи или церкви - и оказываются недостаточно подготовленными, чтобы спорить об этом.

Эволюция это факт. Это бесспорно, без серьезных сомнений, без здорового, информированного, разумного сомнения эволюция - это факт. Свидетельства эволюции, по крайней мере, столь же убедительны, как свидетельства о холокосте, даже если есть живые свидетели холокоста. Это простая истина, что мы кузены шимпанзе,

чуть более отдаленные кузены обезьян, еще более дальние кузены морской коровы и трубказуба, еще более дальние кузены бананов и репы... продолжайте этот список сколь угодно долго. Это не обязательно было быть так. Это не самоочевидно, не само собой разумеется, и было время, когда большинство людей, даже образованных, думали, что это не так. Это не обязательно было быть так, но это так. Мы знаем это, потому что растущий поток доказательств подтверждает это. Эволюция - это факт, и эта книга продемонстрирует это. Ни один уважаемый ученый не спорит с этим, и ни один непредубежденный читатель не закроет книгу, сомневаясь в этом.

Но почему тогда мы говорим о "дарвиновской теории эволюции", Кажется, тем самым мы даем ложную надежду креационистам - отрицателям истории, 40%-ным, которые думают, что слово "теория" означает уступку, даря им тем самым победу?

ЧТО ТАКОЕ ТЕОРИЯ? ЧТО ТАКОЕ ФАКТ?

Всего лишь теория? Давайте посмотрим, что значит "теория"? Оксфордский словарь английского языка дает два толкования слова "теория" (на самом деле больше, но здесь имеют значение эти два).

Теория (Смысл 1): Схема или система идей или утверждений, являющихся объяснением группы фактов или явлений; гипотеза, которая подтверждена наблюдениями и экспериментами, и принята как объяснение известных фактов; утверждение, которое считается утверждением об общих законах, принципах или причинах чего-то известного или наблюдаемого.

Теория (Смысл 2): Гипотеза, любое умозаключение, предлагаемое для объяснения; простая гипотеза,

спекуляция, догадка; идея или совокупность идей; индивидуальная точка зрения.

Очевидно, что эти два значения совершенно различны. Вкратце, если меня спросите насчет теории эволюции, ученые о ней говорят в первом смысле, а креационисты - во втором, возможно искренне, а возможно, они лукавят. Хороший пример первого смысла - гелиоцентрическая теория солнечной системы, теория, что Земля и другие планеты обращаются вокруг Солнца. Эволюция идеально соответствует первому смыслу слова. Теория эволюции Дарвина - действительно "схема или система идей". Она объясняет большую "группу фактов или явлений". Это гипотеза, которая "подтверждена наблюдением и экспериментом" и, по информированному согласию, является "утверждением об общих законах, принципах или причинах чего-то известного или наблюдаемого". Она определенно очень далека от "простой гипотезы, спекуляции, догадки". Ученые и креационисты понимают слово "теория" в двух различных смыслах. Эволюция - такая же теория, как и гелиоцентризм. Ни в том ни в другом случае слово "только" не может быть применено, как в "только лишь теория".

Что касается утверждения, что эволюция никогда не была "доказана", то доказательство - это понятие, к которому ученые научены относиться с опаской. Влиятельные философы говорят нам, что мы ничего не можем доказать в науке. Математики могут что-то доказать, согласно строгому взгляду, они - единственные кто это может, а наибольшее, что могут ученые, это не смочь опровергнуть теорию, указав как тщательно они пытались это сделать. Даже неоспоримая теория о том, что Луна меньше Солнца, к радости некоторых философов, не может быть доказана математически так, как доказана, например, теорема Пифагора. Но массовые нарастания свидетельств поддерживают ее настолько сильно, что, лишение ее статуса "факта" кажется смешным для всех, кроме педантов. То же самое верно и для эволюции. Эволюция - точно такой же факт, как и

то, что Париж находится в Северном полушарии. "Хоть миром правят педанты", некоторые теории находятся вне всяких разумных сомнений, и мы называем их фактами. Чем энергичней и тщательней вы пытаетесь опровергнуть теорию, если она выдержит осаду, тем более она приближается к тому, что здравый смысл охотно называет фактом.

Я мог бы продолжить использовать термины "Смысл теории 1" и "Смысл Теории 2", но числа не запоминаемы. Я нуждаюсь в словах-заменителях. У нас уже есть хорошая замена "теории во втором смысле". Это слово "гипотеза". Все понимают, что гипотеза - предположение, ждущее подтверждения (или опровержения), но этот предполагаемый характер эволюции теперь уже устранен, хотя во времена Дарвина он существовал. С "Теорией в 1-ом смысле" сложнее. Лучше просто продолжать использовать "теория", как если бы "второго смысла" не существовало. Действительно, было бы неплохо если бы Смысла 2 не существовало вообще, так как он запутывает и не нужен, учитывая, что мы имеем слово "гипотеза". К сожалению, второй смысл слова общеупотребим, и мы не можем декретом его отменить. Я поэтому собираюсь воспользоваться значительной, но заслуживающее прощения, свободой и позаимствовать из математики слово "теорема" для Смысла 1. Это - фактически неправильное заимствование, как мы увидим, но я думаю, что выгоды перевешивают риск возникновения путаницы. В качестве жеста умиротворения в адрес оскорбленных математиков, я собираюсь изменить написание на "теорума". Для начала, позвольте мне объяснить строго математическое использование теоремы, и в то же время уточнить мое предыдущее заявление, что, строго говоря, только математикам позволено доказать что-либо (адвокаты не могут, несмотря на хорошо оплачиваемые притязания).

Для математика доказательство - это логический вывод того, что заключение теоремы неизбежно следует из принятых аксиом. Теорема Пифагора верна, если мы принимаем в качестве основы

аксиомы Евклида, одна из которых утверждает, что параллельные прямые не пересекаются. Вы будете напрасно терять время, проверяя тысячи прямоугольных треугольников, чтобы найти тот, который опровергнет теорему Пифагора. Пифагор доказал ее, каждый может проверить доказательство, она просто истинна и с этим ничего не сделаешь. Математики используют идею доказательства для различения между "догадкой" и "теоремой", что внешне напоминает различия ОАС между двумя смыслами слова "теория". Догадка - это правдоподобное предположение, которое еще не доказано. Когда она будет доказана, то превратится в теорему. Известный пример - догадка Гольдбаха, которая утверждает, что любое четное число можно представить как сумму двух простых. Математики проверили все четные числа вплоть до 300 тысяч миллионов миллионов миллионов, и согласно здравому смыслу - догадка Гольдбаха является фактом. Тем не менее это утверждение не доказано, несмотря на щедрые призы, которые предлагают за доказательство, и его отказываются возводить на пьедестал, предназначенный для теорем. Если кто-нибудь когда-нибудь найдет доказательство, она получит повышение до теоремы Гольдбаха, или теоремы X, где X - умница-математик, доказавший ее.

Карл Саган с сарказмом использовал Догадку Гольдбаха, отвечая людям, которые утверждают, что были похищены инопланетянами.

Иногда я получаю письмо от кого-то, кто находится "в контакте" с инопланетянами. Меня приглашали, чтобы "спросить их, о чем-нибудь". С течением времени я приготовил для них вопросник. Помните, инопланетяне очень развиты. Поэтому я прошу их дать короткое доказательство Последней теоремы Ферма. Или догадки Гольдбаха... Ответа я никогда не получал. С другой стороны, когда я спрашивал "Должны ли мы быть добрыми?", то всегда получал ответ. Эти пришельцы всегда были рады ответить на любой расплывчатый

вопрос, особенно о традиционной морали. Но ни на один конкретный, где есть возможность выяснить, знают ли они на самом деле что-нибудь вне того, что знает большинство людей, только молчание.

Великая теорема Ферма, как и догадка Гольдбаха - это предположение относительно чисел, исключение из которого никто не нашел. Для математиков ее доказательство было святым Граалем с 1637 года, когда Пьер Ферма написал на полях сочинения Диофанта: "Я нашел этому поистине чудесное доказательство, но поля книги слишком узки для него". Ее, наконец, доказал английский математик Эндрю Уайлс в 1995. До того математики считали ее предположением. Принимая во внимание всю сложность доказательства Уайлса, и использование продвинутых методов и знаний математики двадцатого века, многие математики думают, что Ферма (искренне) ошибался, когда написал, что смог доказать ее. Я рассказываю историю только, чтобы проиллюстрировать различие между гипотезой и теоремой.

Как я уже говорил, я собираюсь заимствовать термин математиков "теорема", но я произношу "теорума", чтобы отличить его от математической теоремы. Научные теоремы, такие, как эволюция или гелиоцентризм, являются теориями, которые соответствуют в Оксфордском словаре "Смыслу 1".

[Это] было подтверждено или установлено наблюдением или экспериментом, и представлено или принято как объяснение известных фактов; [это] заявление того, что, как считается, является общими законами, принципами, или причинами чего-то известного или наблюдаемого.

Научная теорема не была - не может быть - доказана в том смысле, в котором доказывается математическая теорема. Но здравый смысл воспринимает это как факт, в том же смысле, как "Теория" что Земля

круглая, а не плоская, является фактом, и теория, что зеленые растения получают энергию от Солнца, является фактом. Все научные теоремы: подтверждаются огромными количествами доказательств, принимаемыми всеми информированными наблюдателями, бесспорными фактами в обычном смысле этого слова. Как со всеми фактами, если мы собираемся быть педантичными, бесспорно возможно, что наши измерительные приборы и органы восприятия, которыми мы считываем с них, являются жертвами массового обмана. Как сказал Бертран Рассел: "Мы, возможно, все появились пять минут назад, обеспеченные готовыми воспоминаниями, с дырами в наших носках и волосами, которые нуждаются в стрижке". При доступных сейчас свидетельствах, чтобы эволюция не была фактом, потребовалось бы от Творца такое мошенничество, в какое немногие теисты захотели бы поверить.

Пришло время исследовать словарное определение "факт". Вот то, что говорит Оксфордский словарь (опять же существует несколько определений, но это - соответствующее):

Факт: Нечто, что действительно произошло или фактически имеет место; что-то, наверняка известное, чтобы иметь такой характер; следовательно, частная истина, известная благодаря фактическому наблюдению или заслуживающему доверия свидетельству, в противоположность тому, что лишь выведено умозаключением, или гипотеза или выдумка; данные опыта, в отличие от выводов, которые могут на нем основываться.

Заметьте, что, как и у теоремы, у факта в этом смысле нет того строгого статуса доказанной математической теоремы, которая неизбежно следует из ряда принятых аксиом. Кроме того "фактическое наблюдение или заслуживающее доверия

свидетельство" могут быть ужасно склонными ошибаться, и переоценены в судах, действующих по нормам общего права. Психологические эксперименты дали нам некоторые ошеломляющие демонстрации, которые должны беспокоить любого юриста, склонного придавать больший вес свидетельствам "очевидцев". Известный пример был подготовлен профессором Даниэлем Дж.Симонсом в Университете Иллинойса. Полдюжины молодых людей, стоящих в кругу, были засняты в течение 25 секунд перекидыванием друг другу пары баскетбольных мячей, а мы, участники эксперимента, смотрим фильм. Игроки хаотично движутся в кругу и меняются местами, они делают передачи и заставляют мячи отскакивать, таким образом, сцена довольно интенсивно усложняется. Перед показом фильма, нам говорят, что перед нами стоит задача проверить наши возможности наблюдения. Мы должны подсчитать общее число передач мяча от человека к человеку. В конце теста количество бросков записывается, но аудитория не знает, что это не реальный тест!

После показа фильма и сбора данных, экспериментатор сбрасывает свою бомбу. "И сколько из Вас видело гориллу?" Большинство аудитории выглядит сбитым с толку: пауза. Экспериментатор тогда перематывает фильм, но на сей раз говорит аудитории расслаблено посмотреть, не пытаясь посчитать что-либо. Удивительно, но девять секунд в фильме, человек в костюме гориллы небрежно прогуливается к центру круга игроков, делает паузу, чтобы постоять перед камерой, бьет кулаком в грудь как будто в воинственном презрении к свидетельствам очевидца, и затем уходит прочь с той же самой беззаботностью как прежде (см. цвет стр. 8). Он находится там на всеобщем обозрении в течение целых девяти секунд - больше чем одной трети фильма - и все же большинство очевидцев вовсе его не видят. Они дали бы клятву в суде, действующем по нормам общего права, что ни один человек в костюме гориллы не присутствовал, и они поклянутся, что они наблюдали с более, чем обычно, острой концентрацией в течение целых 25 секунд, именно потому, что они

считали передачи мяча. Многие эксперименты в этом направлении были выполнены, с аналогичными результатами, а также с аналогичными реакциями ошеломленного недоверия, когда аудитории наконец открывают правду. Показание свидетеля, "фактическое наблюдение", "данные опыта" - всё является - или, по крайней мере, может быть - совершенно ненадежным. Это, конечно, именно та ненадежность среди наблюдателей, которая используется фокусниками на сцене с их техникой преднамеренного отвлечения внимания.

Словарное определение факта упоминает "фактические наблюдения или заслуживающее доверия свидетельство, в отличие от того, что лишь выведено умозаключением" (курсив наш). Подразумеваемое уничижительное слово "лишь" - несколько дерзко. Тщательный вывод может быть более надежным, чем "фактическое наблюдение", однако сильно наше интуитивное сопротивление против признания этого. Я сам был поражен, когда мне не удалось увидеть гориллу Симонса, и, честно говоря, невероятно то, что она была там на самом деле. Более печальный и более мудрый после моего второго просмотра фильма, я никогда не поддаюсь желанию автоматически отдавать свидетельским показаниям большее предпочтение, чем косвенному научному выводу. Фильм о горилле, или что-нибудь подобное, надо показывать всем присяжным перед тем, как они удалятся для вынесения вердикта. И всем судьям.

Следует признать, что вывод, в конечном счете, должен быть основан на наблюдении нашими органами чувств. Например, мы используем свои глаза, чтобы наблюдать распечатку машины секвенирования ДНК, или Большого Адронного Коллайдера. Но - вопреки интуиции - непосредственное наблюдение предполагаемого события (такого как убийство), как это происходит фактически, не обязательно более надежно, чем косвенное наблюдение его последствий (таких как ДНК в пятне крови), пропущенное через тщательно продуманный механизм умозаключения. Ошибочное опознание чаще является

результатом прямого свидетельства очевидца, чем косвенных выводов, полученных на основании свидетельств ДНК. И, между прочим, есть мучительно длинный список людей, которые были ошибочно признаны виновными на основании показаний очевидцев и впоследствии освобождены - иногда после многих лет - из-за новых свидетельств, основанных на ДНК. В одном только Техасе реабилитировали тридцать пять осужденных, как только доказательства ДНК стали принимать в судах. И это - только те, кто все еще жив. Учитывая удовольствие, с которым Техас проводит в жизнь смертную казнь (в течение шести лет когда губернаторствовал Джордж Буш он в среднем подписывал смертный приговор раз в две недели), мы должны предположить, что значительное число казненных людей были бы оправданы, если бы образцы ДНК были доступны в их время.

Эта книга будет серьезно относиться к умозаключению, не простому умозаключению, а надлежащему научному выводу - и я покажу неоспоримую силу вывода, что эволюция является фактом. Очевидно, что подавляющее большинство эволюционных изменений является невидимым для прямого наблюдения очевидца. Большинство из них произошло прежде, чем мы родились, и в любом случае, как правило, слишком медленно, чтобы увидеть при жизни одного человека. То же самое верно для неустанного дрейфа Африки и Южной Америки, который происходит, как мы увидим в Главе 9, слишком медленно для нас, чтобы его заметить. С эволюцией, как с дрейфом континентов, вывод после события это все, что имеется у нас, по той очевидной причине, что мы тогда не существовали. Но ни на одну наносекунду не позволяйте себе недооценивать силу такого вывода. Медленное отдаление друг от друга Южной Америки и Африки в настоящее время является установленным фактом в обычном языковом смысле слова "факт", и таким же фактом является общий предок с дикобразами и гранатовыми деревьями.

Мы, как детективы, которые приходят на место происшествия после совершения преступления. Действия убийцы исчезли в прошлом. У детектива нет никакой надежды на наблюдение фактического преступления своими собственными глазами. В любом случае, эксперимент с костюмом гориллы и другие подобного рода научили нас не доверять нашим собственным глазам. Что действительно имеет детектив - это оставшиеся следы, и есть достаточно оснований им доверять. Имеются следы, отпечатки пальцев (и в настоящее время также "отпечатки пальцев" ДНК), пятна крови, письма, дневники. Мир таков, каким должен был быть, если такая-то и такая-то история, но не эдакая и эдакая история, ведут к современности.

Различие между двумя словарными значениями "теории" не является непреодолимой пропастью, как показывают многие исторические примеры. В истории науки теоремы часто зарождаются как "простые" гипотезы. Как теория дрейфа континентов, идея может даже начать свою карьеру замаранной насмешками, прежде чем продвинуться болезненными шагами до статуса теоремы или бесспорного факта. Это не сложный вопрос философии. Тот факт, что некоторые широко распространенные убеждения прошлого были окончательно признаны ошибочными, не означает, что мы должны бояться, что будущие доказательства будут всегда показывать ошибочность наших настоящих убеждений. Насколько уязвимы наши нынешние убеждения, зависит, среди прочего, от того, насколько сильны их доказательства. Люди привыкли думать, что Солнце меньше Земли, потому что у них были ненадлежащие свидетельства. Теперь у нас есть свидетельства, которые ранее были недоступны, убедительно доказывающие, что оно намного больше, и мы можем быть полностью уверены в том, что эти данные никогда, никогда не изменятся. Это не временная гипотеза, которая к настоящему времени пережила стадию опровержения. Наши нынешние представления о многих вещах могут быть опровергнуты, но мы можем с полной уверенностью составить список определенных

фактов, которые никогда не будут опровергнуты. Эволюционная и гелиоцентрическая теории не всегда были среди них, но сейчас - да.

Биологи часто делают различия между фактом эволюции (все живые существа являются родственниками), и теорией о том, что движет этим (они обычно имеют в виду естественный отбор, и они могут противопоставить его конкурирующим теориям, такими как теория Ламарка об "использовании и неиспользовании" и "наследовании приобретенных признаков"). Но сам Дарвин думал об обеих теориях как о предварительных, гипотетических, в предположительном смысле. Так было потому, что в те дни, имеющиеся свидетельства были менее убедительными, и для уважаемых ученых было все еще возможным оспаривать и эволюцию, и естественный отбор. Сегодня уже невозможно оспаривать факт самой эволюции - она окончательно стала теоремой или явно подтвержденным фактом, - но все еще может (едва-едва) быть подвергнуто сомнению, что естественный отбор является главной движущей силой.

Дарвин объяснил в своей автобиографии, как в 1838 году он читал Мальтуса "О народонаселении" "для развлечения" (под влиянием, как подозревает Мэтт Ридли, страшно умного друга своего брата Эразма, Харриет Мартино) и был озарен в отношении естественного отбора: "Вот, тогда я, наконец, получил теорию, над которой можно работать." Для Дарвина естественный отбор был гипотезой, которая могла быть, а могла и не быть правильной. Он думал то же самое о самой эволюции. То, что мы теперь называем фактом эволюции, было в 1838 гипотезой, для которой должны были быть собраны свидетельства. Когда Дарвин подошел к публикации "Происхождения видов" в 1859 году, он собрал достаточно свидетельств, чтобы продвинуть саму эволюцию, но еще не естественный отбор, к статусу факта. Действительно, именно подъем от гипотезы к факту занял у Дарвина большую часть его великой книги. Это восхождение продолжается до сих пор, сегодня уже нет сомнений у любого серьезного ума, и ученые говорят, по крайней

мере неофициально, о факте, эволюции. Все серьезные биологи соглашаются с тем, что естественный отбор - одна из самых важных движущих сил эволюции, хотя, как, настаивают некоторые биологи, сильнее, чем другие, не единственная. Даже если она не единственная, я еще не встретил серьезного биолога, который бы указал на альтернативу естественному отбору как движущей силе адаптивной эволюции - эволюции в направлении позитивного улучшения.

В остальной части этой книги я продемонстрирую, что эволюция является неизбежным фактом, и отмечу ее удивительную силу, простоту и красоту. Эволюция находится внутри нас, вокруг нас, между нами, и ее работа вложена в скалы минувшей вечности. Учитывая, что в большинстве случаев, мы не живем достаточно долго, чтобы наблюдать эволюцию, происходящую на наших глазах, мы вернемся к метафоре детектива, приходящего на место преступления после события, и делающего выводы. Улики, которые приводят ученых к выводу о факте эволюции, являются намного более многочисленными, более убедительными, более неопровержимыми, чем все показания свидетелей, которые когда-либо использовались, в каком-либо суде, в любом столетии, чтобы признать вину в любом преступлении. Доказательство вне всяких разумных сомнений? Разумное сомнение? Это сдержанное высказывание всех времен.

ГЛАВА 2 СОБАКИ, КОРОВЫ И КАПУСТА

Почему пришлось так долго ждать появления на сцене Дарвина? Что задержало человечество в понимании простой яркой идеи, которая кажется, на первый взгляд, намного легче для понимания, чем математические идеи, данные нам Ньютоном двумя столетиями раньше, - или, даже, Архимедом двумя тысячелетиями раньше? Было предложено много ответов. Возможно, умы были запуганы огромным временем, которое требуется, чтобы произошло большое изменение, - разница между огромной длительностью геологических эпох и коротким сроком жизни человека, пытающегося понять ее. Возможно, тем что нас сдерживало, была религиозная идеологическая обработка. Или, возможно, это была пугающая сложность живого органа, такого как глаз, нагруженный его притягательной иллюзией мастерского инженерного дизайна. Вероятно, все это сыграло свою роль. Но Эрнст Майр, корифей неodarвинистского синтеза [синтетической теории эволюции], который умер в 2005 году в столетнем возрасте, неоднократно высказывал другое подозрение. Для Майера виновником была древняя философская доктрина - с данным ему современным названием - эссенциализм. Открытие эволюции было сдержано мертвой рукой Платона.

МЕРТВАЯ РУКА ПЛАТОНА

Для Платона "действительность", которую мы думаем, что видим, является только тенями, на стене нашей пещеры в мерцающем свете костра. Как и другие античные греческие мыслители, Платон был в

душе геометр. Каждый треугольник, прочерченный в песке, является всего лишь несовершенной тенью истинной сущности треугольника. Прямые, составляющие сущность треугольника являются чистыми евклидовыми линиями с длиной, но без толщины, бесконечно узкие линии, которые будучи параллельными, никогда не пересекаются. Углы эссенциального [т.е. идеального] треугольника действительно дополняют друг друга в точности до суммы двух прямых углов, и суммы эти точны абсолютно, не отличаясь ни на одну триллионную угловой секунды. Это не так применительно к треугольнику, начерченному в реальной жизни на песке: он всего лишь зыбкая тень своего идеала, эссенциального треугольника.

Биология, в соответствии с Майром, страдает от собственной версии эссенциализма. Биологический эссенциализм рассматривает тапиров и кроликов, ящеров и дромадеров, как если бы они были треугольниками, ромбами, параболоми или додекаэдрами. Кролики, которых мы видим, являются бледными тенями совершенной "идеи" кролика, идеального, эссенциального платонистского кролика, который висит где-то в пространстве идей вместе с совершенными формами геометрии. Кролики из плоти и крови отличаются друг от друга, но их различия должны всегда рассматриваться как отклонения от идеальной сущности кролика.

Какая безнадежно не эволюционная картина! Последователь учения Платона расценивает любое изменение у кроликов как отступление от идеи кролика, и всегда будет сопротивление изменениям - как если бы все реальные кролики были привязаны невидимым эластичным шнуром к Совершенному Кролику в Небесах. Эволюционное представление жизни радикально противоположно. Потомки могут неограниченно отличаться от предковой формы, и каждое отклонение становится потенциальным предком будущих вариантов. Действительно, Альфред Рассел Уоллес, открывший эволюцию путем естественного отбора независимо от Дарвина, так и назвал свою

статью "О тенденции вариаций неограниченно отклоняться от первоначального типа".

Если и существует "стандартный кролик", этот титул означает не более, чем середину колоколообразного распределения реальных, снующих, прыгающих, изменчивых кроликов. И это распределение со временем меняется. После многих поколений постепенно может наступить момент, не ясно определенный, когда норма того, что мы называем кроликом, отклонится настолько, что будет заслуживать другого названия. Нет никакой неизменной "кроликовости", никакой сущности кролика, подвешенной на небе, лишь популяция пушистых, длинноухих, копрофаговых, подергивающих усиками особей, показывающих статистические вариации в размерах, форме, цвете и повадках. То, что было концом с более длинными ушами старого распределения, может оказаться центром нового распределения в позднее геологическое время. Учитывая достаточно большое количество поколений, может не оказаться никакого перекрытия между предковым и потомковым распределениями: самые длинные уши среди предков могут быть короче чем самые короткие уши среди потомков. Все течет, все меняется, как сказал другой греческий философ - Гераклит. Через сто миллионов лет будет трудно поверить, что предками появившихся животных могли быть кролики. Все же ни в одном поколении во время эволюционного процесса преобладающий тип в популяции не был далек от модального типа в предыдущем поколении или в последующем поколении. Это мышление - то, что Майр назвал популяционным. Для него популяционное мышление было противоположностью эссенциализма. Согласно Майру, причина, по которой потребовалось такое непомерное количество времени, чтобы Дарвин появился на сцене, было то, что у всех нас, будь то из-за греческого влияния или по другой причине, эссенциализм врезался в нашу ментальную ДНК.

Для ума, ограниченного шорами платонизма, кролик всегда является кроликом. Предположение, что кроличий род составляет своего рода

меняющееся облако статистических средних, или что сегодняшний типичный кролик мог бы отличаться от типичного кролика миллион лет назад или типичного кролика миллион лет спустя, кажется, нарушает внутреннее табу. Действительно, психологи, изучающие развитие речи, говорят нам, что дети - естественные эссенциалисты. Возможно, они должны ими быть, чтобы сохранить здравый рассудок, в то время как их развивающиеся умы делят вещи на отдельные категории, каждую заслуживающую уникального существования. Неудивительно, что первым заданием Адаму в книге "Бытия" было дать имена всем животным.

И не удивительно, по мнению Майра, что мы, люди, должны были ждать нашего Дарвина аж до девятнадцатого века. Чтобы подчеркнуть, насколько эволюция противоположна эссенциализму, рассмотрим следующее: Согласно популяционному представлению эволюции, каждое животное соединено с любым другим животным, скажем, кролик с леопардом, через цепь промежуточных звеньев, каждое из которых настолько похоже на предыдущее, что любое звено может в принципе скрещиваться со своими соседями по цепи и давать плодовитое потомство. Вы не можете нарушить эссенциалистское табу более всесторонне. И это не некоторый неопределенный мысленный эксперимент, ограниченный воображением. В эволюционном представлении действительно существует ряд промежуточных животных, соединяющих кролика с леопардом, каждое из которых жило и дышало, каждое из которых могло бы быть отнесено точно к тому же виду, что и его непосредственные соседи с обеих сторон в длинном, скользящем континууме. Действительно, каждый из этого ряда был ребенком своего соседа с одной стороны, и родителем своего соседа с другой. Все же весь ряд составляет непрерывный мост от кролика к леопарду - хотя, как мы увидим позже, никогда не было "кроликопарда". Есть подобные мосты от кролика к вомбату, от леопарда к омару, от каждого животного или растения к любому другому. Возможно вы и сами поняли, как этот потрясающий результат непременно вытекает

из эволюционного мировоззрения, но позвольте мне обстоятельно объяснить это так или иначе. Я буду называть это мысленным экспериментом шпильки.

Возьмите кролика, любую самку кролика (условно придерживаюсь, для удобства, самки: это не имеет значения для аргумента). Разместите ее мать рядом с нею. Теперь разместите бабушку рядом с матерью и так далее назад во времени, назад, назад, назад в течение мегалет, во внешне бесконечную линию крольчих, каждая из которых зажата между своей дочерью и своей матерью. Мы идем вдоль линии кроликов, назад во времени, тщательно их осматривая как инспектирующий генерал. Передвигаясь вдоль линии, мы в конечном счете заметим, что древние кролики, которых мы проходим, только немного отличаются от современных кроликов, к которым мы привыкли. Но скорость изменений будет настолько медленной, что мы не будем замечать тенденции из поколения в поколение, так же как мы не можем видеть движение часовой стрелки на наших часах - и так же, как мы не можем видеть процесс роста ребенка, мы можем только увидеть, что он стал подростком, а еще позднее взрослым. Еще одна причина, по которой мы не замечаем изменения у кроликов от одного поколения к другому в том, что в любом столетии вариации в пределах текущей популяции обычно будут больше, чем вариации между матерями и дочерьми. Так что, если мы пытаемся разглядеть движение "часовой стрелки" путем сравнения матерей с дочерьми, или даже бабушки с внучками, небольшие различия, которые мы способны увидеть, будут затоплены различиями между друзьями этих кроликов и их родственниками, прыгающими на лугах вокруг.

Тем не менее, постепенно и незаметно, поскольку мы отходим назад во времени, мы достигнем предков, которые всё меньше и меньше походят на кролика, и все больше смахивают на землеройку (хотя и на нее не слишком). Одно из этих существ я назову изгибом шпильки, по причинам, которые станут очевидными. Это животное -

последний общий предок (по женской линии, но это не важно), который объединяет кроликов с леопардами. Мы не знаем точно, на что оно было похоже, но из эволюционных представлений следует, что оно определенно должно было существовать. Как и все животные, оно было представителем того же биологического вида, что ее дочери и ее матери. Мы продолжаем свою прогулку дальше, но теперь, когда мы прошли изгиб шпильки, мы идем вперед по времени, нацеливаясь на леопардов (среди потомков этой шпильки присутствуют многие и разнообразные потомки, и мы будем непрерывно встречать по пути развилки, но последовательно выбираем ту сторону развилки, которая, в конечном счете, приведет к леопардам). Каждое подобное землеройке животное вдоль нашего пути вперед теперь сопровождается своей дочерью. Медленно, незаметно, подобные землеройке животные будут изменяться, через промежуточные звенья, которые могли не очень напоминать современное животное, но сильно похожие друг на друга, возможно, проходя через смутно напоминающие горностаю промежуточные звенья, пока, в конце концов, ни разу не заметив резкого изменения любого рода, мы приходим к леопарду.

Об этом мысленном эксперименте следует сказать несколько вещей. Во-первых, так случилось, что мы захотели идти от кролика к леопарду, но я повторяю, что мы, могли бы выбрать путь от дикобраза к дельфину, от кенгуру-валлаби к жирафу или от человека к пикше. Дело в том, что для любых двух животных должен быть путь-шпилька, связывающий их, по той простой причине, что каждый вид имеет общего предка с любым другим видом: все, что мы должны сделать, это пройти в обратном направлении от одного вида к этому общему предку, затем повернуться через изгиб шпильки и пройти вперед к другому виду.

Во-вторых, заметьте, что мы говорим только о нахождении цепи животных, которая связывает современное животное с другим современным животным. Мы самым решительным образом не

следуем эволюции кролика в леопарда. Я предполагаю, что вы можете сказать, что мы прослеживаем деволюцию назад к шпильке, затем оттуда отслеживаем эволюцию вперед к леопарду. Как мы увидим в следующей главе, к сожалению, необходимо объяснять, снова и снова, что современные виды не эволюционируют в другие современные виды, их только объединяют общие предки, они кузены. Это, как мы увидим, является также ответом на тревожно частые сетования: "Если люди эволюционировали из шимпанзе, каким образом шимпанзе все еще существуют?"

В-третьих, на нашем марше вперед от шпильки животных, мы произвольно выбираем путь, ведущий к леопарду. Это - реальный путь эволюционной истории, но, повторю этот важный момент, мы умышленно проигнорируем многочисленные точки ветвления, где мы могли бы следовать эволюции к бесчисленному множеству других конечных точек, поскольку животное шпильки является великим предком не только кроликов и леопардов, но большей части современных млекопитающих.

Четвертый момент, который я уже подчеркивал, что, сколь бы угодно радикальными и обширными не были различия между концами шпильки, скажем, кроликом и леопардом, каждый шаг вдоль цепи, которая связывает их, очень и очень мал. Каждая особь вдоль цепи так похожа на своих соседей по цепи, как ожидается от матери и дочери. И больше похожи на своих соседей в цепи, как я уже упоминал, чем на типичных представителей окружающей популяции.

Видите, как этот мысленный эксперимент проезжает по элегантному греческому храму платоновых идеальных форм. Как вы видите, если Майр прав, что в менталитете человека глубоко засели эссенциалистские представления, он также прав в том, почему так трудно было мозгам "переварить" теорию эволюции.

Само слово "Эссенциализм" не существовало до 1945 и, поэтому, не было доступно Дарвину. Но он был слишком хорошо знаком с её биологической версией в форме "неизменности видов", и большая часть его усилий была направлена на борьбу с ней под тем названием. Действительно, в ряде книг Дарвина, и больше в других, чем в самой "Происхождении видов" - вы полностью поймете, о чем он говорит, только если отбросите современные представления об эволюции, и вспомните, что большая часть его аудитории была эссенциалистами, которые никогда не сомневались в неизменности видов. Одним из наиболее выразительных орудий Дарвина в приведении доводов против этой воображаемой неизменности было свидетельство от одомашнивания, и именно оно займет остальную часть этой главы.

ВЫЛЕПЛИВАЯ ГЕНОФОНД

Дарвин много знал о разведении животных и растений. Он общался с разводчиками голубей и садоводами, и он любил собак. Не только первая глава "О происхождении видов" посвящена домашним животным и растениям, Дарвин написал целую книгу на эту тему. В "Изменение животных и растений в домашнем состоянии" есть главы о собаках и кошках, лошадях и ослах, свиньях, рогатом скоте, овцах и козах, кроликах, голубях (две главы; голуби были особой любовью Дарвина), курах и других птицах и растениях, включая удивительные виды капусты. Капуста - это вызов растений эссенциализму и неизменности видов. Дикая капуста, *Brassica oleracea*, непримечательное растение, отдаленно похожее на сорную версию огородной капусты. За несколько веков, применяя инструменты искусственного отбора, селекционеры из неинтересного растения получили такие совершенно отличающиеся как друг от друга, так и от дикого предка формы, как брокколи, цветная капуста, кольраби,

кормовая капуста, брюссельская, романеско, и все разнообразные овощи, которые обычно зовутся капустой.

Другой известный пример - это выведение из волка, *Canis lupus*, около двухсот пород собак, *Canis familiaris*, которые признаются различными лондонским клубом собаководов-профессионалов, и которые изолированы друг от друга правилами выведения породистых собак.

Кстати, дикий предок всех домашних собак, похоже, действительно, волк и только волк (хотя его приручение, возможно, произошло независимо в разных местах по всему миру). Эволюционисты не всегда думали так. Дарвин, наряду со многими из его современников, подозревал, что несколько разновидностей диких псовых, включая волков и шакалов, внесли вклад в родословную наших домашних собак. Нобелевский лауреат австрийский этолог Конрад Лоренц был того же самого мнения. Книга "Человек встречает собаку", опубликованная в 1949 году, выражала мнение, что породы собак делятся на две группы: произошедшие от шакалов (большинство) и от волков (любимые породы самого Лоренца, в том числе чау-чау). У Лоренца, кажется, не было вообще никаких доказательств для его дихотомии, кроме различий, которые, как он думал, он увидел в особях и характерах пород. Вопрос оставался открытым, пока молекулярные свидетельства не помогли разрешить его. Теперь нет сомнений. Среди предков домашних собак совсем нет шакалов. Все породы собак - видоизмененные волки, а не шакалы, койоты или лисы.

Главным вопросом, который я хочу затронуть в связи с одомашниванием, является его удивительная способность изменять форму и поведение диких животных, а также скорость, с которой это происходит. Селекционеры почти как скульпторы с бесконечно покорной глиной, или, как каменщики орудующие долотами, вылепляли и высекали собак или лошадей, или коров или капусту, по

своей прихоти. Я вернусь к этому образу в ближайшее время. Отношение к естественной эволюции таково, что, хотя агент отбора - человек, а не природа, в остальном процесс в точности тот же. Именно поэтому Дарвин уделил так много внимания одомашниванию в начале книги "О происхождении видов". Любой может понять принцип эволюции путем искусственного отбора. Естественный отбор - то же самое с одной незначительной измененной деталью.

Строго говоря, заводчик/скульптор вырезает не тело собаки или капусты, а генофонд породы или вида. Идея генофонда является главной в совокупности знаний и теории, которая существует под именем "Нео-Дарвинистского Синтеза". Сам Дарвин ничего не знал об этом. Это не было частью его интеллектуального мира, как не были ею и гены. Он знал, конечно, что черты передаются в семьях; знал, что потомство имеет тенденцию напоминать своих родителей и родных братьев; знал о том, что конкретные черты собак и голубей четко наследуются. Наследственность была центральным элементом его теории естественного отбора. Но генофонд - это нечто другое. Концепция генофонда имеет смысл лишь в свете закона Менделя о независимом комбинировании частиц наследственности. Дарвин не знал законов Менделя, ибо, хотя Грегор Мендель, австрийский монах, который был отцом генетики, был современником Дарвина, он опубликовал свои выводы в немецком журнале, который Дарвин никогда не видел.

Менделевский ген - сущность в стиле все-или-ничего. Когда вы были зачаты, то, что вы получили от вашего отца, не было субстанцией, которая бы перемешивалась с тем, что вы получили от вашей матери, как при смешении синей и красной краски для получения фиолетовой. Если бы наследственность работала действительно так (как люди смутно представляли себе во времена Дарвина), мы все были бы усреднением, на полпути между нашими двумя родителями. В этом случае все изменения быстро исчезли бы из популяции

(независимо от того, как усердно ты смешиваешь фиолетовую краску с фиолетовой краской, ты никогда не воссоздашь оригинальный красный и синий цвет). Фактически, конечно, каждый может явно наблюдать, что нет никакой существенной тенденции к уменьшению вариации в популяции. Мендель показал, что так происходит, потому что, когда отцовские и материнские гены объединяются в ребенке (он не использовал термин "ген", его придумали в 1909), это похоже не на смешивание краски, это больше похоже на перетасовку и перестановку карт в колоде. В настоящее время мы знаем, что гены - это участки кода ДНК, не разделенные физически как карты, но принцип остается в силе. Гены не смешиваются; они перетасовываются. Можно сказать, что они перетасовываются плохо, с группами карт, держащимися вместе несколько поколений перетасовывания, прежде чем при перетасовке случайность разделит их.

Любая из ваших яйцеклеток (или сперматозоидов, если вы - мужчина) содержит либо версию конкретного гена Вашего отца, либо версию Вашей матери, а не их смесь. И, этот конкретный ген пришел от одной и только одной из ваших четырех бабушек и дедушек, и от одного и только одного из ваших восьми прадедушек и прабабушек. Ретроспективно кажется, что это должно было быть очевидным с самого начала. Когда вы скрещиваете мужчину с женщиной, вы ожидаете получать сына или дочь, а не гермафродита. Ретроспективно кажется, что любой, сидя в кресле, мог вывести этот закон наследования черт по принципу все-или-ничего. Восхитительно, но сам Дарвин, был интуитивно близок к этому, он остановился совсем близко к тому, чтобы все связать. В 1866 он написал в письме Альфреду Уоллесу:

Мой дорогой Уоллес

Я не думаю, что Вы понимаете то, что я имею ввиду под несмешиванием определенных разновидностей. Это не

относится к плодовитости. Объясню на примере. Я скрестил репейницу и фиолетовый душистый горошек, разновидности которые совершенно по-разному окрашены, и получил даже из одного стручка обе четкие разновидности, и ни одна не была промежуточной разновидностью. Нечто подобное, я думаю, должно произойти сначала с вашими бабочками... Хотя эти случаи на вид настолько замечательны, я не уверен, что они действительно важнее чем то, что каждая женщина в мире производит отличное мужское и женское потомство.

Дарвин так близко подошел к открытию закона Менделя о несмешивании (того, что мы бы сейчас называли) генов. Случай аналогичен заявлению различных огорченных апологетов, что другие Викторианские ученые, например Патрик Мэтью и Эдвард Блайт, обнаружили естественный отбор прежде, чем это сделал Дарвин. В определенном смысле это верно, как признавал Дарвин, но я думаю, что из представленных свидетельств следует, что они не понимали, насколько это важно. В отличие от Дарвина и Уолласа, они не рассматривали это как общее явление с универсальным значением - с силой двигать эволюцию всех живых существ в направлении положительного усовершенствования. Таким же образом это письмо Уолласу показывает, что Дарвин подошел дразняще близко к пониманию пункта о несмешиваемой природе наследственности. Но он не увидел в нем общего принципа, и в частности он не смог понять это, как ответ на загадку, почему вариации автоматически не исчезают из популяции. Это оставили ученым двадцатого века, опирающимся на опередившее свое время открытие Менделя.

Таким образом, теперь понятие генофонда приобретает смысл. Популяция размножающихся половым путем животных, такая, как, скажем, все крысы на острове Вознесения, далеко изолированном в Южной Атлантике, непрерывно перетасовывает все гены на острове. Не существует никакой внутренней тенденции для каждого

поколения становятся менее изменчивым, чем предыдущие поколение, нет тенденции ко все более скучным, серым, посредственным промежуточным формам. Гены остаются неизменными, перетасовываются от индивидуального тела к индивидуальному телу по мере смены поколений, но не смешиваются друг с другом, никогда не загрязняя друг друга. В любой момент все гены сидят в телах отдельных крыс, или они перемещаются в новые тела крыс через сперматозоиды. Но если бросить длинный взгляд через многие поколения, мы увидим все гены крыс на острове перемешанными, как если бы они были картами в единственной хорошо перетасованной колоде: один единый бассейн генов - генофонд.

Я предполагаю, что генофонд крыс на небольшом и изолированном острове, таком как остров Вознесения, является отдельным и, скорее, хорошо перемешаны бассейном, в том смысле, что недавние предки любой крысы, возможно, жили где угодно на острове, но, скорее всего, не вне острова, плюс-минус случайный безбилетник с судна. Но генофонд крыс на большом континентальном массиве, таком как Евразия будет гораздо сложнее. Крыса, живущая в Мадриде, получает большую часть своих генов от предков, живущих в западном конце евразийского континента, а не, скажем, Монголии или Сибири, не из-за определенных барьеров для потока генов (хотя такие также существуют), а из-за значительных расстояний. Требуется время, чтобы половая перетасовка доставила ген с одной стороны континента на другой. Даже если не будет никаких физических барьеров, таких как реки или горные цепи, поток генов через такой большой континентальный массив все равно будет достаточно медленным для генофонда, чтобы заслужить название "вязкий". Крыса, живущая во Владивостоке, отследит бы большинство своих генов к предкам на востоке. Евразийский генофонд был бы перетасован, как на Острове Вознесения, но перетасован не однородно из-за расстояний. Кроме того, частичные барьеры, такие как горные цепи, большие реки или пустыни, мешали

бы однородной перетасовке, таким образом, структурируя и усложняя генофонд. Эти осложнения не обесценивают идею генофонда. Идеально перемешанный генофонд - полезная абстракция, как абстракция математика совершенной прямой линии. Реальные генофонды, даже на малых островах, таких как Вознесение, являются несовершенными приближениями, лишь частично перетасованными. Чем меньше и менее изрезан остров, тем ближе приближение к абстрактному идеалу отлично перемешанного генофонда.

Только, чтобы завершить мысль о генофондах - каждое отдельное животное, которое мы видим в популяции, является выборкой из генофонда своего времени (или, скорее, времени его родителей). Не существует внутренней тенденции в генофондах к увеличению или уменьшению частоты отдельных генов. Но когда возникает систематическое увеличение или уменьшение частоты, с которой мы видим конкретный ген в генофонде, это определено и в точности то, что понимается под эволюцией. Поэтому возникает вопрос: откуда берется систематическое увеличение или уменьшение частоты гена? Это, конечно, то, где все становится интересным, и мы должны прийти к ответу в свое время.

Кое-что забавное происходит с генофондами домашних собак. Заводчики пекинесов или далматинцев тщательно пресекают поток генов из одного генофонда в другой. Родословные книги хранятся, восходя ко многим поколениям, и смешение породы - худшая вещь, которая может произойти в книге заводчика породы. Это как если бы каждая порода собак была заключена на своем маленьком острове Вознесения и содержалась отдельно от любой другой породы. Но барьер для межпородного скрещивания - не открытое море, а человеческие правила. Географически все породы пересекаются, но они с таким же успехом могли бы быть на разных островах, так как их владельцы контролируют возможности спаривания. Конечно, время от времени правила нарушаются. Как крыса, тайком

проникающая на судне на Остров Вознесения, сука, скажем, гончей, срывается с привязи и спаривается со спаниелем. Но беспородные щенки, появившиеся в результате, хоть и могут быть любимцами, изгнаны людьми с острова, обозначенного как Племенная Гончая собака. Сам остров остается чистым островом гончей собаки. Другие чистокровные случки гончих гарантируют, что генофонд виртуального острова, обозначенного Гончей, остается незагрязненным. Существуют сотни искусственных "островов", по одному для каждой породы племенных собак. Каждый из них - виртуальный остров, в том смысле, что он не локализован географически. Родословная гончих или шпицев находятся в различных местах во всем мире, и автомобили, корабли и самолеты используются для перевозки генов из одного географического места в другое. Виртуальный генетический остров, являющийся генофондом пекинесов, частично перекрывается географически, но не генетически (кроме тех случаев, когда сука нарушает запрет), с виртуальным генетическим островом, являющимся генофондом боксеров, и виртуальным островом, являющимся генофондом сенбернаров.

Теперь давайте вернемся к замечанию, которое открыло мое обсуждение генофондов. Я говорил, что если рассматривать селекционеров в качестве скульпторов, то, что они высекают своими долотами, является не плотью собак, а генофондами. Это только кажется, что высекается плоть собаки, поскольку собаковод может заявить о своем намерении, скажем, уменьшить морды будущих поколений боксеров. И конечным продуктом такого намерения действительно была бы более короткая морда, как если бы долотом обработали морду предка. Но, как мы видели, типичный боксер в одном поколении является выборкой современного генофонда. Это - генофонд, который был вырезан и выстроган за эти годы. Гены длинных морд были отсечены от генофонда и заменены генами коротких морд. Каждая порода собак, от таксы до далматинца, от боксера до борзой, от пуделя до пекинеса, от немецкого дога к

чихуахуа, была вырезана, высечена, замешана, сформована, не буквально как плоть и кость, а через ее генофонд.

Не все это сделано отсечением. Многие из наших знакомых пород собак были первоначально получены как гибриды других пород, часто совсем недавно, например, в девятнадцатом веке. Скрещивание, конечно, представляет собой преднамеренное нарушение изоляции генофонда на виртуальных островах. Некоторые схемы скрещивания разработаны с такой тщательностью, что заводчики негодовали бы если бы их продукты описывали как полукровок или дворняжек (как президент Обама восхитительно описал себя). "Лабрадудль" представляет собой гибрид между пуделем и лабрадором - результат тщательного поиска лучших достоинств обеих пород. Владельцы лабрадудлей учредили общества и ассоциации, как у чистокровных породистых собак. Существует две школы заводчиков лабродудлей, и подобных дизайнерских гибридов. Существуют те, кто согласен продолжать выведение лабрадудлей, скрещивая пуделей и лабрадоров. И есть те, кто пытается начать новый генофонд лабрадудлей, которые были бы чистокровными, через случку лабрадудлей между собой. В настоящее время гены второго поколения лабрадудлей рекомбинируют, давая большее разнообразие, чем положено чистокровным породистым собакам. Так начинают многие "чистые" породы: они прошли через промежуточную стадию высокой изменчивости, впоследствии урезанной на протяжении поколений тщательной селекцией.

Иногда новые породы собак берут свое начало с принятия единственной крупной мутации. Мутации - случайные изменения в генах, которые составляют сырье для эволюции благодаря неслучайному отбору. В природе большие мутации редко выживают, но генетики любят их в лабораториях, поскольку их легко изучать. Породы собак с очень короткими ногами, такие как бассеты и таксы, приобретали их за один шаг, через генетическую мутацию, названную ахондроплазией, классический пример крупной мутации,

которая вряд ли выжила бы в природе. Аналогичная мутация несет ответственность за наиболее распространенные виды человеческой карликовости: туловище почти нормального размера, но руки и ноги короткие. Другие генетические пути производят миниатюрные породы, сохраняющие пропорции оригинала. Собаководы могут добиться изменений в размере и форме, выбирая комбинации нескольких крупных мутаций, таких как ахондроплазия, и множество менее значимых генов. Им не нужно понимать генетики, чтобы эффективно добиваться изменений. Без какого-либо понимания вообще, только выбирая кого с кем скрестить, Вы можете вывести породы с любыми желаемыми характеристиками. Это то, чего селекционеры собак, животных и растений в целом, достигли на протяжении веков, до того, как кто-то начал что-то понимать в генетике. И в том урок о естественном отборе, который, по природе, конечно, не имеет никакого понимания или знания чего-либо вообще.

Американский зоолог Рэймонд Коппингер утверждает, что щенки различных пород намного более подобны друг другу, чем взрослые собаки. Щенки не могут позволить себе отличаться, потому что главное, что они должны делать, это сосать, и сосание представляет в значительной степени одну и ту же проблему для всех пород. В частности, для того, чтобы хорошо сосать, щенок не может иметь длинную морду, как борзая или ищейка. Вот почему все щенки похожи на мопсов. Можно сказать, что взрослый мопс - это щенок, чья морда не выросла должным образом. У большинства собак после того, как их отлучают от матери, развивается относительно длинная морда. Но не у мопсов, бульдогов и пекинесов; они растут в других частях, в то время как морда сохраняет свои инфантильные пропорции. Технический термин для этого - неотения, и мы встретим его снова, когда продвинемся к эволюции человека в Главе 7.

Если животное растет с одинаковой скоростью во всех своих частях, так что взрослые являются просто равномерно раздутой точной копией младенца, говорят, что рост изометрический. Изометрический

рост довольно редок. При аллометрическом росте, напротив, различные части растут с разной скоростью. Часто темпы роста различных частей животного имеют некоторое простое математическое отношение друг к другу, явление, которое было исследовано особенно тщательно сэром Джулианом Хаксли в 1930-ых. Различные породы собак достигают своих различных форм посредством генов, которые изменяют аллометрические соотношения роста между частями тела. Например, бульдоги получают свой угрюмый вид Черчилля из-за генетической тенденции к более медленному росту костей носа. Это оказывает косвенное воздействие на относительный рост окружающих костей, да и всех окружающих тканей. Одно из этих косвенных воздействий состоит в том, что небо вытянулось в неуклюжее положение, так что зубы бульдога торчат наружу, и из пасти сочиться слюна. У бульдогов также затрудненное дыхание, которое являются общими с пекинесами. Бульдоги даже трудно рождаются, потому что голова непропорционально большая. Большинство бульдогов, если не все, которых вы видите сегодня, рождены кесаревым сечением.

Борзые - напротив. У них удлинённые морды. Более того, они отличаются тем, что удлинение морды начинается еще до их рождения, что, вероятно, делает борзых щенков менее успешными сосунками, чем другие породы. Коппингер предполагает, что человеческое желание вывести борзых с длинными мордами достигло предела, наложенного способностью выживания щенков, пытающихся сосать.

Какие уроки мы извлекаем из одомашнивания собак? Во-первых, большое разнообразие среди пород собак, от немецких догов к йорки, от скотти до эрдельтерьеров, от риджбеков до такс, от гончих до сенбернаров, демонстрирует, насколько это легко для неслучайного отбора генов - "вырезания и выстругивания" генофондов, произвести действительно разительные перемены в анатомии и поведении, и столь быстро. Удивительно мало генов могут быть вовлечены в это.

Тем не менее, изменения являются настолько большими - различия между породами столь существенными - что Вы бы могли ожидать, что их эволюция займет миллионы лет вместо каких-то столетий. Если столь большое эволюционное изменение может быть достигнуто всего за несколько столетий или даже десятилетий, только подумайте, что могло бы быть достигнуто за десять или сто миллионов лет.

Рассматривая процесс за столетия, не пустые фантазии, что собаководы взяли плоть собаки как глину для валяния, и выдавили ее, вытянули ее, вылепили ее в форму более или менее по своему желанию. Конечно, как я указал ранее, мы в действительности месили не плоть собак, а их генофонды. И "вырезанная" лучшая метафора, чем "вылепленная". Некоторые скульпторы работают, беря кусок глины и вылепливая форму. Другие берут кусок камня или дерева, и вырезают из него, отсекая кусочки долотом. Очевидно, собачники не высекают форму собак, отсекая части плоти собаки. Но они делают что-то близкое к высеканию генофондов собак с помощью отсечения. Однако, тем не менее, это сложнее, чем чистое отсечение. Микеланджело взял кусок мрамора, а затем отсек от него лишнее, чтобы показать Давида, скрывающегося внутри. Ничего не было добавлено. Генофонды, с другой стороны, непрерывно дополняются, например, благодаря мутациям, в то же время как неслучайная гибель отсекает. Аналогия с высечением скульптуры здесь терпит неудачу и не должна выдвигаться слишком упорно, как мы увидим это снова в Главе 8.

Идея скульптуры вызывает в мыслях сверхмускулистые телосложения культуристов, и их нечеловеческих эквивалентов, таких как бельгийская голубая порода коров. Эта ходячая фабрика говядины была изобретена благодаря особому генетическому изменению, названному "гипертрофия мышц". Существует вещество, называемое миостатин, которое ограничивает рост мышц. Если ген, отвечающий за производство миостатина, отключен, мышцы растут

больше, чем обычно. Довольно часто случается, что один ген может мутировать более чем одним способом, с получением тех же результатов, и в самом деле, существуют различные способы, которыми ген, производящий миостатин, может быть отключен, с одинаковым эффектом. Другим примером является порода свиней, которая называется черная экзотическая, и существуют отдельные собаки различных пород, которые показывают такую же гипертрофированную мускулатуру по той же самой причине. Тело бодибилдера доводится до похожего сложения экстремальной системой упражнений и часто использованием анаболических стероидов: то и другое является внешней манипуляцией, имитирующей гены бельгийской голубой и черной экзотической. Конечный результат тот же, и это само по себе является уроком. Генетические и экологические изменения могут вести к идентичным результатам. Если бы вы захотели вырастить человеческого ребенка, чтобы выиграть соревнование по бодибилдингу, и вам необходимо сэкономить несколько столетий, вы можете начать с генетической манипуляции, создать точно такой же причудливый ген, который характеризует породы бельгийскую голубую и черную экзотическую. Действительно, существуют люди, которые, как известно, имеют делеции [выпадения участка] в гене миостатина, и у них, как правило, аномально сильно развита мускулатура. Если бы вы начали с ребенка мутанта и заставили его еще и качать железо (по-видимому, коров и свиней нельзя склонить к этому), возможно, в итоге вы получили бы что-то более гротескное, чем "Мистер Вселенная".

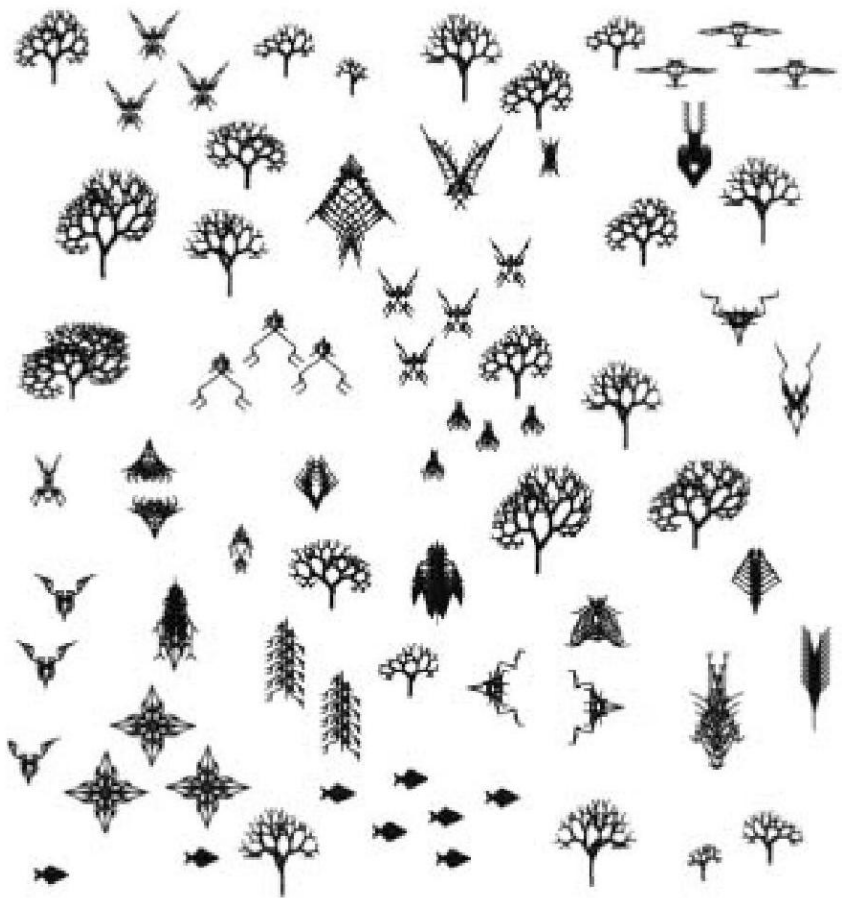
Политическая оппозиция евгеническому разведению людей иногда выплывает в почти наверняка ложное утверждение, что это невозможно. Это не только аморально, вы можете услышать, как они говорят, что это не будет работать. К сожалению, сказать, что нечто является аморальным или политически нежелательным, не означает сказать, что оно не будет работать. У меня нет сомнений, что, если вы решитесь на это, и имеете достаточно времени и достаточную политическую власть, вы могли бы начать расу превосходных

культуристов, или прыгунов в высоту, или толкателей ядра; ловцов жемчуга, борцов сумо или спринтеров; или (я подозреваю, хотя теперь уверен меньше, потому что нет прецедентов в мире животных) превосходных музыкантов, поэтов, математиков или винных дегустаторов. Причина моей уверенности в селективном разведении на спортивное мастерство состоит в том, что необходимые качества являются настолько похожими на те, которые явно срабатывают при разведении скаковых и ломовых лошадей, ездовых собак и борзых. Причина, по которой я по-прежнему довольно уверен в отношении практической осуществимости (хотя не моральной или политической желательности) селекции на психические или иные однозначно человеческие черты, заключается в том, что существует так мало примеров, когда попытка селекции животных когда-либо не удавалась, даже в отношении признаков, вызывающих удивление. Кто бы мог подумать, например, что могут быть выведены собаки с навыками выпаса овец, или поводырей, или для травли быка?

Вы хотите высокой молочной продуктивности коров, на порядок больше галлонов, чем необходимо матери для выкармливания ее телят? Селекция может дать вам это. Коровы могут быть изменены так, чтобы у них выросло огромное и неуклюжее вымя, которое будет давать обильный удой молока бесконечно долгое время после окончания нормального периода кормления теленка. Между прочим, молочных лошадей не было выведено таким способом, но кто решится поспорить со мной, что у нас бы все получилось, если бы мы попытались? И конечно, то же самое относится к молочным людям, если кто-то хотел бы попробовать. Слишком много женщин, поверивших в миф о том, что груди размером с дыню - это привлекательно, платят хирургам крупные суммы денег за силиконовые имплантаты с весьма (на мой вкус) неприглядным результатом. Есть ли у кого-то сомнения, что через достаточное количество поколений можно было бы добиться подобных

деформаций тем же способом, каким были выведены Фризские коровы?

Около двадцати пяти лет назад я разработал компьютерное моделирование, чтобы проиллюстрировать возможности искусственного отбора: своего рода компьютерную игру, имитирующую реальное выращивание роз, или разведение собак или скота. Игрок видит на экране девять фигур - "виртуальных биоморфов" - тот, что в центре, является "родителем" восьми других, которые его окружают. Все формы созданы на основе примерно дюжины "генов", которые представляют собой числа, передающиеся от "родителя" к "ребенку", с возможностью небольших "мутаций" в процессе. Мутация - всего небольшое увеличение или уменьшение в численном значении гена родителя. Каждая форма построена под влиянием определенного набора чисел, которые являются его собственными отдельными значениями десятка генов. Игрок смотрит на массив из девяти форм и не видит никаких генов, он выбирает предпочтительную форму "тела", для разведения. Остальные восемь биоморфов исчезают с экрана, один выбранный скользит к центру, и "порождает" восемь новых мутантов "детей". Процесс повторяется столько "поколений", на сколько у игрока хватит времени, и промежуточная форма "организмов" на экране постепенно "эволюционирует", по мере смены поколений. Только гены передаются из поколения в поколение, а значит, непосредственно выбирая биоморфы на глаз, игрок непреднамеренно выбирает гены. Это именно то, что происходит, когда селекционеры отбирают собак или розы для выведения породы.



Биоморфы из программы „Blind Watchmaker“

Довольно о генетике. Игра начинает становиться интересной, когда мы рассматриваем "эмбриологию". Эмбриология биоморфов на экране -это процесс, через который его "гены" - те самые числовые значения - влияют на его форму. Можно представить многие очень разные эмбриологии, и я испробовал совсем немногие из них. Моя первая программа, названная "Слепой Часовщик", использует эмбриологию роста дерева. Главный "ствол" отращивает две "ветви", затем каждая ветвь отращивает две собственные ветви и так далее. Число ветвей, и их ответвления и длина, находятся под генетическим контролем, определенным численными значениями генов. Важная

особенность эмбриологии ветвящегося дерева - то, что она рекурсивна. Я не буду разъяснять эту идею здесь, но она означает, что единственная мутация, как правило, имеет эффект по всему дереву, а не только в одном его уголке.

Хотя программа "Слепой часовщик" начинается с простого ветвящегося дерева, она быстро уходит прочь в страну чудес эволюционировавших форм, многих со странной красотой, и некоторые - в зависимости от намерений человеческого игрока - начинают напоминать знакомых существ, таких как насекомые, пауки или морские звезды. Слева "сафари-парк" существ, которые только один игрок в игре (я) обнаружил в закоулках и заводах этой странной компьютерной страны чудес. В более поздней версии программы я расширил эмбриологию, чтобы позволить генам управлять цветом и формой "веток" дерева.

Более тщательно продуманная программа, названная "Артрморфы", которую я написал совместно с Тедом Кехлером, работающим тогда на Apple Computer Company, воплощает "эмбриологию" с некоторыми интересными биологическими особенностями, которые специфично приспособлены к выведению "насекомых", "пауков", "многоножек" и других существ, напоминающих членистоногих. Я объяснил артрморфы подробно, вместе с биоморфами, кончоморфами (компьютерные моллюски) и другими программами в том же духе, в "Поднимаясь на пик невероятного".

Между прочим, математика эмбриологии раковины хорошо понятна, поэтому искусственный отбор с помощью моей программы "кончоморфы" способен генерировать очень реалистичные формы (см. выше). Я вернусь к этим программам, чтобы отметить совсем другой момент, в последней главе. Здесь я представил их в целях иллюстрации силы искусственного отбора, даже в чрезвычайно упрощенной компьютерной окружающей среде. В реальном мире сельского хозяйства и садоводства, мира заводчика голубей или

собаководы, искусственный отбор может достичь гораздо большего. Компьютерные программы биоморфы, артроморфы и кончоморфы просто иллюстрируют принцип, так же как сам искусственный отбор становится иллюстрацией принципа естественного отбора - в следующей главе.



Кончоморфы: машинно-генерируемые раковины сформированы искусственным выбором

У Дарвина был личный опыт силы искусственного отбора, и он дал ему почетное место в Главе 1 "Происхождения видов". Он разогревал своих читателей, перед тем как выложить свое собственное великое прозрение, силу естественного отбора. Если селекционеры могут

трансформировать волка в пекинеса или дикую капусту в цветную капусту в течение нескольких столетий или тысячелетий, то почему неслучайное выживание диких животных и растений не может сделать того же самое в течение миллионов лет? Это будет заключением моей следующей главы; но моя стратегия сначала будет состоять в том, чтобы плавно продолжить процесс разогрева и облегчить переход к пониманию естественного отбора.

ГЛАВА 3 ПРИМУЛОВАЯ ДОРОГА К МАКРОЭВОЛЮЦИИ

Глава 2 показала как человеческий глаз, работающий путем селекции на протяжении многих поколений, вял и вылепливал плоть собак, наделяя огромным разнообразием форм, цветов, размеров и моделей поведения. Но мы, люди, привыкли делать выбор, который является преднамеренным и запланированным. Существуют ли другие животные, которые делают то же самое, что и селекционеры, возможно, без обдумывания или намерения, но с подобными результатами? Да, и они неуклонно продвигают вперед программу разогрева этой книги. Эта глава шаг за шагом начинает искушение разума по мере перехода от знакомой теории собаководства и искусственного отбора к гигантскому открытию Дарвином естественного отбора, через несколько красочных промежуточных стадий. И первый шаг по дороге обольщения ума (было бы видимо чересчур назвать ее дорогой сладостных открытий ?), ведет нас в медоносный мир цветов.

Дикие розы - приятные небольшие цветы, но ничего особенного, чтобы можно было превозносить до небес, скажем, терминами "Мир", или "Прекрасная леди", или "Офелия". У диких роз есть тонкий, легко узнаваемый аромат, но не умопомрачительный, как у "Дня памяти", или "Элизабет Хэрнесс", или "Ароматного Облака". Человеческий глаз и человеческий нос поработали над дикими розами, увеличивая их, формируя их, умножая лепестки, подкрашивая их, совершенствуя цветок, повышая естественные ароматы до пьянящий крайности, регулируя особенности роста, провели с ними в итоге сложную программу гибридизации, пока сегодня, после десятилетий умелой селекции, не были созданы сотни ценных сортов, каждый со своим собственным выразительным или

памятным названием. Кто не хотел бы иметь розы, названной в свою честь?

НАСЕКОМЫЕ - ПЕРВЫЕ СЕЛЕКЦИОНЕРЫ

Розы расскажут ту же историю, что и собаки, но с одним отличием, которое относится к нашей разогревающей стратегии. Цветок розы, еще до того, как человеческий глаз и нос приступили к своей работе по генетическому высеканию, обязан своим существованием миллионам лет подобного ваяния глазами и носами насекомых (ну, точнее антеннами - то, чем насекомые чувствуют запах). И то же самое справедливо для всех цветов, которые украшают наши сады.

Подсолнечник, *Helianthus Annuus*, это североамериканское растение, которое в диком виде выглядит как астра или большие ромашки. Культурный подсолнечник на сегодня одомашнен до той стадии, когда его цветы имеют размер тарелки. "Гигантские" подсолнечники, первоначально развели в России, 4 – 5,5 метров высотой, диаметр головки близок к 0.3 метра, что более, чем в десять раз превосходит размер диска дикого подсолнечника, и обычно есть только одна головка у растения, вместо многих, намного меньших цветов у дикого растения. Русские стали разводить этот американский цветок, кстати, по религиозным причинам. Во время Великого поста и Филиппова поста, использование масла в кулинарии было запрещено Православной церковью. По причине, которую я, как неискушенный в глубинах богословия, не буду предполагать, подсолнечное масло, было освобождено от этого запрета. Это обеспечило одно из экономических условий, которое стимулировало недавнюю селекцию подсолнечника. Однако, задолго до современной эпохи, коренные американцы культивировали эти питательные и впечатляющие цветы для еды, получения красителей и для украшения, и они добились промежуточных результатов между диким подсолнечником и

экстравагантной крайностью современных сортов. Но еще до этого подсолнечник, как и все ярко окрашенные цветы, обязан своим существованием селекции насекомыми.

То же самое верно в отношении большинства из знакомых нам цветов - возможно, всех цветов, которые окрашены иначе, чем в зеленый цвет, и чей запах - нечто большее, чем просто неопределенно растительный. Не вся работа была сделана насекомыми - для некоторых цветов опылителями, которые производили начальную селекцию, были колибри, летучие мыши, даже лягушки - но принцип тот же самый. Садовые цветы были еще в дальнейшем улучшены нами, но дикие цветы, с которых начинали мы, изначально разве что привлекли бы наше внимание, и в силу того, что насекомые и другие селективные агенты существовали до нас. Поколения предков цветов были отбирались поколениями предков насекомых, или колибри, или других природных опылителей. Это являет собой превосходный пример селекции, с той небольшой разницей, что селекционерами выступали не люди, а насекомые и колибри. В конце концов, думаю, разница не принципиальна. И если вы до сих пор со мной не согласны, у меня есть еще кое-что для разогрева.

Что склоняет нас думать, что эти различия существенны? С одной стороны, люди вполне осознанно выводят, скажем, как можно более темную пурпурную розу для собственного эстетического удовлетворения, или потому, что думают, что другие люди заплатят за нее деньги. Насекомые производят селекцию, конечно, не из эстетических соображений, но по причинам... Хорошо, тут мы должны немного отступить, и взглянуть в целом на проблему взаимоотношений цветов и их опылителей. И вот от чего мы можем оттолкнуться в наших рассуждениях. По причинам, в которые я не буду вдаваться в настоящее время, суть полового размножения в том, что вы не должны оплодотворять сами себя. Если вы бы делали это, в конце концов, не было бы смысла возиться с половым размножением изначально. Пыльца должна как-то попасть с одного растения на

другое. Растения-гермафродиты, у которых есть женские и мужские органы в одном цветке, часто изошряются, чтобы не допустить самоопыления мужскими частями цветка женских частей. Сам Дарвин изучал изобретательный способ, которым это достигается в первоцветах.

Принимая необходимость перекрестного опыления как данность, каким образом цветы умудряются доставить пыльцу через физический промежуток, который отделяет их от других цветов того же вида? Самый очевидный способ — ветер, и множество растений, используют его. Пыльца - мелкий, легкий порошок. Если Вы выпускаете достаточно пыльцы при легком ветерке, одному или двум зернам, возможно, повезет приземлиться в нужном месте на цветке нужного вида. Но опыление ветром расточительно. Необходимо производство огромного количества пыльцы, как известно страдающим сенной лихорадкой. Большая часть пыльцы приземляется где-то в другом месте, чем должна была, и вся энергия и ценные материалы оказываются потраченными впустую. Гораздо более эффективно сделать процесс опыления целенаправленным.

Почему же растения, подобно животным, не решат перемещаться в пространстве в поисках другого растения того же вида, чтобы спариться с ним? Это гораздо более сложный для понимания вопрос, чем может показаться на первый взгляд. Будет порочным кругом просто утверждать, что растения не ходят, но боюсь, мне придется пока этим ограничиться. Факт в том, что растения не ходят. А животные ходят. И животные летают, и у них есть нервные системы, способные направить их к особым целям с искомыми формами и цветами. Так что, если бы можно было каким-то образом убедить животных посыпать себя пыльцой, а затем пойти или желательно полететь на другое растение правильного вида...

Ну, ответ ни для кого не секрет: именно это и происходит. История в некоторых случаях очень сложна и во всех случаях увлекательна.

Многие цветы используют взятку в виде пищи, как правило, нектар. Возможно, взятка - слово с неправильным подтекстом. "Оплата за оказанные услуги" если вам будет угодно? Меня удовлетворит и то и другое, пока мы не поймем их в ошибочно человеческом смысле слов. Нектар – сладкий сироп, и он изготавливается растениями специально, и только для оплаты и заправки пчел и бабочек, колибри, летучих мышей и другого наемного транспорта. Его производство - дорогостоящее дело, забирающее долю энергии солнца, захваченную листьями - панелями солнечных батарей растения. С точки зрения пчел и колибри, это - высокоэнергетическое авиационное топливо. Энергию, заключенную в сахаре нектара, можно было бы использовать в других "секторах экономики" растения, возможно, отрастить корни, или заполнить подземные хранилища, которые мы называем клубнями и луковицами, или даже сделать огромное количество пыльцы, чтобы предать ее четырем ветрам. Очевидно, что для большого числа видов растений компромисс достигается в пользу оплаты крылатых насекомых и птиц для заправки их летательных мышц сахаром. Однако это не всецело подавляющее преимущество, и некоторые растения действительно используют опыление ветром, по-видимому, потому что обстоятельства их экономических условий смещают их баланс в эту сторону. У растений есть энергетическая экономика и, как и в случае с любой экономикой, компромиссы могут благоприятствовать различным вариантам в различных обстоятельствах. Кстати, это важный урок в эволюции. Различные виды делают вещи по-разному, и мы часто не понимаем различия, до тех пор, пока не изучим всей экономики вида.

Если опыление ветром будет на одном конце континуума методов перекрестного опыления -должны ли мы называть этот конец расточительным? - то каков другой экстремум с другой стороны, со стороны "волшебной пули"? На очень немногих насекомых можно рассчитывать, что они полетят, как волшебная пуля, прямо от цветка, где они взяли пыльцу, к другому цветку точно того же вида. Некоторые просто перейдут к любому старому цветку, или возможно

любому цветку подходящего цвета, и это - все еще вопрос удачи, будет ли он того же вида, что и цветок, который только что заплатил нектаром. Тем не менее, существуют некоторые прекрасные примеры цветов, которые в этом континууме стоят далеко в конце волшебной пули. Видное место в списке занимают орхидеи, и не удивительно, что Дарвин посвятил им целую книгу.

И Дарвин, и его сооткрыватель естественного отбора Уоллес, привлекли внимание к удивительной орхидее с Мадагаскара, *Angraecum sesquipedale*, и оба сделали одно и то же замечательное предсказание, которое было позже триумфально подтверждено. Эта орхидея имеет трубчатые нектарники, глубина которых достигла более чем 11 дюймов по собственной линейке Дарвина. Это составляет почти 30 сантиметров. Родственный вид *Angraecum longicalcar*, имеет нектарники, которые даже длиннее, вплоть до 40 сантиметров (более 15 дюймов). Дарвин, просто на основании существования *Angraecum sesquipedale* на Мадагаскаре, предсказал в своей книге об орхидеях 1862 года, что должна существовать "бабочка, способная вытягивать хоботок на длину от десяти до одиннадцати дюймов". Уоллес пять лет спустя (не ясно, читал ли он книгу Дарвина) упоминал несколько мотыльков, хоботки которых были достаточной длины, чтобы соответствовать требованиям.

Я тщательно измерил хоботок экземпляра *Macrosila cluentius* из Южной Америки в коллекции британского Музея и обнаружил, что он составляет девять дюймов с четвертью! У одного экземпляра из тропической Африки (*Macrosila morgani*) - семь с половиной дюймов. Виды, имеющие хоботок на два или три дюйма длиннее, уже могут достать нектар в самых крупных цветах полуторафутового ангрекума *Angraecum sesquipedale*, длина нектарников которых варьирует от 10 до 14 дюймов. Можно безбоязненно утверждать, что такие мотыльки существуют на Мадагаскаре; и посещающие

остров натуралисты должны искать их с той же уверенностью, с которой астрономы искали Нептун, - и будут так же успешны!

В 1903 году, после смерти Дарвина, но при жизни Уоллеса, был обнаружен до тех пор неизвестный подвид мотыльков, который соответствовал предсказаниям Дарвина/Уоллеса, и потому получивший видовое наименование *praedicta* [предсказанный]. Но даже *Xanthopan morgani praedicta*, "бражник Дарвина", не способен опылять *A. longicalcar*, и существование этого цветка вынуждает нас подозревать существование мотыльков с ещё более длинным хоботком с той же степенью уверенности, с которой Уоллес ссылался на предсказание открытия планеты Нептун. Между тем, этот маленький пример показывает ложность утверждения о том, что эволюционная наука не может делать никаких предсказаний, потому что имеет дело только с прошлым. Предсказание Дарвина/Уоллеса было полностью правомочным предсказанием, несмотря на то, что мотыльки *praedicta* существовали до того, как оно было сделано. Они предсказали, что в некоторый момент в будущем кто-нибудь обнаружит мотылька с хоботком достаточно длинным для того, чтобы достать нектар из *A. sesquipedale*.

У насекомых хорошее зрение, но видимый ими спектр сдвинут ближе к ультрафиолетовому и дальше от красного. Как и мы, они могут видеть жёлтый, зелёный, синий и фиолетовый. Но, в отличие от нас, они также видят далеко в ультрафиолетовом диапазоне; и они не видят красный в "нашей" части спектра. Если у вас в саду есть красный трубчатый цветок, то, весьма вероятно (хотя и не обязательно), в дикой природе он опыляется не насекомыми, а птицами, которые хорошо видят в красной области спектра - возможно, колибри, если это растение из Нового Света, или нектарницами, если из Старого. Цветы, которые для нас выглядят довольно невзрачно, могут быть на самом деле щедро украшены точками и полосками к услугам насекомых - орнаментами, которые

нам не видны, потому что мы не воспринимаем ультрафиолет. Многие цветы с помощью ультрафиолетовых пигментов образуют некое подобие посадочной разметки для пчёл, не видимой человеческим глазом.

Энотера (*Oenothera*) кажется нам жёлтой. Но на фотографии, сделанной через ультрафиолетовый фильтр, заметен узор для пчёл, не видимый невооружённым глазом. На этой фотографии он кажется красным, но это "искусственный цвет": произвольный выбор в ходе обработки фотографии. Это не означает, что пчёлы видят его как красный. Никто не знает, как видят ультрафиолет (или жёлтый, или любой другой цвет) пчёлы (я даже не знаю как для вас выглядит красный - это старый философский вопрос).

Луг, полный цветов, является Таймс-Сквером природы, естественной площадью Пиккадилли. Медленно движущаяся неоновая реклама, она сменяется от недели к неделе по мере того, как наступает сезон разных цветов, строго побуждаемых приметами, например, изменения длины дня, для синхронизации с другими цветами своего вида. Эти цветочные феерии, расплесканные через зелёный холст луга, были сформированы и окрашены, увеличены и украшены благодаря прошлым выборам, сделанным глазами животных: глазами пчел, глазами бабочек, глазами журчалок. В лесах Нового Света мы должны были бы добавить к этому списку колибри, а в африканских лесах глаза нектарниц.

Между прочим, колибри и нектарницы не особо тесно связаны. Они выглядят и ведут себя похоже из-за того, что конвергентно пришли к одинаковому образу жизни, связанному с цветами и нектаром (хотя они едят не только нектар, но и насекомых). У них длинные клювы для сбора нектара и ещё более длинные языки. Нектарницы - не так умело зависают, как колибри, которые могут летать даже задом наперёд, как вертолёт. Также конвергентную ветку, хотя от более отдаленной точки животного мира, представляет Языкан

Обыкновенный, непревзойденно зависающий и обладающий невероятно длинным языком.

Мы вернёмся к конвергентной эволюции позже, после того как поймем естественной отбор как следует. Здесь, в этой главе, цветы соблазняют нас, затягивают нас, шаг за шагом, выстраивая наш путь к пониманию. Глаза колибри, глаза бражника, глаза бабочки, глаза журчалки, глаза пчелы критически взирают на дикорастущие цветы, поколение за поколением изменяя их форму и цвет, поднимая их, нанося на них узоры - почти так же, как человеческие глаза позже поступили с садовыми цветами и с собаками, коровами, капустой и пшеницей.

Для цветка опыление насекомыми представляет огромный прогресс в экономике в сравнении с расточительным дробовым ружьем опыления ветром. Даже если пчела посещает цветы без разбора, перелетая с лютика на василёк, с мака на чистотел, крупинка пыльцы имеет намного больший шанс попасть в цель - второй цветок того же вида, чем если бы она летела по воле ветра. Немного лучше были бы пчелы, предпочитающие определённый цвет, например голубой. Или пчелы, не имеющие каких-либо долгосрочных цветовых предпочтений, но формирующие цветовые привычки, таким образом выбирающие один цвет в течении некоторого времени. Ещё лучше были бы насекомые, посещающие цветы лишь одного вида. И есть цветы, такие как мадагаскарская орхидея, вдохновившая предсказание Дарвина/Уоллеса, чей нектар доступен только определённым насекомым, специализирующимся на этих цветах и выигрывающих от своей монополии на него. Те Мадагаскарские бабочки - идеальные волшебные пули.

С точки зрения мотылька, цветы, которые гарантированно предоставляют нектар, подобны послушной, дойной корове. С точки зрения цветов, мотыльки, которые надёжно переносят их пыльцу другим цветкам того же вида, подобны службе доставки Федерал-

Экспресс или хорошо тренированным почтовым голубям. Каждая из сторон, можно сказать, одомашнила другую, выборочно разводя на получение более хорошо справляющихся с работой, чем предшественники. Люди-селекционеры, вырастившие прекрасные розы, оказали на цветы почти такое же воздействие, что и насекомые - лишь чуть их превзойдя. Насекомые выводили цветы, чтобы те были яркими и броскими. Садовники сделали их еще более яркими и еще более эффектными. Насекомые сделали розы приятно ароматными. Появились мы и сделали их еще более ароматными. Впрочем, то, что ароматы, предпочитаемые пчёлами и бабочками, приятны и для нас - лишь счастливое совпадение. Цветы, такие как "Зловонный Бенджамин" (*Trillium erectum*) или "трупный цветок" (*Amorphophallus titanum*), которые используют мух или жуков падальщиков как опылителей, часто вызывают отвращение у нас, потому что они имитируют запах разлагающихся мяса. Полагаю, запах таких цветов не был усилен человеческими селекционерами.

Конечно, отношения между насекомыми и цветами - двухсторонняя улица, и мы не должны забывать смотреть в обоих направлениях. Насекомые "разводят" цветы, делая их более красивыми, но не потому, что наслаждаются красотой. Скорее, цветы выигрывают от того, что насекомые находят их привлекательными. Насекомые, выбирая наиболее привлекательные цветы, невольно способствуют их отбору по красоте. В то же время цветы "разводят" насекомых, исходя из их способности к опылению. С другой стороны, я подразумевал, что насекомые селекционируют цветы на высокий выход нектара, как молочники выводя Фризскую породу коров с громадным выменем. Но в интересах цветов - дозировать свой нектар. Обьевшееся насекомое не имеет стимула искать второй цветок - дурная новость для первого цветка, для которого второе посещение, визит опыления, является целью всего предприятия. С точки зрения цветов, надо поддерживать тонкий баланс между предоставлением слишком большого количества нектара (нет смысла

лететь ко второму цветку) и слишком малого (нет смысла посещать первый).

Насекомые доили нектар с цветов, и разводили их на увеличение надоев, вероятно, сталкиваясь с сопротивлением со стороны цветов, как мы только что видели. Разводят ли пчеловоды (или садоводы с интересами пчеловодов на уме), цветы на еще большую продуктивность нектара, как фермеры разводят породы коров Фриз или Джерси? Я заинтригован узнать ответ. Между тем, нет сомнений в тесной параллели между садоводами, в качестве селекционеров симпатичных и ароматных цветов, и пчелами и бабочками, колибри и нектарницами, делающими то же самое.

ВЫ МОЙ ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Есть ли другие примеры селективного разведения нечеловеческими глазами? О, да. Подумайте о скучном, камуфляжном оперении самки фазана в сравнении с великолепнейшим самцом того же вида. Едва ли могут быть сомнения в том, что если бы единственным значащим фактором было личное выживание, золотистые фазаны-самцы "предпочли бы" выглядеть как самки, или как подросток версия самих себя, когда они были ещё цыплятами. Самки и птенцы определённно хорошо камуфлированы, и если бы приоритетом было индивидуальное выживание, самцы выглядели бы так же. То же самое верно для других фазанов, таких как алмазный фазан и известный фазан с полоской вокруг шеи. Самцы выглядят яркими и опасно привлекательными для хищников, но у каждого вида совсем по-разному. Самки - блеклого маскировочной цвета, у всех видов примерно одинакового. Что здесь происходит?

Один из способов выразить это - способ Дарвина: "половой отбор". Но другой способ - и тот, который лучше подходит для моего

"Примулового пути" - это "селекция самками самцов". Яркие цвета действительно могут привлекать хищников, но они привлекают и самок. Поколения самок фазана спаривались с яркими, красивыми самцами, а не со скучными серыми существами, которыми самцы наверняка остались бы, если бы не "селекция", проводимая самками. То же самое произошло с селекцией павами павлинов, самками райской птицы самцов, и множеством подобных примеров среди птиц, млекопитающих, рыб, амфибий, рептилий и насекомых, где самка (обычно это именно самка, по причинам, в которые нам нет нужды углубляться) выбирает из нескольких соперничающих самцов. Как с садовыми цветами, селекционеры фазанов улучшили ручную работу по отбору самками фазанов, которая им предшествовала, производя, например, захватывающие разновидности золотого фазана, хотя больше, выбирая одну или две крупные мутаций, а не постепенно формируя птицу путем поколений разведения. Люди также селективно вывели некоторые удивительные породы голубей (о чем Дарвин знал на собственном опыте), и кур, произошедших от дальневосточной птицы, банкивской джунглевой курицы, *Gallus gallus*.



Варианты цыпленка: три иллюстрации от Дарвина *Изменение Животных и Растений под Приручением*

Эта глава в основном об отборе глазами, но и другие чувства могут сделать то же самое. Селекционеры разводили канареек ради их песен, равно как и ради внешнего вида. Дикая канарейка - это желтовато-коричневая птичка, внешне совсем не примечательная. Люди-селекционеры взяли полученную в результате случайных

генетических вариаций палитру цветов и создали цвет достаточно примечательный, чтобы быть названным в честь птицы: канареечно-жёлтый. Между прочим, эта птица была названа в честь островов, а не наоборот, как в случае с Галапагосскими островами, название которых происходит от испанского "черепаха". Но канарейки более известны за своё пение - и оно тоже оттачивалось и обогащалось селекционерами. Было произведено много певчих птиц, включая Роллеров, способных петь с закрытым клювом, Уотерслэджеров, звучащих как кипящая вода, и Тимбрадо, издающих металлические, колоколоподобные звуки, также как и похожую на звуки кастаньет трескотню, что подобает их испанскому происхождению. Выведенное в домашних условиях пение дольше, громче и более частое, чем у дикого типа. Но все эти высоко ценимые песни состоят из элементов, которые встречаются у диких канареек, так же, как привычки и уловки различных пород собак восходят к элементам, имеющимся в поведенческом репертуаре волков.

И снова, селекционеры надстраивали на более ранних усилиях по селективному разведению самок птиц. Из поколения в поколение дикие самки канарейки способствовали отбору самцов на их умение петь, спариваясь с теми самцами, чьё пение было особенно привлекательно. Так получилось, что в случае канареек мы знаем немного больше. Канарейки (и барберийские голуби) были любимыми объектами при исследовании гормонов и репродуктивного поведения. Известно, что у обоих видов звук пения самца (даже его запись) вызывает увеличение яичников у самок и выделение ими гормона, который приводит их в репродуктивное состояние и подготавливает к спариванию. Можно сказать, что самцы канареек манипулируют самками с помощью пения. Оно имеет почти тот же эффект, как инъекции гормонов. Можно сказать, что самки способствуют тому, чтобы самцы становились всё лучшими и лучшими певцами. Эти два взгляда на процесс - две стороны одной монеты. Как и с другими видами птиц, тут, однако, есть осложнение -

ление не только привлекает самок, но и служит для устрашения самцов-соперников - но я не буду углубляться в подробности.

Теперь, чтобы продолжить обсуждение, посмотрите на картинки напротив. На первой - вырезанная из дерева японская маска кабуки, изображающая воина-самурая. На второй - краб вида *Heikea japonica*, обитающий в японских водах. Название рода, *Heikea*, происходит от японского клана Хэйкэ, который был повержен во время морской битвы Данно-Ура (1185) соперничающим кланом Гэнжи. По легенде, духи утонувших воинов Хэйкэ сейчас живут на дне моря, в телах крабов *Heikea japonica*. Миф вдохновляется тем, что узор на спине этого краба похож на искажённое неистовством лицо воина-самурая. Знаменитый зоолог сэр Джулиан Хаксли был достаточно впечатлён сходством, чтобы написать, "Сходство *Dogipre* и злого японского воина слишком точно и детально, чтобы быть случайным... Это происходит потому, что крабы, более похожие на лицо воина, реже употреблялись в пищу, чем остальные." (*Dogipre* - название этого вида краба в 1952 году, когда писал Хаксли. Оно было изменено обратно на *Heikea*, когда кто-то открыл, что они назывались так ещё в 1824 году - таковы правила строгого приоритета зоологической номенклатуры.)



Маска кабуки воина самурая



***Heikea japonica* краб**

Эта теория, что поколения суеверных рыбаков выбрасывали обратно в море крабов, похожих на человеческие лица, получила новую жизнь в 1980 году, когда Карл Саган обсуждал его в своём восхитительном "Космосе". Его словами: Предположим, что случайно среди отдаленных предков этого краба возник один, который напоминал, хотя бы немного, человеческое лицо. Даже

перед битвой при Данноура рыбаки, возможно, отказывались съесть такого краба. Выбрасывая его назад, они приводят в действие эволюционный процесс... По прошествии поколений крабов (и рыбаков тоже), преимущественно выживали крабы с рисунками, которые наиболее напоминали лицо самурая, до тех пор, пока, в конечном счете, было произведено не просто человеческое лицо, не просто японское лицо, а и облик жестокого и нахмуренного самурая.

Это прекрасная теория, слишком хорошая, чтобы легко умереть, и её мем по настоящему хорошо воспроизводится. Я даже нашёл веб-сайт, где вы можете проголосовать за то, что теория верна (31% из 1331 проголосовавших), что фотографии - подделка (15%), что японские ремесленники вырезают на панцирях такой узор (6%), что сходство - просто совпадение (38%), или даже за то, что крабы на самом деле являются воплощением утонувших самураев (невероятные 10%). Научные истины, разумеется, не решаются референдумом, и я проголосовал только потому, что это было единственным способом посмотреть результаты. Боюсь, я поддержал зануд. Взвесив все, я считаю, что это сходство, пожалуй – совпадение. Не потому, что, как заметил один авторитетный скептик, гребни и углубления на спине краба фактически показывают лежащие под ним крепления мышц. Даже по теории Хаксли/Сагана суеверные рыбаки, должно быть, начали замечать некоторое изначальное подобие, однако небольшое, и симметричный узор крепления мышц - именно то, что обеспечило начальное подобие. Я более впечатлен наблюдением того же скептика, что эти крабы в любом случае являются слишком маленькими, чтобы стоило их есть в любом случае. По его мнению, все крабы такого размера были бы выброшены назад независимо от того, напоминали ли их спины человеческие лица, хотя я должен сказать, что этот более показательный источник скепсиса существенно потерял в весе, когда меня вытащили на обед в Токио и пригласивший заказал для всей компании блюдо крабов. Они были намного большими, чем Heikea, и они были плотно покрыты твердыми, известковыми панцирями, но это не остановило этого

супермена, поднимавшего целых крабов, один за другим, и кусающего их как яблоко, с хрустящим звуком, который, казалось, напоминал отвратительно кровавую резину. Краб столь же маленький как Неикеа был бы пустяком для такого гастрономического чемпиона. Он, конечно, проглотил бы его целиком, не моргнув.

Моя главная причина для скептицизма относительно теории Хаксли/Сагана - что человеческий мозг старательно стремится видеть лица в случайных узорах, как мы знаем из научных фактов, на первых местах среди которых многочисленны легенды о лицах Иисуса, или Девы Марии, или Матери Терезы, увиденных на ломтиках тоста, или пиццах, или пятнах сырости на стене. Это стремление усиливается, если узор отклоняется от случайного в определенном направлении - быть симметричным. Все крабы (кроме раков-отшельников) симметричны в любом случае. Я неохотно подозреваю, что сходство Неикеа с воином самураем - не больше, чем случайность, как бы я не хотел считать, что оно было усилено естественным отбором.

Ничего. Есть много других примеров, не вовлекающих людей, когда животные "рыбаки" "выбрасывают" (или вообще не видят) потенциальную еду из-за её сходства с чем-то опасным, и когда сходство точно не случайно. Если бы вы были птицей, охотящейся на гусениц в лесу, то что бы вы сделали, столкнувшись со змеей? Отскочили бы назад в испуге, позволю себе предположить, и потом обошли бы её стороной. Так вот, есть гусеница - точнее задняя часть гусеницы - имеющая недвусмысленное сходство со змеей. Оно действительно пугает, если вы боитесь змей, в чем я стыдливо признаюсь. Мне даже кажется, что мне будет трудно взять это существо в руки, несмотря на то, что я прекрасно знаю, что на самом деле это безобидная гусеница. (Изображение этого удивительного существа есть на цветной странице 7). У меня такая же проблема с журчалками, мимикрирующими под пчелу или осу, хотя по тому, что у них одна пара крыльев, я понимаю, что это мухи, и у них нет жала.

Они входят в длинный список животных, защищающихся тем, что выглядят как что-то другое: несъедобное, как камень, веточка или лист водоросли, или что-то однозначно неприятное, как змея, оса или блестящие глаза возможного хищника.

Получается, что глаза птиц выводили насекомых на их схожесть с невкусными или ядовитыми объектами? В определённом смысле мы можем наверняка ответить "да". Каково, в конце концов, различие между ними и павами, отбирающими павлинов на предмет красоты, или людьми, разводящими собак или розы? Главным образом, павы отбирают положительно, на нечто привлекательное, приближаясь к нему, в то время как охотящиеся на гусениц птицы отбирают отрицательно, на что-то отпугивающее, избегая этого. Тут же сразу другой пример, и в этом случае "отбор" положительный, даже при том, что отбирающий не извлекает выгоду из своего выбора. Совсем наоборот.

Глубоководная рыба-удильщик обитает на морском дне, терпеливо ожидая добычу. Как и многие глубоководные рыбы, удильщики удивительно некрасивы по нашим меркам. Возможно, и по меркам рыб тоже, но это, вероятно, не играет роли, потому что там, где они живут, всё равно слишком темно, чтобы что-нибудь разглядеть. Как и другие обитатели морских глубин, самки рыб удильщиков часто производят свой собственный свет - или, скорее, они имеют специальные сосуды, в которых они предоставляют жилище бактериям, которые делают свет для них. Такая "биолюминесценция" не достаточно ярка, чтобы высветить детали, но она достаточно яркая, чтобы привлечь другую рыбу. Шип, который у нормальной рыбы был бы только одним из лучей в плавнике, становится вытянутым и жестким, образуя удилище. У некоторых видов "шип" такой длинный и гибкий, что его можно назвать леской, а не шипом. И на конце удилища или лески - что же еще? - наживка или приманка. Приманки меняются от вида к виду, но они всегда напоминают маленькие кусочки пищи: возможно, червя или мелкую

рыбу, или просто невзрачный, но соблазнительно покачивающийся кусочек. Часто приманка, на самом деле, светится: еще одна природная неоновая вывеска, и в этом случае сообщение мигающих сигналов гласит "приходи и съешь меня". Мелкие рыбы действительно соблазняются. Они подплывают близко к приманке. И это последнее, что они делают, поскольку в этот момент, удильщик открывает свою огромную пасть и добыча затягивается потоком воды.

Сказали бы мы здесь, что маленькие рыбки-жертвы "селекционируют" все более и более привлекательные приманки, совсем как павы производят отбор на все более привлекательных павлинов, а садоводы на более привлекательные розы? Трудно было бы понять, почему нет. В случае с розами, самые привлекательные цветки - те что преднамеренно выбраны для разведения садоводом. Это же верно и для павлинов, выбранных павами. Возможно, что павы не знают, что они производят отбор, тогда как садовники знают. Но это не кажется очень важным различием при этих обстоятельствах. Чуть более убедительным является различие между примером рыбы удильщика и двумя другими. Рыбка-жертва действительно отбирает наиболее "привлекательную" рыбу-удильщика для разведения через окольный путь отбора на выживаемость, кормя их! Удильщики с непривлекательными приманками с большей вероятностью будут умирать от голода и поэтому с меньшей вероятностью размножаться. И маленькая рыба-добыча действительно производит "отбор". Но они отбирают ценой своей жизни! То, к чему мы в данный момент приближаемся, это настоящий естественный отбор, и мы достигаем конца постепенного заманивания, чем является эта глава.

Вот разложенная последовательность.

1 Человек сознательно отбирает привлекательные розы, подсолнечники и т.д. для разведения, тем самым сохраняя гены,

производящие привлекательные особенности. Это называется искусственным отбором, это то, что людям было известно задолго до Дарвина, и все понимают, что он достаточно мощный, чтобы превратить волков в чихуахуа и растянуть кукурузные початки от дюймов до футов.

2 Павы (мы не знаем, сознательно или намеренно, но давайте предполагать, что нет), отбирают привлекательных павлинов для размножения, снова же, тем самым сохраняя привлекательные гены. Это называется половым отбором, и Дарвин открыл его, или, по крайней мере, ясно выявил и дал ему название.

3 Небольшая рыба жертва (определенно ненамеренно) отбирает привлекательных удильщиков на выживаемость, кормя наиболее привлекательных своими собственными телами, тем самым невольно разводя их, и, следовательно, сохранения гены, которые производят привлекательные черты. Это называется (да, мы, наконец, достигли цели) естественным отбором, и он был величайшим открытием Дарвина.

Особый гений Дарвина осознал, что природа может играть роль отбирающего агента. Все знали об искусственном отборе, или, по крайней мере, все с каким-либо опытом фермерства или садоводства, посещения выставок собак или содержания голубятен. Но Дарвин первым определил, что нам не обязательно иметь отбирающего агента. Отбор может быть сделан автоматически, выживанием или неудачей в выживании. Значение имеет выживание, понял Дарвин, потому что только оставшиеся в живых размножаются и передают гены (Дарвин не использовал это слово), которые помогли им выжить.

Я выбрал своим примером рыбу-удильщика, потому что она все еще может быть представлена как агент, использующий свои глаза, чтобы выбрать то, что выживет. Но мы достигли того момента в наших

рассуждениях – вопроса Дарвина – где мы больше не должны говорить об отбирающем агенте вообще. Перейдем теперь от рыбьедильщика, скажем, к тунцу или тарпону, рыбам, которые активно преследуют свою добычу. Никакое разумное напряжение языка или воображения не могло бы заставить нас утверждать, что добыча, будучи съеденной, "отбирает", какой тарпон выживет. Однако мы можем сказать, что тарпоны, которые лучше оснащены, чтобы поймать добычу, по любой причине – мышцам для быстрого плавания, острому зрению, и т.д. – будут теми, которые выживают, и поэтому теми, которые размножаются и передают гены, которые сделали их успешными. Они "отобраны" самим фактом, что остались в живых, тогда как другие тарпоны, которые были, по любой причине, менее хорошо оснащены, не выжили. Таким образом, мы можем добавить четвертый шаг к нашему списку.

4 Без какого-либо отбирающего агента, те особи, которые "отобраны" фактом обладания лучшим оснащением, необходимым для выживания, наиболее вероятно будут воспроизводиться, и поэтому передавать свои гены обладания лучшим оснащением. Поэтому каждый генофонд каждого вида имеет тенденцию заполняться генами, создающими лучшее для выживания и размножения оснащение.

Обратите внимание, сколь всеобъемлющ естественный отбор. Другие примеры, которые я упомянул, в шагах 1, 2 и 3 и многих других, могут все быть сведены к естественному отбору как частные случаи более общего явления. Дарвин разобрал наиболее общий случай явления, о котором люди уже знали в ограниченной форме. До того они знали о нем только в виде частного случая искусственного отбора. Общий случай - неслучайное выживание случайных вариаций наследуемого оснащения. Не имеет значения, каким образом происходит неслучайное выживание. Оно может быть умышленным, явно преднамеренным отбором агентом (как в случае людей, отбирающих породистых борзых для разведения); оно может быть неумышленным отбором с помощью агента без явного намерения

(как с павами при отборе павлинов для спаривания); оно может быть непреднамеренным выбором, который тот, кто выбирает - при ретроспективном взгляде, доступном нам, но не тому, кто выбирает непосредственно - предпочел бы не делать (как в случае отбора рыбой-добычей, приближающейся к приманке рыбы удильщика); или оно может быть чем-то, что мы не признали бы отбором вообще, как тогда, когда тарпон выживает благодаря, скажем, неизвестному биохимическому преимуществу, скрытому глубоко в его мышцах, которое придает ему дополнительный рывок скорости, при преследовании добычи. Сам Дарвин сказал об этом красиво в любимом отрывке из "Происхождения видов":

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 существовавших.

Я здесь процитировал, по своему обыкновению, первое издание шедевра Дарвина. Интересная вставка проникла в более поздние издания: "можно ОБРАЗНО сказать, что естественный отбор ежедневно и ежечасно..." (добавлен курсив). Вы могли бы подумать, что "можно сказать..." было и так достаточно осторожным. Но в 1866 году Дарвин получил письмо от Уоллеса, сооткрывателя естественного отбора, предполагающего, что, к сожалению, необходима еще более серьезная преграда против неправильного понимания.

Мой дорогой Дарвин, – я так часто поражался чрезвычайной неспособностью массы интеллектуальных людей ясно видеть, или видеть вообще, автоматические и неизбежные результаты Естественного Отбора, что я пришел к заключению, что сам термин и Ваш способ его демонстрации, каким бы ясным и красивым он ни был для многих из нас, является все же не самым подходящим, чтобы произвести впечатление на широкую натуралистическую общественность.

Уоллес продолжал, цитируя французского автора по имени Джанет, который, в отличие от Уоллеса и Дарвина, очевидно, глубоко запутался:

Я вижу, он полагает, что Ваше слабое место в том, что Вы не видите, что "мышление и направление являются основополагающими в работе Естественного Отбора". То же самое возражение было сделано много раз Вашими основными оппонентами, и я слышал, как мне его часто высказывали в разговоре. Сейчас я думаю, что это почти всецело явилось результатом выбора Вами термина Естественный Отбор, а также постоянного его сравнения, по его эффектам, с отбором человеком, при таком частом олицетворении Вами природы как "отбирающей", как "предпочитающей"... и т.д., и т.д. Для немногих это столь же ясно, как дневной свет, превосходно наводящий на размышления, но для многих это, очевидно, – камень преткновения. Я хотел бы, поэтому, предложить Вам возможность всецело избежать этого источника неправильного понимания в Вашей великой работе, а также в будущих изданиях "Происхождения", и я думаю, что это может быть сделано без труда и очень успешно благодаря принятию термина Спенсера... "Выживание наиболее приспособленных". Этот термин – простое

выражение факта; "Естественный отбор" - его метафорическое выражение...

В словах Уоллеса был смысл. К сожалению, термин Спенсера "Выживание наиболее приспособленных" создает собственные проблемы, которые Уоллес не мог предвидеть, но я не буду разбирать их здесь. Несмотря на предупреждение Уоллеса, я предпочитаю следовать за собственной стратегией представления Дарвином естественного отбора через одомашнивание и искусственный отбор. Мне хотелось бы думать, что мсье Джанет на этот раз смог бы понять. Но у меня была и другая причина следовать по стопам Дарвина, и это - хорошая причина. Окончательной проверкой научной гипотезы является эксперимент. Эксперимент определенно означает, что вы не просто ждете от природы, что она сделает что-то, и пассивно наблюдаете и смотрите, что с чем коррелирует. Вы вмешиваетесь и делаете что-то. Вы манипулируете. Вы систематически меняете что-то и сравниваете результат с "контрольной группой", которая не была изменена, или сравниваете с другим изменением.

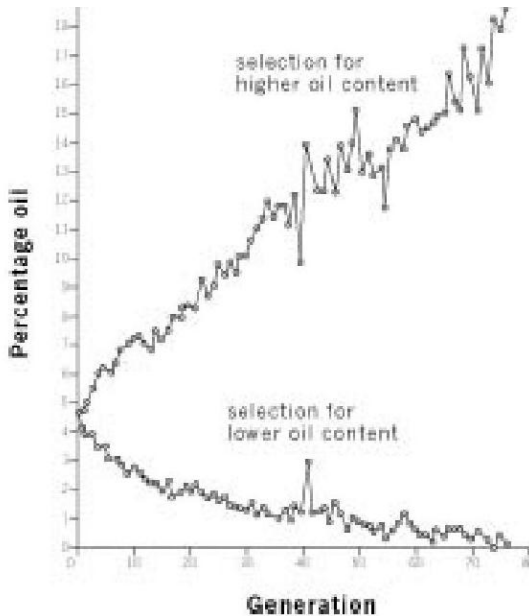
Экспериментальное вмешательство имеет огромную важность, потому что без него вы никогда не могли бы быть уверенными в том, что наблюдаемая вами корреляция имеет какую-то причинную значимость. Это можно проиллюстрировать так называемым "софизмом церковных часов". Пусть часы в двух близлежащих церквях бьют каждый час, но в церкви Св. А чуть раньше, чем в церкви Св. Б. Турист с Марса, заметив это, может заключить, что бой часов церкви Св. А заставляет бить часы церкви Св. Б. Мы, конечно, знаем что и как, но единственной настоящей проверкой гипотезы было бы экспериментально звонить в колокол Св. А в случайные моменты времени, а не раз в час. Предсказание Марсианина (которое было бы, конечно, опровергнуто в этом случае) в том, что часы Св. Б будут по-прежнему звонить сразу же после Св. А. Только

экспериментальная манипуляция может определить, действительно ли наблюдаемая корреляция указывает причинность.

Если ваша гипотеза заключается в том, что неслучайное выживание случайных генетических вариаций имеет важные эволюционные последствия, экспериментальная проверка гипотезы должна быть умышленным человеческим вмешательством. Идите и повлияйте на то, какой вариант выживает, а какой нет. Вмешайтесь и выбирайте, как человек-селекционер, какого рода индивидов взять для воспроизведения. И это, конечно, - искусственный отбор. Искусственный отбор это не просто аналогия для естественного отбора. Искусственный отбор является истинной экспериментальной - в противоположность наблюдательной - проверкой гипотезы, что отбор приводит к эволюционным изменениям.

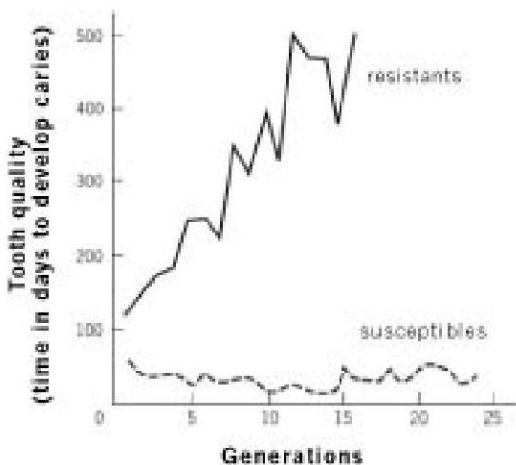
Большинство известных примеров искусственного отбора – в частности, производство различных пород собак – получены при ретроспективном рассмотрении истории, вместо того, чтобы быть преднамеренными проверками предсказаний в экспериментально контролируемых условиях. Но надлежащие эксперименты были проведены, и результаты всегда соответствовали ожидаемым из менее систематических разрозненных наблюдений с собаками, капустой и подсолнечником. Вот типичный пример, особенно хороший, потому что агрономы на экспериментальной станции в Иллинойсе начали эксперимент достаточно давно, в 1896 году (Поклоение 1 на графике). Диаграмма выше показывает содержание масла в семенах кукурузы двух различных искусственно отбираемых линий, одна отбиралась на высокую продуктивность масла, а другая на низкую продуктивность масла. Это настоящий эксперимент, потому что мы сравниваем результаты двух преднамеренных манипуляций или вмешательств. Очевидно, различия существенны, и они растут. Кажется вероятным, что и восходящая диаграмма, и нисходящая, в конечном счете, установились бы на постоянном уровне: малопродуктивная линия, потому что Вы не можете понизить

содержание масла ниже нуля, а высокопродуктивная линия по причинам, которые почти так же просты.



Две линии кукурузы отобраны для высокого и низкого содержания масла

Вот дальнейшая лабораторная демонстрация силы искусственного отбора, который поучителен в другом отношении. Диаграмма на обороте показывает приблизительно семнадцать поколений крыс, искусственно отбирившихся на устойчивость к кариесу. Замеры, приведенные на графике - сколько дней у крыс не было кариеса. В начале эксперимента типичный период отсутствия кариеса составлял приблизительно 100 дней. После всего лишь дюжины поколений систематического отбора против кариеса период отсутствия кариеса был примерно в четыре раза длиннее, или даже больше. И снова, отдельная линия была выбрана для эволюции в противоположном направлении: в этом случае эксперименты систематично отбирали на восприимчивость к кариесу.



Две линии крыс отобраны для высокого и низкого сопротивления к разрушению зубов

Пример дает возможность отточить наши зубы в теории естественного отбора. Действительно, это обсуждение крысиных зубов будет первой из трех таких экскурсий в сам естественный отбор, для которой мы теперь вооружены. В двух других, как и с крысами, мы должны вернуться к существам которые уже встречались на "пути наслаждений" от одомашнивания, а именно собакам и цветам.

КРЫСИНЫЕ ЗУБЫ

Почему, если так легко улучшить зубы крыс искусственным отбором, естественный отбор явно сделал так плохо эту работу изначально? Несомненно, нет никакой выгоды в кариесе зубов. Почему, если искусственный отбор способен ослабить его, естественный отбор не проделал давно той же самой работы? Я могу придумать два ответа, оба поучительны.

Первый ответ, что исходная популяция, которую селекционеры использовали в качестве первичного материала, состояла не из диких крыс, а из одомашненных, выведенных в лаборатории белых крыс. Можно было сказать, что лабораторные крысы избалованы, как современные люди, огражденные от режущей кромки естественного отбора. Генетическая тенденция к разрушению зубов значительно уменьшила бы репродуктивные перспективы в дикой местности, но могла бы не иметь никакого значения в лабораторной колонии, где проживание легко, и решение о том, кому размножатся а кому нет, делают люди, не глядя на выживаемость.

Вот первый ответ на этот вопрос. Второй ответ более интересен, поскольку он несет важный урок о естественном отборе, так же как и об искусственном. Это урок компромиссов, и мы уже обращались к нему, когда речь шла о стратегии в опылении растений. Ничто не бесплатно, за все надо платить. Может показаться очевидным, что разрушения зубов следует избегать любой ценой, и я не сомневаюсь, что кариес зубов значительно сокращает жизнь у крыс. Но давайте подумаем на минуту о том, что должно произойти для того, чтобы повысить сопротивляемость животных к кариесу. Я не знаю деталей, но я уверен, что это будет дорогостоящим, и это все, что мне требуется предполагать. Допустим, это достигается за счет утолщения стенки зуба, а это требует дополнительного кальция. Найти дополнительный кальций не невозможно, но он должен поступить откуда-то, и он не бесплатен. Кальций (или, возможно, любой другой ограниченный ресурс) не плавает в воздухе. Он должен поступить в организм с пищей. И он потенциально полезен для другого, кроме зубов. У тела есть нечто, что мы могли бы назвать кальциевой экономикой. Кальций необходим в костях, и он необходим в молоке. (Я предполагаю, что мы говорим о кальции. Но даже если речь пойдет не о кальции, должен быть некоторый дорогостоящий ограничивающий ресурс, и аргумент будет работать точно так же, независимо от того, что является этим ограничивающим ресурсом. Я продолжу использовать кальций для

нужд аргумента). Отдельная крыса с особо сильными зубами, как правило, живет дольше, чем крыса с гнилыми зубами при прочих равных условиях. Но все другие обстоятельства не одинаковы, потому что кальций, необходимый для укрепления зубов, должен был откуда-то взяться, скажем, из костей. Конкурирующая особь, гены которой не предрасполагают к тому, чтобы отнимать кальций у костей, могла бы, следовательно, оставаться в живых дольше по причине своих лучших костей и несмотря на свои плохие зубы. Или конкурирующая особь могла бы быть более успешной в выкармливании детей, потому что она вырабатывает более богатое кальцием молоко. Коль скоро экономисты любят цитировать Роберта Хайнлайна (Robert Heinlein), нет такой вещи как бесплатный обед. Мой пример крысы является гипотетическим, но с уверенностью можно сказать, что по экономическим причинам должно быть такое понятие как крыса, чьи зубы слишком хороши. Совершенство в одной области должно быть куплено в виде жертв в другой.

Этот урок относится ко всем живым существам. Мы можем ожидать, что тела будут хорошо "оснащены", для выживания, но это не означает, что они должны быть идеальными в отношении любого признака. Антилопа могла бы бежать быстрее и с большей вероятностью избежать леопарда, если бы ее ноги были немного более длинными. Но конкурирующая антилопа с более длинными ногами, хотя она и могла бы быть лучше оснащена, чтобы оторваться от хищника, должна была бы заплатить за свои длинные ноги в некоторой другой области экономики тела. Материалы, необходимые для создания дополнительно костей и мышц в более длинных ногах, должны быть взяты где-то в другом месте, и, таким образом, особь с более длинными ногами с большей вероятностью умрет по причинам, не связанным со смертью от хищника. Или она может даже с большей вероятностью стать жертвой хищника, потому что ее более длинные ноги, хотя они могут бежать быстрее, когда целы, скорее сломаются, и в этом случае она не сможет бежать вообще. Тело -

лоскутное одеяло компромиссов. Я вернусь к этому в главе о гонке вооружений.

При одомашнивании животных они оказываются искусственно защищены от многих рисков, которые сокращают жизнь диких животных. Племенная молочная корова может давать потрясающее количество молока, но ее отвислое, тяжелое вымя серьезно препятствовало бы ей в любой попытке убежать от льва. Чистокровные лошади - превосходные бегуны и прыгуны, но их ноги уязвимы для травм во время бега, особенно на скачках, и это говорит о том, что искусственный отбор отодвинул их в зону, которую не допустил бы естественный отбор. Кроме того, чистокровки процветают только на обильном питании, поставляемом людьми. Тогда как местные британские пони, например, пышно растут на пастбище, скаковые лошади не процветают, если их не откармливают на намного более богатой диете из зерна и пищевых добавок, которые они не нашли бы в дикой природе. Опять же, я вернусь к этим вопросам в главе о гонке вооружений.

СНОВА СОБАКИ

Наконец, достигнув темы естественного отбора, мы можем возвратиться к примеру собак ради некоторых других важных уроков. Я сказал, что они - одомашненные волки, но я должен к этому сделать оговорку в свете удивительной теории эволюции собак, которая, снова была наиболее четко сформулирована американским зоологом Реймондом Коппингером. Идея в том, что эволюция собаки не была лишь вопросом искусственного отбора. Волки сами в не меньшей степени приспосабливались к особенностям человеческой среды благодаря естественному отбору. Большая часть начального одомашнивания собаки была самоодомашниванием, производимым естественным, а не

искусственным отбором. Задолго до того, как мы приобрели сноровку ваяния с помощью комплекта инструментов искусственного отбора, естественный отбор уже придавал волкам форму самоодомашненных "деревенских собак" без какого-либо человеческого вмешательства. Только позже люди взяли этих деревенских собак и превратили их, по отдельности и в полном объеме, в радугу пород, украшающих сегодня (если можно использовать слово украшение) выставку собак "Крафт" и подобные представления собачьих достижений и красоты (если можно использовать слово красота).

Коппингер отмечает, что когда одомашненные животные оказываются на свободе и дичают за многие поколения, они превращаются обратно в нечто очень напоминающее их диких предков. Можно было бы ожидать, что одичавшие собаки в этом случае станут чем-то похожим на волков. Но этого не происходит. Вместо этого дичающие собаки, кажется, становятся вездесущими "деревенскими" бродячими собаками – которые слоняются поблизости от человеческих поселений повсюду в странах третьего мира. Это подкрепляет в Коппингере веру, что собаки, которыми, наконец, занялись селекционеры, уже не были волками. Они уже изменились в собак: деревенских, бродячих собак, возможно, динго.

Настоящие волки - стайные охотники. Деревенские собаки - мусорщики, часто посещающие навозные кучи и свалки. Волки также роются в мусоре, но они органически не приспособлены копать в человеческих отбросах из-за их длинной "дистанции бегства". Если Вы видите кормящееся животное, Вы можете измерить его дистанцию бегства, узнав, как близко оно позволит Вам приблизиться, перед тем как убежит. Для любого конкретного вида в любой данной ситуации будет существовать оптимальная дистанция бегства, где-то между слишком опасной или безрассудной в коротком конце спектра до слишком трусливой или избегающей риска в длинном. Особи, которые срываются слишком поздно, когда

угрожает опасность, с большей вероятностью будут убиты этой самой опасностью. Это менее очевидно, но есть такая вещь как слишком ранний старт. Слишком пугливым особям никогда не удастся плотно поесть, потому что они убегают при первых признаках опасности на горизонте. Легко упустить опасности, свойственные слишком сильному избеганию рисков. Мы озадачены, когда видим зебр или антилоп, спокойно пасущихся на виду у львов, и только лишь бросающих настороженные взгляды на них. Мы недоумеваем, потому что наше собственное неприятие риска (или нашего гида на сафари) твердо удерживает нас в Ленд Ровере даже при том, что у нас нет никакой причины полагать, что в пределах миль есть лев. Это происходит потому, что нам нечего противопоставить нашему страху. Мы собираемся плотно поесть по возвращении с сафари в охотничьем домике. У наших диких предков было бы намного больше общего с рисковыми зебрами. Как и зебры, они должны были сбалансировать риск быть съеденными и риском остаться без еды. Конечно, лев может напасть, но, в зависимости от размера вашего стада, есть шанс, что он поймает другого ее члена, а не вас. И если бы вы никогда не рисковали выйти на пастбище или к водопою, то вы умерли бы, так или иначе, от голода или жажды. Это - тот же самый урок экономических компромиссов, который мы уже встречали, дважды.

Основной момент этого отступления состоит в том, что у дикого волка, как и у любого другого животного, будет оптимальная дистанция бегства, тщательно сбалансированная (и потенциально изменяемая) между излишней смелостью и излишней пугливостью. Естественный отбор меняет дистанцию бегства, смещая ее в одну или другую сторону вдоль этого диапазона, если условия изменятся в течение эволюционного времени. Если новый обильный источник пищи в виде деревенских свалок входит в мир волков, дистанция бегства перемещается в оптимальную точку к более короткому концу диапазона, в направлении нежелания убежать, лакомясь этими новыми обилием.

Мы можем представить себе диких волков, копающихся в мусорной яме на краю деревни. У большинства из них, боящихся людей, которые бросают камни и копья, очень длинная дистанция бегства. Они бросаются в безопасность леса как только человек появляется на этой дистанции. Но у некоторых особей, благодаря генетической случайности, оказывается немного более короткая дистанция бегства, чем в среднем. Их готовность немного рискнуть – они, быть может, храбры, но не безрассудны – позволяет им получать больше пищи, чем их менее склонным к риску конкурентам. В течение поколений естественный отбор благоприятствует все более короткой дистанции бегства, пока она не достигает точки, когда волки действительно подвергаются опасности из-за бросающих камни людей. Оптимальная дистанция бегства сдвинулась благодаря новому доступному источнику пищи.

Нечто похожее на эволюционное сокращение дистанции бегства было, по мнению Коппенгера, первом шагом приручения собаки, и это было достигнуто благодаря естественному, а не искусственному отбору. Уменьшение дистанции бегства является поведенческой мерой того, что можно было бы назвать увеличением приручаемости. На данном этапе этого процесса люди преднамеренно не выбирали самых ручных особей для размножения. На этой ранней стадии взаимодействия между людьми и этими зарождающимися собаками были враждебными. Если волки становились одомашненными, это было самоприручением, а не преднамеренным одомашниванием людьми. Преднамеренное одомашнивание произошло позже.

Мы можем составить представление о том как приручение, или что-либо еще, может быть вылеплено – естественно или искусственно – глядя на очаровательный эксперимент новейшей истории, на одомашнивание русских серебристо-черных лисиц с целью торговли мехом. Это вдвойне интересно потому, что преподносит нам уроки, сверх того, что Дарвин знал о процессе одомашнивания, о "побочных эффектах" селекционного разведения и о подобию, хорошо

понимаемом Дарвином, между искусственным и естественным отбором.

Серебристо-черная лисица является лишь цветной разновидностью, ценимой за ее красивый мех, обычной рыжей лисы, *Vulpes vulpes*. Русский генетик Дмитрий Беляев в 1950-х был назначен во главе производства на ферме лисьего меха. Он был позже уволен, потому что его научная генетика противоречила антинаучной идеологии Лысенко, биолога-шарлатана, которому удалось завоевать расположение Сталина, и, таким образом, прийти к власти и в значительной степени разрушить всю советскую генетику и сельское хозяйство примерно за двадцать лет. Беляев сохранил свою любовь к лисам и к истинной, свободной от Лысенко генетике, и позже смог возобновить свои исследования того и другого как директор Института Генетики в Сибири.

С дикими лисицами очень тяжело справляться и Беляев умышленно занялся селекцией на приручаемость. Как и у любого другого животновода или растениевода того времени, его метод должен был использовать естественные вариации (никакой геной инженерии в те дни не было), и выбирать для размножения тех самцов и самок, которые ближе всего подходят к идеалу, который он искал. Отбирая на приручаемость, Беляев мог бы выбирать для размножения тех кобелей и сук, которые больше ему приглянулись или смотрели на него самыми симпатичными выражениями мордашек. Это вполне могло иметь желаемый эффект на приручаемость будущих поколений. Однако он более методично использовал критерий, который достаточно близок к "дистанции бегства", только что упомянутый мною в связи с дикими волками, но примененный в отношении детёнышей. Беляев вместе со своими коллегами (а также последователями, потому как исследование продолжалось и после его смерти) подвергали детёнышей лис стандартизованным тестам, в которых предлагали им корм из человеческих рук, одновременно с тем пытаясь их погладить и приласкать. Детёнышей

классифицировали по трем категориям. В категорию III попали те, кто пытался укунить человека или просто убежал от него. В категории II оказались детеныши, позволившие себя приручить, но не показавшие экспериментаторам положительной ответной реакции. Детеныши I категории, самые ручные из всех, сами приближались к работникам, виляя своими хвостами и скуля. Когда детеныши вырастали, ученые систематически разводили только животных самой ручной категории.

По прошествии каких-то шести поколений такой селекции на приручаемость, лисы изменились так, что экспериментаторы чувствовали себя обязанными назначить новую категорию, "одомашненная элитная", которая "стремится установить контакт с человеком, скуля, чтобы привлечь внимание, фыркая и облизывая экспериментаторов как собаки". В начале эксперимента ни одна из лис не была в элитной категории. После десяти поколений выведения приручаемости 18 процентов были "элитой", после двадцати поколений - 35 процентов, а после тридцати - тридцати пяти поколений "одомашненные элитные" особи составляли от 70 до 80 процентов экспериментальной популяции.

Такие результаты, возможно, не слишком удивительны, за исключением удивительной величины и скорости эффекта. Тридцать пять поколений прошли бы незамеченными на геологической шкале времени. Еще более интересными, однако, были неожиданные побочные эффекты селекционного разведения на приручаемость. Они были по-настоящему восхитительными и действительно непредвиденными. Дарвин, будучи большим любителем собак, был бы очарован результатом. Прирученные лисицы не только вели себя как собаки, но даже стали внешне похожими на них. Они потеряли свой лисий мех и стали пегими, черно-белыми, как уэльские колли. Их заостренные лисьи уши сменились гибкими собачьими ушами. Их хвосты на конце завернулись вверх, как у собак, а не вниз, как хвост лисы. Течка у самок стала происходить каждые шесть месяцев, как у

сук, вместо одного раза в год, как у лисиц. Беляев утверждал, что они даже издавали звуки как собаки.



Беляев с его лисами, поскольку они становятся ручными и преданными

Эти изменения были побочными эффектами. Беляев и его команда преднамеренно не занимались их селекцией, их интересовала только приручаемость. Остальные похожие на собачьи черты, по-видимому, прибыли под эволюционным покровительством генов приручаемости. Генетиков этим не удивишь. Они выделяют широко распространенное явление, названное "плейотропия", которая выражается в том, что гены имеют несколько эффектов, внешне не

связанных. Ударение здесь на слове "внешне". Развитие эмбриона – это очень сложный процесс. По мере того, как мы узнаем о деталях, это "внешне не связанные" превращается в "связанные путем, который мы теперь понимаем, но не понимали прежде". По-видимому, гены висящих ушей и пегого меха плеiotропно связаны с генами приручаемости и у лис и у собак. Это иллюстрирует важный вопрос об эволюции. Когда Вы замечаете черту животного и спрашиваете, какова ее дарвинистская ценность для выживания, Вы, возможно, ставите неправильный вопрос. Может оказаться так, что черта, которую вы выбрали, является не той, которая имеет значение. Она, возможно, "прибыла под покровительством", притянута в процессе эволюции некоторой другой чертой, с которой она связана плеiotропно.

Итак, эволюция собаки, если прав Коппингер, была делом не только искусственного отбора, а сложной смесью естественного отбора (который преобладал на ранних стадиях приручения), и искусственного отбора (который вышел на первый план позже). Переход мог быть непрерывным, что снова подчеркивает подобие – как понял Дарвин – между искусственным и естественным отбором.

СНОВА ЦВЕТЫ

Давайте теперь, в третьем из наших разминочных набегов на естественный отбор, перейдем к цветам и опылителям и увидим кое-что из способностей естественного отбора управлять эволюцией. Биология опыления предоставляет нам некоторые довольно удивительные факты, и поразительность достигает кульминации в орхидеях. Неудивительно, что Дарвин был настолько увлечен ими; неудивительно, что он написал книгу, которую я уже упомянул, "О различных приспособлениях, посредством которых Британские и заморские орхидеи опыляются насекомыми". Некоторые орхидеи,

своего рода "волшебные пули", такие как мадагаскарские, которые мы встречали ранее, дают нектар, но другие нашли способ обойти затраты на кормление опылителей, обманывая их вместо этого. Есть орхидеи, которые напоминают самок пчел (или ос или мух) достаточно сильно, чтобы обманом заставить самцов пытаться совокупляться с ними. Насколько такое их подражание напоминает самок одного конкретного вида насекомых, настолько самцы этого вида могут служить волшебными пулями, летящими от цветка к цветку только одного вида орхидеи. Даже если орхидея напоминает "какую-нибудь пчелу" а не пчелу конкретного вида, то пчелы, которых она обманывает, все еще будут "более-менее волшебными" пулями. Если Вы или я пристально взгляните в "мышью орхидею", офрис насекомоносную или "пчелиную орхидею", офрис пчелоносную (см. цветную страницу 5), мы сможем отличить ее от реального насекомого; но взглянув случайно уголком глаза, мы были бы введены в заблуждение. И даже глядя на нее прямо, я сказал бы, что "пчелиные орхидеи" на картинке (h) явно скорее являются "шмелиными" орхидеями, чем орхидеями "домашних пчел". У насекомых сложные глаза, которые не столь остры как наши глаза камерного типа, поэтому формы и цвета орхидей, подражающих насекомым, усиливаемые обольстительными ароматами, подражающими ароматам самок насекомых, более чем способны обмануть самцов. Кстати, вполне вероятно, что схожесть усиливается, если смотреть в ультрафиолетовом диапазоне, чего мы лишены.

Так называемая пауковая орхидея, *Brassia* (цветная страница 5 (k)), достигает опыления другим родом обмана. Самки различных видов одиночных ос ("одиночных", потому что они не живут социально большими гнездами, как обыкновенные осенние надоедливые насекомые, названные американцами желтыми жакетами, yellowjackets) ловят пауков, жалят их, чтобы парализовать, и откладывают на них свои яйца как на живую кормовую базу для личинок. "Пауковые" орхидеи достаточно напоминают пауков, чтобы

обманом заставить самок ос пытаться их жалить. В процессе они поднимают поллинии - комки зерен пыльцы, производимые орхидеями. Когда они летят дальше, чтобы попытаться ужалить другую паучью орхидею, поллинии переносятся. Кстати, я не могу не добавить в точности обратный случай с пауком *Epicadus heterogaster*, который мимикрирует под орхидею. Насекомые прилетают к этому "цветку" в поисках нектара, и сразу оказываются съеденными им.

Некоторые из самых удивительных орхидей, практикующих эту уловку соблазнения, могут быть найдены в западной Австралии. Различные виды рода *Drakaea* известны как "молотковые" орхидеи. Каждый вид имеет тесные отношения с определенным видом осы, известным как *Thynnidae*. Части цветка имеют грубое сходство с насекомым, обманом заставляющим самца осы *Thynnidae* пытаться спариться с ним. До сих пор в моем описании нет резких отличий от других *Drakaea*, мимикрирующих под насекомых орхидей. Но *Drakaea* имеет замечательную дополнительную уловку - ее рукав: поддельная "оса" держится на конце подвешенной "руки" со сгибающимся "локтем". Вы можете ясно видеть сгиб на картинке (цветная страница 5 (g)). Колебательные движения осы, захватывающей поддельную осу, заставляют "локоть" сгибаться, и оса многократно раскачиваясь вперед-назад, ударяет как молоточек в противоположную сторону цветка – давайте называть ее наковальней – где у того находятся половые органы. Поллинии отцепляются и прилипают к осе, которая, в конечном счете, высвобождается и улетает, огорченная, но, очевидно, не умудренная: она повторит представление на другой молотковой орхидее, где вместе с поллиниями, которые она переносит, снова бьется о наковальню, так, что ее груз находит предначертанное ему пристанище на женских органах цветка. Я показал фильм об этой поразительной работе в одной из моих Королевских Рождественских Лекций для детей, и его можно увидеть в записи лекции, названной "Ультрафиолетовый Сад".

В той же самой лекции я обсуждал "ковшовые орхидеи" Южной Америки, которые достигают опыления столь же замечательным, но несколько иным способом. У них так же есть специализированные опылители, не осы, а маленькие пчелы, из группы под названием орхидейные пчелы, *Euglossini*. Опять же, эти орхидеи не дают нектара. И эти орхидеи не заставляют пчел спариваться с ними обманом. Вместо этого они обеспечивают жизненно важный элемент содействия трутням, без которых те были бы неспособны привлечь настоящих самок.

Эти маленькие пчелы, которые живут только в Южной Америке, имеют странную привычку. Они идут на изощренные меры, чтобы собирать ароматные или вообще какие-либо пахнущие вещества, которые они хранят в специальных контейнерах, прикрепленных к их увеличенным задним ногам. У различных видов эти вещества с запахом могут браться от цветов, из мертвой древесины или даже из фекалий. Кажется, они используют собранные духи, чтобы привлечь, или добиться расположения, самки. Многие насекомые используют особые ароматы, чтобы привлечь противоположный пол, и большинство из них производит духи в специальных железах. Самки тутового шелкопряда, например, привлекают самцов на удивительно большом расстоянии, выпуская уникальный аромат, который они производят, и который самцы обнаруживают своими антеннами в мельчайших следах буквально за мили. В случае пчел *Euglossini* аромат используют самцы. И, в отличие от моли женского пола, они не синтезируют свои собственные духи, а используют пахнущие компоненты, которые они собрали, не как чистые вещества, а как тщательно подобранные смеси, которые они складывают, подобно опытным парфюмерам. Каждый вид смешивает характерный коктейль веществ, собранных из различных источников. И есть некоторые виды пчел *Euglossini*, которые положительно нуждаются для производства своего характерного для вида аромата, вещества, которое поставляется только цветами особых видов орхидей рода

Coryanthes - ковшовых орхидей. Общепринятое название пчел Euglossini - "орхидейные пчелы".

Какая утонченная картина взаимной зависимости. Орхидеи нуждаются в пчелах Euglossini по обычной причине - в качестве "волшебной пули". А пчелы нуждаются в орхидеях по скорее странной причине, что они не могут привлечь пчел-самок без веществ, которые или невозможно или, по крайней мере, слишком трудно найти, разве что через бюро товаров ковшовых орхидей. Но путь, которым достигается опыление, является еще более странным, и это, на первый взгляд, делает пчелу скорее жертвой, чем сотрудничающим партнером.

Трутня Euglossini привлекает к орхидее запах веществ, в которых он нуждается для производства своих сексуальных духов. Он садится на край ковша и начинает соскребывать восковые духи в специальные "ароматные" карманы в ногах. Но край ковша под ногами скользкий, и на это есть причина. Пчела-самец падает в ковш, заполненный жидкостью, в которой он плавает. Он не может подняться по скользкой стороне ковша. Существует только один выход, и это специальное отверстие размером с пчелу в боковине ковша (не видна на картинке, которая приведена на цветной странице 4). Его ведут "ступеньки" к отверстию, и он начинает ползти через него. Плотное облежание становится еще сильнее, когда "губки" (их вы можете видеть на картинке: они выглядят как патрон от токарного станка или электродрель) сжимают и захватывают его. Пока он удерживается в тисках орхидеи, та приклеивает два поллиния к его спине. Клею требуется время, чтобы затвердеть, после чего губки снова расслабляются и выпускают пчелу, которая летит, снаряженная поллиниями на спине. Все еще в поисках драгоценных ингредиентов для своей парфюмерии, пчела садится на другую ковшовую орхидею, и процесс повторяется. На сей раз, однако, когда пчела пробирается через отверстие в ковше, поллинии соскребаются, и они оплодотворяют пестик этой второй орхидеи.

Интимные отношения между цветами и их опылителями являются прекрасным примером того, что называется коэволюцией - совместной эволюцией. Коэволюция часто встречается между организмами, которые могут что-то выиграть друг от друга, товарищества, в котором каждая сторона дает нечто другой, и обе выигрывают от сотрудничества. Другой красивый пример - набор отношений, которые независимо возникли на коралловых рифах, в различных частях света, между рыбами-чистильщиками и крупной рыбой. Чистильщики принадлежат к нескольким разным видам, и некоторые из них даже не рыба вовсе, а креветки - хороший случай конвергентной эволюции. Чистка среди рыб кораллового рифа является таким же проработанным жизненным ремеслом, как охота, или щипание зелени, или поедание муравьев среди млекопитающих. Чистильщики получают средства на существование, выбирая паразитов с тел их более крупных "клиентов". То, что это приносит клиентам пользу, было элегантно продемонстрировано путем удаления всех чистильщиков из экспериментальной области рифа, после чего здоровье многих видов рыб ухудшилось. Я обсуждал привычки очистки в другом месте, поэтому не буду останавливаться здесь.

Коэволюция также происходит между видами, не извлекающими выгоду из взаимного присутствия, такими как хищники и добыча, или паразиты и хозяева. Эти типы совместной эволюции иногда называют "гонкой вооружений", и я отложу их обсуждение до главы 12.

ПРИРОДА КАК ОТБИРАЮЩИЙ АГЕНТ

Позвольте мне подвести эту и предыдущую главу к заключению. Отбор - в форме искусственного отбора селекционерами - может превратить дворняжку в пекинеса или дикую капусту в цветную за

несколько столетий. Различие между любыми двумя породами собак дает нам общее представление о величине эволюционных изменений, которые могут быть достигнуты меньше чем за тысячелетие. Следующий вопрос, который мы должны задать – как много таких тысячелетий прошло с момента зарождения жизни? Если вспомнить, насколько разительно отличается дворняга от пекинеса, и знать, что между ними всего несколько веков эволюции, то становится интересно, как много времени отделяет нас от начала эволюции, например, млекопитающих? Или с момента, когда рыбы выбрались на сушу? Ответ таков: жизнь началась не столетия назад, а десятки миллионов столетий назад. Измеренный возраст планеты составляет 4,6 миллиарда лет, или 46 миллионов столетий. Со времени общего для всех сегодняшних млекопитающих предка на Земле прошло порядка двух миллионов столетий. Век кажется нам очень продолжительным промежутком времени. Вы можете вообразить два миллиона столетий, сложенных непрерывной цепью? Время, которое прошло с тех пор, как наши предки-рыбы, выползли из воды на сушу, составляет приблизительно три с половиной миллиона столетий: то есть приблизительно в двадцать тысяч раз больше, чем потребовалось, чтобы произвести все разнообразие (действительно очень разных) пород собак от общего предка, которого все они разделяют.

Держите в голове картину различий между пекинесом и дворнягой. Мы здесь не говорим о точных замерах: вполне пойдет просто подумать о различиях между любыми двумя породами собак, поскольку это в среднем - удвоенное количество изменений, внесенных искусственным отбором со времени общего предка. Держите в голове порядок этих эволюционных изменений, потом экстраполируйте на в 20,000 раз более далекое прошлое. Не так уж трудно становится поверить, что эволюция за это время могла привести нас к количеству изменений, достаточному, чтобы трансформировать рыбу в человека.

Но все это предполагает, что мы знаем возраст Земли и различных ориентиров в ископаемой летописи. Это книга о свидетельствах, поэтому я не могу лишь заявлять даты, а должен подтвердить их. Откуда, в действительности, мы знаем возраст какой-нибудь отдельной горной породы? Откуда мы знаем возраст ископаемого? Откуда знаем возраст Земли? Откуда, если уж на то пошло, мы знаем возраст вселенной? Нам нужны часы, и часы - предмет следующей главы.

ГЛАВА 4 ТИШИНА И МЕДЛЕННОЕ ВРЕМЯ

Если отрицатели истории, которые сомневаются в факте эволюции, не знают биологии, то те, кто думает, что мир возник менее чем десять тысяч лет назад, хуже просто невежд, поскольку они введены в заблуждение до степени извращения. Они отрицают не только факты биологии, но также и факты физики, геологии, космологии, археологии, истории и химии. Эта глава о том, откуда мы знаем возраст горных пород и заключенных в них ископаемых. В ней представлены свидетельства того, что масштаб времени, в течение которого жизнь действовала на этой планете, измеряется не в тысячах лет, а в тысячах миллионов лет.

Помните, что ученые-эволюционисты находятся в положении сыщиков, запоздавших на место преступления. Чтобы точно определить, когда произошли события, мы зависим от следов, оставленных процессами, зависящими от времени – часов в широком смысле. Одним из первых, что сделает прибывший на место убийства сыщик, это попросит врача или патологоанатома определить примерное время наступления смерти. Многие зависят от этой информации, и в детективной беллетристике почти мистическое благоговение получает эта оценка патологоанатома. "Время смерти" является основным фактом, непогрешимым центром, вокруг которого вращаются более или менее натянутые предположения детектива. Но оценка, конечно, предрасположена к погрешности, погрешности которую можно измерить и которая может быть достаточно большой. Патологоанатом использует различные процессы с временной зависимостью, чтобы оценить время смерти: тело охлаждается с характерной скоростью, трупное окоченение наступает в определенное время, и так далее. Это довольно грубые "часы"

доступные для того, кто расследует убийство. Часы, доступные ученому-эволюционисту, потенциально намного более точны - в пропорции к применяемой шкале времени, конечно, не с точностью до ближайшего часа! Аналогия с точными часами более убедительна для юрских пород в руках геолога, чем для остывающего трупа в руках патологоанатома.

Часы, созданные человеком, работают в масштабах времени, очень коротких по эволюционным меркам - часы, минуты, секунды - и процессы, зависящие от времени, которые они используют, быстры: раскачивание маятника, вращение пружинки, колебание кристалла, горение свечи, опустошение сосуда с водой или песочных часов, вращение земли (зарегистрированное по солнечному циферблату). Все часы используют некоторый процесс, который идет с постоянной и известной скоростью. Маятник качается с постоянной частотой, которая зависит от длины маятника, но (по крайней мере, так гласит теория) не от амплитуды раскачивания или массы груза на его конце. Напольные часы с маятником работают в связке маятника с анкером, который продвигает зубчатое колесо, шаг за шагом; тем самым вращение замедлено до скоростей вращения часовой стрелки, минутной стрелки и секундной стрелки. Пружинные часы работают схожим образом. В электронных часах используется электронный эквивалент маятника - колебание определенных видов кристаллов при запитке их энергией от батареи. Водяные часы и свечные часы намного менее точны, но они были полезны до изобретения часов, отсчитывающих события. Они зависят не от подсчета событий, как это делают маятниковые или цифровые часы, а от измерения некоторой количественной величины. Солнечные часы - неточный способ определить время. Но вращение Земли, являющееся процессом с временной зависимостью, на который они опираются, точен в более медленном масштабе времени тех часов, которые мы называем календарем. Это происходит потому, что к этому масштабу времени они больше не являются измеряющими часами (солнечные часы измеряют непрерывную величину угла положения солнца), а

становятся отсчитывающими часами (отсчитывающими циклы день/ночь).

Нам доступны как отсчитывающие, так и измеряющие часы на очень медленном временном масштабе эволюции. Но для расследования эволюции мы не нуждаемся просто в часах, которые бы показывали текущее время, как это делают солнечные или наручные часы. Мы нуждаемся в чем-то более похожем на фиксирующий секундомер, который может быть обнулен. Наши эволюционные часы должны быть выставлены на ноль в некоторый момент, так, чтобы мы могли вычислить время, прошедшее после начальной точки, чтобы дать нам, например, абсолютный возраст некоторого объекта, такого как горная порода. Радиоактивные часы для датировки магматических (вулканических) пород удобно обнуляются в момент затвердевания расплавленной лавы.

К счастью, доступен ряд обнуляемых естественных часов. Это разнообразие - хорошая вещь, потому что мы можем использовать одни часы, чтобы проверить точность других часов. Еще более удачно, что они чутко покрывают удивительно широкий диапазон временных масштабов, и это нам нужно, потому что масштабы эволюционного времени охватывают семь или восемь порядков. Стоит разъяснить, что это означает. Порядок означает нечто совершенно конкретное. Изменение на один порядок - это одно умножение (или деление) на десять. Так как мы используем десятичную систему счисления, порядок числа - количество нулей, до или после десятичной запятой. Таким образом, диапазон в восемь порядков составляет сто миллионов раз. Секундная стрелка часов вращается в 60 раз быстрее, чем минутная стрелка, и в 720 раз быстрее, чем часовая стрелка, так что эти три стрелки охватывают диапазон менее трех порядков. Он ничтожен по сравнению с восемью порядками, охватываемыми нашим набором геологических часов. Часы, построенные на радиоактивном распаде, доступны для коротких сроков, вплоть до долей секунды; но для эволюционных

целей часы, которыми можно отмерять века или, возможно, десятилетия - это самое быстрое, из того, что нам необходимо. Этот быстрый конец спектра естественных часов - годовые кольца и углеродное датирование - полезен в археологических целях, и в датировании экземпляров на шкале времени, которая охватывает одомашнивание собаки или окультуривание капусты. В другом конце шкалы мы нуждаемся в естественных часах, которые бы отмеряли сотни миллионов или даже миллиарды лет. И, хвала природе, которая предоставила нам такой широкий ассортимент нужных часов. К тому же их диапазоны чувствительности перекрываются между собой таким образом, что мы можем использовать их для проверки друг друга.

ГОДИЧНЫЕ КОЛЬЦА ДЕРЕВЬЕВ

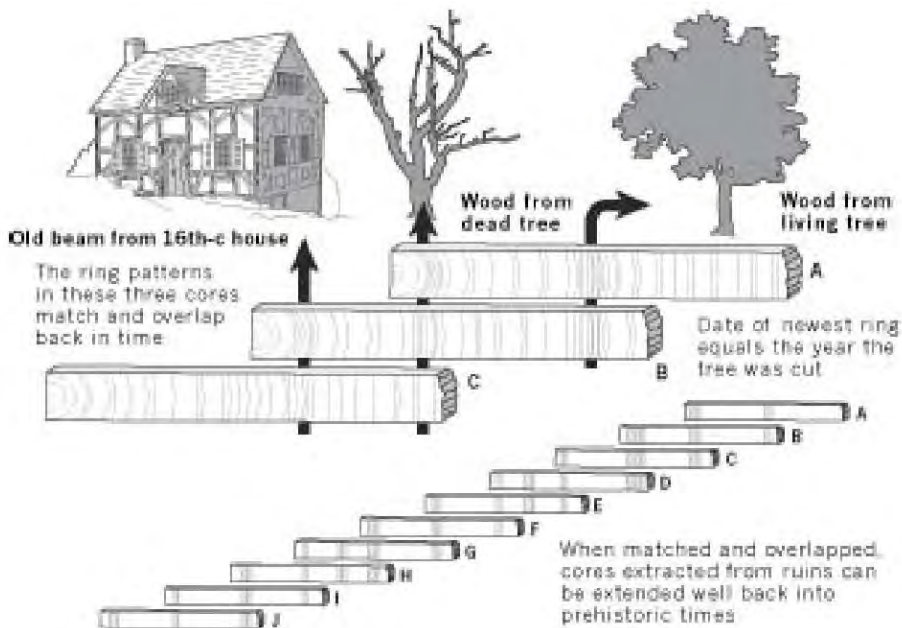
Часы годовых колец деревьев могут быть использованы для датирования куска дерева, скажем, бревна в доме времен Тюдоров, с удивительным точностью, в буквальном смысле до года. Вот как это работает. Во-первых, как многие знают, можно определить возраст недавно срубленного дерева путем подсчета колец в его стволе, предполагая, что внешнее кольцо представляет настоящее время. Кольца отражают различия роста в разные сезоны года - зимой или летом, сухой сезон и сезон дождей, и они особенно ярко выражены в высоких широтах, где существует сильная разница между сезонами. К счастью, вам не требуется на самом деле срубить дерево, чтобы определить его возраст. Вы можете взглянуть на его кольца, не убивая его, а лишь высверлив отверстие до середины дерева извлекая образец ядра. Но просто подсчет колец не скажет вам, в каком веке бревно вашего дома или мачта вашей галеры викингов было живо. Если вы хотите, датировать давно мертвую древесину, вам придется быть более изощренными. Не просто считайте кольца, а посмотрите на узор из толстых и тонких колец.

Так же, как наличие колец означает сезонные циклы интенсивного и слабого роста, так и некоторые года бывают лучше, чем другие, так как погода меняется из года в год: засуха замедлит процесс роста, а дождливый год ускорит его; есть холодные и теплые годы, и даже годы Эль-Ниньо или катастрофы Кракатау. Хорошие годы, с точки зрения дерева, производят более широкие кольца чем, плохие годы. И узор из широких и узких колец в любом одном регионе, созданный конкретной последовательностью хороших и плохих лет, является достаточно характерным "отпечатком пальца", который точно маркирует годы образования этих колец - чтобы быть распознаваемыми от дерева к дереву.

Дендрохронологи измеряют кольца на свежих деревьях, у которых точная дата каждого кольца определяется путем отсчета назад от года, в котором дерево, как известно, было срублено. На этих измерениях они строят справочную коллекцию узоров колец, с которыми вы можете сравнить узоры колец археологического образца бревна, дату которого вы хотите узнать. Таким образом, вы можете получить заключение: "Эта тюдоровская балка содержит последовательность годовых колец, которая соответствует последовательности из справочной литературы, которая, как известно, сформировалась в годы с 1541 по 1547. Следовательно, дом был построен после 1547 года нашей эры.

Все это очень хорошо, но немногие из сегодняшних деревьев были живы в тюдоровские времена, уже не говоря о каменном веке или ранее. Существуют некоторые деревья - остистые сосны и некоторые гигантские секвойи - которые живут на протяжении тысячелетий, но большинство деревьев, идущих на древесину, вырубается, когда они моложе ста лет или около того. Как, тогда, мы создаем справочную коллекцию колец для более древних времен? Для времен столь отдаленных, что даже самая старая живая остистая сосна не захватывает их? Я думаю, что Вы уже додумались до ответа. Перекрытия. Прочный канат может быть длиной 100 метров , но

каждое волокно в нем достигает лишь части этого размера. Чтобы использовать принцип перекрытия в дендрохронологии, вы берете справочные образцы узоров, дата которых известна по современным деревьям. Затем вы идентифицируете узор старых колец современных деревьев и ищите тот же самый узор среди молодых колец давно мертвых деревьев. Затем, вы изучаете узор старых колец этих самых давно мертвых деревьев, и ищите тот же узор в младших кольцах еще более старых деревьев. И так далее. Вы можете выстроить цепочку в прошлое, теоретически на миллионы лет, используя окаменелый лес, хотя на практике дендрохронология используется только в археологических сроках, в масштабах нескольких тысяч лет. И удивительная вещь о дендрохронологии состоит в том, что, по крайней мере, теоретически, вы можете сохранять точность до года даже в отношении ископаемого леса, которому 100 миллионов лет. Вы буквально, можете сказать, что это кольцо в ископаемом дереве юрского периода образовалось на 257 лет позже, чем другое кольцо в другом дереве юрского периода! Если бы имелось достаточно окаменелого леса, чтобы построить непрерывную цепочку в прошлое из настоящего, вы бы смогли сказать, что это дерево не только конца юрского периода, но что оно было живо в 151 432 657 году до нашей эры! К сожалению, у нас нет такой непрерывной цепи, и дендрохронология на практике предоставляет нам всего около 11500 лет. Это, однако, - дразнящая мысль, что, если только мы могли бы найти достаточно много ископаемых лесов, мы могли бы датировать с точностью до года на промежутках в сотни миллионов лет.



Как работает дендрохронология

Годичные кольца - не единственная система, которая везде обещает полную точность до года. Осадочные слои, откладываются в ледниковых озерах. Как и годичные кольца, они меняются по сезонам и из года в год, таким образом, теоретически может быть использован тот же самый принцип, с той же степенью точности. У коралловых рифов также есть годичные кольца, точно так же как у деревьев. Удивительно, но они были использованы для установления даты древних землетрясений. Годичные кольца тоже, кстати, говорят нам о датах землетрясений. Большинство других систем датирования, которые доступны нам, включая все радиоактивные часы, которые мы фактически используем во временном масштабе десятков миллионов, сотен миллионов или миллиардов лет, точны только в пределах величины погрешности, которая примерно пропорциональна самому масштабу измеряемого времени.

РАДИОАКТИВНЫЕ ЧАСЫ

Теперь переходим к радиоактивным часам. Их существует довольно много, чтобы можно было выбирать, и, как я уже сказал, они успешно охватывают весь спектр от века до тысяч миллионов лет. У каждого из них есть его собственный предел погрешности, который обычно составляет около 1 процента. Так, если Вы хотите датировать породы, которым миллиард лет, вы должны довольствоваться ошибкой плюс или минус десяток миллионов лет. Если вы хотите датировать породы возрастом в сотню миллионов лет, вы должны удовлетвориться погрешностью порядка миллиона лет. При датировке пород, которым только десятки миллионов лет, вы должны допустить погрешность плюс или минус несколько сотен тысяч лет.

Чтобы понять, как работают радиоактивные часы, мы сначала должны понять, что подразумевается под радиоактивным изотопом. Вся материя состоит из элементов, которые обычно химически объединены с другими элементами. Существует около 100 элементов, несколько больше, если считать элементы, которые когда-либо были синтезированы в лаборатории, и, немного меньше, если считать только те элементы, которые встречаются в природе. Примерами элементов являются: углерод, железо, азот, алюминий, магний, фтор, аргон, хлор, натрий, уран, свинец, кислород, калий и олово. Атомная теория строения вещества, которую, я думаю, принимает каждый, даже креационисты, говорит нам, что каждый элемент имеет свой собственный характерный атом, являющийся наименьшей частицей, на которую вы можете разделить элемент, без чего он перестал бы быть этим элементом. На что похож атом, скажем атом свинца, или меди, или углерода? Ну, он, конечно, не выглядит как свинец или медь или углерод. Он ни на что не похож, потому что является слишком маленьким, чтобы сформировать какое-либо изображение на вашей сетчатке, даже с помощью ультрамощного микроскопа. Мы можем использовать аналогии или модели, чтобы помочь визуализировать атом. Самая известная модель была предложена

великим датским физиком Нильсом Бором. Модель Бора, которая сейчас уже является устаревшей, представляет солнечную систему в миниатюре. Роль солнца играет ядро, а вокруг него обращаются электроны, которые играют роль планет. Как и в солнечной системе, почти вся масса атома содержится в ядре ("солнце"), и почти весь объем заключен в пустом пространстве, которое отделяет электроны ("планеты") от ядра. Каждый из электронов крошечный по сравнению с ядром, и пространство между ними и ядром также огромно по сравнению с размерами и того и другого. Любимая аналогия изображает ядро как муху в середине спортивного стадиона. Ближайшее соседнее ядро является другой мухой в середине примыкающего стадиона. Электроны каждого атома носятся по орбите вокруг своих соответствующих мух, будучи меньшими, чем самые крошечные мошки, слишком маленькие, чтобы быть заметными в том же масштабе, что и мухи. Когда мы смотрим на твердую глыбу железа или скалы, мы "реально" смотрим на то, что представляет собой почти полностью пустое пространство. Оно выглядит и ощущается сплошным и непрозрачным, потому что нашим сенсорным системам и мозгу удобно воспринимать его сплошным и непрозрачным. Для мозга удобно представить камень как сплошное тело, потому что мы не можем пройти через него. "Сплошной" это наш способ воспринимать вещи, через которые мы не можем пройти или провалиться из-за электромагнитных сил между атомами. "Непрозрачный" - это наше ощущение, которое мы получаем, когда свет отражается от поверхности объекта и совсем не проходит через него.

Три вида частиц входят в состав атома, по крайней мере, как это представляется моделью Бора. Электроны мы уже встречали. Другие две частицы, значительно большие, чем электроны, но все же крошечные по сравнению с чем-либо, что мы можем представить или ощутить нашими чувствами, названы протонами и нейтронами, и они находятся в ядре. Они почти одинакового размера. Число протонов постоянно для любого конкретного элемента и равно числу

электронов. Это число называется атомным номером. Это уникальная характеристика элемента, и нет никаких пробелов в списке атомных номеров - знаменитой периодической системы [Менделеева]. Каждому номеру в последовательности соответствует ровно один и только один элемент. Элемент с атомным номером 1 - водород, 2 - гелий, 3 - литий, 4 - бериллий, 5 - бор, 6 - углерод, 7 - азот, 8 - кислород, и так далее до таких больших чисел как 92, которое является атомным номером урана.

Протоны и электроны несут электрический заряд противоположного знака - мы называем один из них положительным, а другой отрицательным, в соответствии с произвольным соглашением. Эти электрические заряды важны, когда элементы формируют химические соединения друг с другом, главным образом посредством электронов. Нейтроны в атоме связаны в ядре с протонами. В отличие от протонов, они не несут заряда, и они не играют никакой роли в химических реакциях. Протоны, нейтроны и электроны в любом элементе точно такие же, как и в любом другом элементе. Нет такого понятия как протон золота, или электрон меди, или нейтрон калия. Протон - он везде протон, а то, что делает атом меди медью - то, что в нем ровно 29 протонов (и ровно 29 электронов). То, о чем мы обычно думаем как о природе меди, является вопросом химии. Химия - танец электронов. Она вся заключается во взаимодействии атомов через посредство своих электронов. Химические связи легко разрушаются и заново создаются, потому что только электроны отделяются или обмениваются в химических реакциях. Силы притяжения внутри атомных ядер гораздо труднее разорвать. Вот почему "расщепление атома" звучит так угрожающе, но это может происходить в "ядерных", в противоположность химическим, реакциях, и радиоактивные часы зависят от них.

У электронов незначительная масса, таким образом, полная масса атома, его "атомная масса", равна суммарному числу протонов и нейтронов. Обычно она чуть более чем вдвое превышает атомный

номер, потому что, как правило, в ядре имеется несколько больше нейтронов, чем протонов. В отличие от числа протонов, число нейтронов в атоме не является диагностической чертой элемента. Атомы любого конкретного элемента могут быть в различных версиях, называемых изотопами, различающихся числом нейтронов, но всегда с одинаковым числом протонов. У некоторых элементов, таких как фтор, есть только один встречающийся в природе изотоп. Атомный номер фтора 9, а его атомная масса 19, из чего вы можете вывести, что у него 9 протонов и 10 нейтронов. У других элементов существует много изотопов. У свинца пять широко распространенных изотопов. Все они имеют одинаковое число протонов (и электронов), а именно 82, что является атомным номером свинца, но с атомной массой в диапазоне между 202 и 208. У углерода три изотопа, встречающихся в природе. Углерод-12 является обыкновенным углеродом с одинаковым количеством нейтронов и протонов - по 6. Существует также углерод-13, слишком короткоживущий, чтобы им заниматься, и углерод-14, который редок, но не слишком редок, чтобы быть полезными для датировки относительно молодых органических образцов, как мы увидим.

Теперь следующий важный теоретический факт. Некоторые изотопы являются стабильными, другие нестабильны. Свинец-202 является нестабильным изотопом; свинец-204, свинец-206, свинец-207 и свинец-208 - стабильными изотопами. "Нестабильный" означает, что атомы спонтанно распадаются в нечто другое, предсказуемыми темпами, хотя и в непредсказуемые моменты. Предсказуемость скорости распада - ключ ко всем радиометрическим часам. Другое слово для "нестабильного" - "радиоактивный". Существует несколько видов радиоактивного распада, пригодных в качестве часов. Для наших целей не важно понимать их, но я объясню их здесь, чтобы показать великолепный уровень детализации, которого физики достигли в изучении подобного рода вещей. Такие подробности проливают сардонический свет на отчаянные попытки креационистов

подыскать оправдания свидетельствам радиоактивного датирования, и сохранить Землю молодой как Питер Пэн.

Во всех этих видах распада вовлечены нейтроны. При одном виде нейтрон превращается в протон. Это означает, что атомная масса остается та же (так как у протонов и нейтронов одинаковая масса), а атомное число повышается на единицу, таким образом, атом становится иным элементом, на один шаг правее в периодической системе. Например, натрий 24 превращается в магний 24. При другом виде радиоактивного распада происходит в точности обратное. Протон превращается в нейтрон. Снова, атомная масса остается та же самая, но на этот раз атомное число уменьшается на единицу, а атом становится следующим элементом левее в периодической системе. Третий вид радиоактивного распада имеет тот же результат. Залетный нейтрон ударяет ядро и выбивает один протон, занимая его место. Опять же, нет никаких изменений в атомной массе, и снова, атомный номер уменьшается на один, и атом превращается в следующий элемент левее в периодической системе. Существует также более сложный вид распада при которой атом испускает так называемую альфа-частицу. Альфа-частица состоит из двух протонов и двух нейтронов, склеенных вместе. Это означает, что атомная масса уменьшается на четыре, а атомный номер понижается на два. Атом превращается в тот элемент, который находится на две ячейки левее в периодической таблице. Пример альфа-распада - превращение очень радиоактивного изотопа урана 238 (с 92 протонами и 146 нейтронами) в торий 234 (с 90 протонами и 144 нейтронами).

Теперь мы приближаемся к сути всего дела. Каждый нестабильный или радиоактивный изотоп распадается со своей собственной характерной скоростью, которая точно известна. Кроме того, некоторые из этих скоростей значительно медленнее, чем другие. Во всех случаях распад экспоненциальный. Экспоненциальный означает, что если вы начнете, скажем, со 100 граммов радиоактивного изотопа, то не будет так, что фиксированное количество, скажем в 10

граммов, превратится в другой элемент за данное время. Скорее, фиксированная доля того, что оставалось, превратиться во второй элемент. Общепринятой мерой скорости распада является "период полураспада". Период полураспада радиоактивного изотопа - время, затраченное на распад половины его атомов. Период полураспада одинаков, независимо от того, сколько атомов уже распалось - это означает экспоненциальный распад. Вы можете понять, что с таким последовательным располовиниванием, мы никогда, на самом деле, не узнаем, сколько надо, чтобы не осталось ничего. Однако, мы можем сказать, что после того, как пройдет достаточное количество времени - скажем десять полураспадов, число атомов, которое остается, является настолько маленьким, что, для практических нужд можно считать, что все распалось. Например, период полураспада углерода-14 составляет между 5000 и 6000 лет. Для образцов более старых, чем 50 000-60 000 лет, радиоуглеродное датирование бесполезно, и мы должны обратиться к более медленным часам.

Период полураспада рубидия-87 составляет 49 миллиардов лет. Период полураспада фермия-244 составляет 3,3 мс. Такие поразительные крайности служат иллюстрацией колоссального диапазона доступных часов. Хотя период полураспада углерода-15 в 2,4 секунды слишком короток для решения эволюционных вопросов, период полураспада углерода-14 в 5730 лет в самый раз для датирования в археологическом масштабе времени, к чему мы сейчас идем. Изотопом, часто используемым в масштабе эволюционного времени, является калий-40 с его периодом полураспада в 1,26 миллиарда лет, и я собираюсь использовать его в качестве своего примера для объяснения в целом идеи радиоактивных часов. Их часто называют калий-аргоновыми часами, потому что аргон 40 (он на единицу меньше в периодической системе) является одним из элементов, в которые распадается калий 40 (другим, в результате другого вида радиоактивного распада, является кальций 40, находящийся на единицу правее в периодической системе). Если начать с некоторого количества калия-40, то через 1260 миллионов

лет половина калия-40 распадется в аргон-40. Это - то, что означает период полураспада. Еще через 1.26 миллиардов лет распадется половина того, что оставалось (четверть от исходного) и так далее. За промежуток времени более короткий, чем 1.26 миллиарда лет, соответственно меньшее количество исходного калия распадется. Итак, представьте, что вы начинаете с некоторым количеством калия-40 в закрытом пространстве, без аргона 40. После того, как несколько сотен миллионов лет прошли, ученый наталкивается на то же самое замкнутое пространство и измеряет относительные пропорции калия 40 и аргона 40. Из этой доли, вне зависимости от абсолютных количеств, зная период полураспада калия-40 и предполагая, что аргона вначале не было, можно оценить время, прошедшее с момента запуска процесса, иными словами, с того времени, как часы "были обнулены". Заметьте, что мы должны знать соотношение родительского (калий 40) и дочернего (аргон 40) изотопов. Более того, как мы видели ранее в этой главе, необходимо, чтобы наши часы были обнулены. Но что имеется в виду, когда говорят о том, что радиоактивные часы были "обнулены"? Процесс кристаллизации придает этому смысл.

Как все радиоактивные часы, используемые геологами, калий-аргоновый отсчет времени работает только для так называемых магматических пород. Магматические породы затвердевают из расплавленных горных пород - подземной магмы в случае гранита, лавы из вулканов в случае базальта. Когда расплавленная порода отвердевает и формирует гранит или базальт, она затвердевает в виде кристаллов. Эти, как правило, небольшие, прозрачные кристаллы, как кварц, но кристаллы, которые слишком малы, чтобы выглядеть как кристаллы для невооруженного глаза. Кристаллы бывают различных типов, и некоторые из них, такие как слюда, содержат атомы калия. Среди них есть атомы радиоактивного изотопа калия 40. Когда кристалл формируется в момент отвердевания магмы, присутствует калий 40, но нет аргона. Часы "обнуляются" в том смысле, что в кристалле нет атомов аргона. По прошествии миллионов лет калий 40

медленно распадается, и, один за другим, атомы аргона 40 заменяют в кристалле атомы калия 40. Накапливающееся количество аргона 40 является мерой времени, прошедшего с момента образования породы. Но по причине, которую я только что объяснил, эта величина имеет смысл только тогда, когда выражается как соотношение калия-40 к аргону-40. Когда часы были обнулены, соотношение составляло 100 процентов в пользу калия-40. Через 1260 млн лет, соотношение будет 50 на 50. Спустя еще 1260 млн лет, половина оставшегося калия-40 будет преобразована в аргон-40, и так далее. Промежуточные пропорции показывают промежуточные времена, с момента когда кристаллические часы были обнулены. Таким образом, геологи, измеряя соотношение между калием 40 и аргонем 40 в куске магматической породы, которую они берут сегодня, могут сказать, когда порода исходно кристаллизовалась из расплавленного состояния. Магматические породы, как правило, содержат много различных радиоактивных изотопов, и не только калий 40. Удачным аспектом того, как затвердевают магматические породы, является то, что они делают это внезапно - так, что все часы в данном куске породы обнуляются одновременно.

Только магматические породы обеспечивают радиоактивные часы, но ископаемые почти никогда не встречаются в магматической породе. Ископаемые формируются в осадочных породах, таких как известняк и песчаник, которые не являются застывшей лавой. Они - слои грязи, ила или песка, постепенно отлагающиеся на дне моря, озера или лимана. Песок или ил уплотняется в течение многих веков и твердеет, как камень. Трупы, попавшие в грязь, имеют шанс fossilizироваться [сохраниться как ископаемое]. Хотя только небольшая часть трупов действительно становится ископаемыми, осадочные породы - единственные породы, которые содержат ископаемые, о которых стоит говорить.

Осадочные породы, к сожалению, не могут быть датированы с помощью радиоактивности. Вероятно, отдельные частицы ила или

песка, которые входят в состав осадочных пород содержат калий 40 и другие радиоактивные изотопы, и поэтому можно говорить, что они содержат радиоактивные часы; но, к сожалению, эти часы бесполезны, потому что они не обнулены должным образом, или обнулены в разное друг от друга время. Частицы песка, которые уплотнены до песчаника, возможно, первоначально содержались в изверженных породах, но эти магматические породы, из которых образован песчаник, кристаллизовались в разное время. Каждая песчинка имеет часы, обнуленные в свое время, и это обнуленное время установлено, вероятно, задолго до формирования осадочных пород и захоронения ископаемых, которых мы пытаемся датировать сегодня. Так, с точки зрения хронометрирования, осадочная порода - сплошной беспорядок. Она не может быть использована. Лучшее, что мы можем сделать, и это - довольно хорошее лучшее, это использовать возраст вулканических горных пород, которые находятся вблизи осадочных пород или внедрены в них.

Для датировки ископаемого вам не требуется в буквальном смысле найти его запрессованным между двумя плитами магматических пород, хотя это отличный способ для иллюстрации принципа. Фактический используемый метод более утонченный, чем этот. Узнаваемо схожие слои осадочных пород встречаются по всему миру. Задолго до того, как радиоактивное датирование было открыто, эти слои были идентифицированы и названы: кембрийский, ордовикский, девонский, юрский, меловой, эоцен, олигоцен, миоцен. Девонские отложения опознаваемы как девонские, не только в Девоне (графство на юго-западе Англии, что дало им их название), но и в других частях мира. Они явно похожи друг на друга, и они содержат аналогичные виды ископаемых. Геологам уже давно известен порядок, в котором откладывались названные отложения. До появления радиоактивных часов мы просто не знали, когда они образовались. Мы могли расположить их по порядку, потому что, очевидно, более древние отложения, как правило, лежат ниже более молодых отложений. Девонские отложения, например, старше

отложений каменноугольного периода (названного в честь каменного угля, который часто встречается в его слоях), и мы знаем это, потому что в тех частях мира, где эти два слоя встречаются в одном месте, девонский слой лежит под каменноугольным (исключения из этого правила встречаются в местах, где мы можем сказать, исходя из других свидетельств, что породы были наклонены, или даже перевернуты). Обычно так не везет, чтобы обнаружился полный набор слоев, от Кембрийского в нижней его части до современных на самом верху. Но, поскольку слои являются столь узнаваемыми, вы можете определить их относительные возрасты, выстраивая друг за другом и собирая их пазл по всему миру.

Так, задолго до того, как мы узнали настолько древними являются ископаемые, мы знали порядок, в котором они были отложены, или, по крайней мере, порядок, в котором откладывались названные отложения. Мы знаем, что кембрийские окаменелости во всем мире - более древние, чем ордовикские, которые старше силурийских; затем идут девонские, затем каменноугольные, пермские, триасовые, юрские, меловые, и так далее. И в пределах этих крупных названных слоев геологи также различают подобласти: верхняя юра, средняя юра, нижняя юра, и так далее.

Названные слои обычно идентифицируются по ископаемым, которые они содержат. И мы будем использовать порядок ископаемых в качестве свидетельства эволюции! Имеется ли здесь риск превращения этого в круговой аргумент? Определенно, нет. Подумайте об этом. Кембрийские ископаемые - характерный набор, безошибочно распознаваемый как кембрийский. На минуту мы используем характерные наборы ископаемых просто в качестве меток для горных пород кембрия, в качестве видов-индикаторов, везде, где мы можем найти их. Несомненно поэтому нефтяные компании нанимают экспертов по ископаемым для идентификации отдельных слоев горных пород, как правило по микроскопическим ископаемым,

крошечным существам, называемым фораминиферами, например, или радиоляриями.

Набор характерный ископаемых используется, для распознавания ордовикских пород, девонских пород и так далее. До сих пор все, для чего мы используем эти ископаемые подборки - это определение, является ли пласт породы, скажем, пермским или силурийским. Теперь мы переходим к использованию порядка, в котором названные слои были отложены, с помощью цепочек, составленных по всему миру, в качестве свидетельства того, какие из слоев старше, а какие моложе других. Установив эти два набора данных, мы можем затем последовательно смотреть на ископаемые во все более молодых слоях, чтобы узнать, составляют ли они разумную эволюционную последовательность друг с другом. Они прогрессируют в разумном направлении? Появляется ли определенный тип ископаемых, например млекопитающие, только после определенной даты? Ответ на все такие вопросы - да. Всегда да. Без исключений. Это мощное доказательство эволюции, ибо это никогда не было необходимым фактом, чем-то таким, что должно вытекать из нашего метода идентификации слоев и нашего метода получения временной последовательности.

Это факт, что буквально никто из тех, кого можно отдаленно назвать млекопитающими, никогда не были найдены в девонских породах или в любом более древнем слое. Они не просто встречаются статистически реже в девонских, чем в более поздних породах. Они буквально никогда не встречаются в породах старше определенной даты. Но это не обязано было быть так. Могло бы оказаться, что когда мы копаем ниже и ниже от девона, через силур и даже дальше, через ордовик, мы внезапно нашли бы, что кембрийская эра, более старая чем, любая из них, изобиловала млекопитающими. Это, на самом деле не то, что мы видим, но возможность этого демонстрирует, что не можете придаться к аргументу, что он круговой: в любой момент кто-нибудь мог бы откопать

млекопитающее в кембрийской породе и теория эволюции была бы мгновенно подорвана, если бы такое случилось. Эволюция, другими словами, является фальсифицируемой [теоретически способной быть опровергнутой], и поэтому научной, теорией. Я вернусь к этому в главе 6.

Попытки креационистов объяснить такие результаты зачастую оказываются крайне комичны. Ноев потоп, нам говорят, является ключом к пониманию того порядка, в котором мы находим ископаемые остатки основных групп животных. Вот прямая цитата из заслужившего награды креационистского веб-сайта.

Последовательность ископаемых в геологических слоях показывает:

- (i) БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ (медленно движущиеся морские животные) погибли первыми сопровождаемые более подвижными рыбами, которые были занесены илом потопа
- (ii) АМФИБИИ (близко от моря) погибли следующими, поскольку воды поднялись.
- (iii) РЕПТИЛИИ (медленно движущиеся наземные животные) умирают следующими.
- (iv) МЛЕКОПИТАЮЩИЕ могли убежать от поднимающейся воды, более крупные и быстрые млекопитающие выжили дольше остальных.
- (v) ЧЕЛОВЕК проявлял больше изобретательности - цепляясь за бревна, и т.д, чтобы избежать потопа.

Эта последовательность - вполне удовлетворительное объяснение порядка, в котором различные окаменелости найдены в слоях. Это НЕ тот порядок, в котором они

эволюционировали, а порядок, в котором они были затоплены во время потопа.

Помимо всех других причин возразить против этого замечательного объяснения, можно сказать, что могла существовать лишь статистическая тенденция, чтобы млекопитающие, например, были в среднем лучше, чем рептилии, в избегании подъема уровня воды. Вместо этого, как и следовало ожидать по теории эволюции, буквально нет млекопитающих в низлежащих слоях геологической летописи. Теория "бегства на возвышенности" была бы на более твердой почве, если бы было статистическое затухание [ископаемых] млекопитающих, по мере продвижения вниз по породам. Не существует никаких трилобитов выше пермских слоев, никаких динозавров (кроме птиц) выше меловых слоев. Еще раз, теория "бегства на возвышенности" предсказывает статистическое затухание.

Вернемся к датированию и радиоактивным часам. Поскольку относительный порядок проименованных осадочных слоев хорошо известен, и один и тот же порядок обнаруживается во всем мире, мы можем использовать магматические породы, которые лежат выше или ниже осадочных слоев, или которые внедрены в них, для датирования проименованных осадочных слоев, и, следовательно, окаменелостей внутри них. В качестве уточнения метода, мы можем датировать ископаемые, которые лежат в верхней части, скажем, слоя каменноугольного или мелового периода, как более поздние, чем ископаемые, которые лежат несколько ниже в том же слое. Нам не обязательно искать магматические породы в окрестностях того или иного отдельного ископаемого для его датировки. Мы можем сказать, что наши ископаемые относятся к, скажем, концу девонского периода, по их позиции среди девонских слоев. И мы знаем по радиоактивному датированию магматических пород, обнаруженных в связи с девонскими слоями по всему миру, что девонский период закончился около 360 миллионов лет назад.

| Unstable isotope | Decays to | Half-life (years) |
|------------------|---------------|-------------------|
| Rubidium-87 | Strontium | 49,000,000,000 |
| Rhenium-187 | Osmium-187 | 41,600,000,000 |
| Thorium-232 | Lead-208 | 14,000,000,000 |
| Uranium-238 | Lead-206 | 4,500,000,000 |
| Potassium-40 | Argon-40 | 1,260,000,000 |
| Uranium-235 | Lead-207 | 704,000,000 |
| Samarium-147 | Neodymium-143 | 108,000,000 |
| Iodine-129 | Xenon-129 | 17,000,000 |
| Aluminium-26 | Magnesium-26 | 740,000 |
| Carbon-14 | Nitrogen-14 | 5,730 |

Радиоактивные часы

Калий-аргоновые часы - только одни из многих часов, доступных геологам, которые используют тот же принцип в различном масштабе времени. Выше приведена таблица часов, от медленных до быстрых. Обратите еще раз внимание на удивительный диапазон периодов полураспада, от медленного в 49 миллиардов лет до менее чем 6000 лет на "быстром конце". Более быстрые часы, такие как углерод 14, работают несколько иным способом. Это потому, что "обнуление" этих высокоскоростных часов неизбежно отличается. У изотопов с коротким периодом полураспада, все атомы, присутствовавшие при начальном формировании Земли, уже давно исчезли. Прежде чем перейти к радиоуглеродному датированию, стоит сделать паузу, чтобы рассмотреть другую часть свидетельств в пользу старости планеты Земля, возраст которой измеряется в миллиардах лет.

Среди всех элементов, которые встречаются на Земле, 150 устойчивых изотопов и 158 неустойчивых, всего 308. Из 158 неустойчивых 121 уже полностью распались или существуют только потому, что они постоянно возобновляются, как углерод 14 (как мы увидим ниже). Теперь, если мы рассматриваем 37, которые не исчезли, мы замечаем что-то значимое. У каждого из них период

полураспада больше, чем 700 миллионов лет. А если мы рассмотрим 121, которые исчезли, у каждого из них период полураспада меньше, чем 200 миллионов лет. Кстати, не запутайтесь. Помните, мы говорим о периоде полураспада, а не жизни! Подумайте о судьбе изотопа с периодом полураспада 100 миллионов лет. Изотопы, период полураспада которых составляет менее одной десятой или около того возраста Земли, исчезли и для практических целей, не существуют, за исключением особых обстоятельств. С исключениями, для которых есть особые причины, понятные нам, изотопы, которые мы находим на Земле, являются только такими, у которых период полураспада достаточно длительный, чтобы сохраниться на очень старой планете. Углерод-14 является одним из этих исключений, и по интересной причине, а именно, что он непрерывно пополняется. Роль углерода-14 в качестве часов поэтому следует понимать по-другому, чем у более долгоживущих изотопов. В частности, что означает обнулить эти часы?

УГЛЕРОД

Из всех элементов углерод, кажется, наиболее обязательным для жизни - элемент, без которого жизнь на любой планете труднее всего представить. Это из-за замечательной способности углерода к формированию цепочек, колец и других сложных молекулярных архитектур. Он попадает в пищевые цепи с помощью фотосинтеза, процесса, при котором зеленые растения поглощают молекулы углекислого газа из атмосферы и используют энергию солнечного света, чтобы объединить атомы углерода с водой, создавая сахар. Весь углерод в нас и во всех других живых существах происходит, в конечном счете, через растения, из углекислого газа в атмосфере. И он постоянно возвращается обратно в атмосферу: когда мы выдыхаем, когда мы выделяем, и когда мы умираем.

Большая часть углерода в углекислом газе атмосферы - углерод 12, который не радиоактивен. Однако, примерно один атом на триллион является углеродом-14, который радиоактивен. Он распадается довольно быстро, с периодом полураспада 5730 лет, как мы видели, в азот-14. Биохимия растений слепа к различию между этими двумя углеродами. Для растения углерод - всего лишь углерод. Таким образом, растения берут углерод 14 вместе с углеродом 12, и включают оба этих вида атомов углерода в сахара в той же самой пропорции, в какой они присутствуют в атмосфере. Углерод, входящий в состав в атмосферы (вместе с такой же пропорцией атомов углерода-14) быстро (по сравнению с периодом полураспада углерода-14) распространяются через пищевую цепь, когда растения поедаются травоядными, травоядные хищниками и так далее. Все живые существа, будь то растения или животные, имеют примерно равное соотношение углерода-12 и углерода-14, которое является тем же самым соотношением, что мы находим в атмосфере.

Итак, когда эти часы обнуляются? В момент, когда живое существо, будь то животное или растение, умирает. В этот момент оно отсекается от пищевой цепи, и от притока свежего углерода-14 через растения из атмосферы. С течением столетий углерод 14 в трупе, или куске дерева, или части ткани, или чего-то еще постоянно распадается в азот-14. Соотношение углерода-14 к углероду-12 в образце поэтому постепенно падает дальше и дальше ниже стандартного соотношения, которое живущие существа делят с атмосферой. В конце концов, останется только углерод-12 - или, точнее, содержание углерода-14 будет слишком малым, чтобы его измерить. И соотношение углерода-12 и углерода-14 может быть использовано для расчета времени, которое прошло со дня смерти существа, отрезанного от пищевой цепи, и его обмена с атмосферой.

Это очень хорошо, но это работает только потому, что идет непрерывное пополнение запаса углерода-14 в атмосфере. Без этого углерод-14 с коротким периодом полураспада давно бы исчез с лица

Земли, наряду со всеми другими естественными изотопами с коротким периодом полураспада. Углерод 14 является особенным, потому что он непрерывно создается космическими лучами, бомбардирующими атомы азота в верхних слоях атмосферы. Азот - самый распространенный газ в атмосфере, и его атомное число 14, то же самое, что и у углерода 14. Различие в том, что у углерода-14 6 протонов и 8 нейтронов, в то время как у азота-14 7 протонов и 7 нейтронов (нейтроны, помните, имеют почти ту же массу, что и протоны). Частицы космических лучей способны, бомбардируя протон в ядре азота, преобразовывать его в нейтрон. Когда это происходит, атом становится углеродом-14, который стоит на одну клетку левее, чем азот в периодической системе. Скорость, с которой это преобразование происходит, примерно постоянна из века в век, и поэтому радиоуглеродное датирование работает. Фактически скорость не является точно постоянной, и в идеале мы должны делать поправки на это. К счастью, у нас есть точная калибровка колебаний поставки углерода-14 в атмосферу, и мы можем ввести поправку на них, чтобы уточнить наши вычисления возраста. Помните, что, примерно для того же самого временного диапазона, покрываемого датированием по радиоуглероду, у нас есть альтернативный метод датирования древесины - дендрохронология - который абсолютно точен до года. Глядя на датированные по радиоуглероду возрасты деревянных образцов, возраст которых независимо установлен датированием с помощью годовых колец, мы можем откалибровать эту колеблющуюся ошибку в датировании по углероду. Теперь мы можем использовать эти калибровочные измерения, когда мы возвращаемся к органическим образцам, для которых у нас нет данных годовых колец (для большинства).

Датирование по радиоуглероду - сравнительно недавнее изобретение, берущее начало лишь в 1940-ых. В его первые годы требовались существенные количества органического материала для процедуры датирования. Только, в 1970-х техника, называемая масс-спектроскопией, была адаптирована для датирования, в результате

чего сейчас необходимы только крошечные количества органического вещества. Это произвело революцию в археологическом датировании. Самым известным примером является Туринская плащаница. Поскольку на этом пресловутом куске ткани оказался запечатлен, кажется таинственным образом, лик бородатого, распятого человека, многие люди надеялись, что он может происходить со времен Иисуса. Она впервые появляется в исторической летописи в середине четырнадцатого столетия во Франции, и никто не знает, где она была до этого. Она находилась в Турине с 1578, и в Ватикане с 1983 года. Когда масс-спектрометрия сделала возможным датирование по крошечному образцу плащаницы, а не значительному куску, который был бы необходим прежде, Ватикан позволил отрезать маленькую полосу. Полоса была разделена на три части и послана в три ведущих лаборатории, специализирующиеся на радиоуглеродном датировании, в Оксфорде, Аризоне и Цюрихе. Работавших в условиях неукоснительной независимости, не сравнивая записей, эти три лаборатории представили свои отчеты о дате, когда лен, из которого соткали ткань, умер. Оксфорд указал на 1200, Аризона 1304 и Цюрих 1274 годы нашей эры. Все эти даты в пределах погрешности, совместимы друг с другом и с датой 1350 года, в котором саван впервые упомянут в истории. Датирование плащаницы остается спорным, но не по причинам, которые ставят под сомнение саму технику радиоуглеродного датирования. Например, углерод в саване, мог быть загрязнен пожаром, который, как известно, произошел в 1532 году. Я не буду рассматривать вопрос далее, потому что саван имеет исторический, а не эволюционный интерес. Тем не менее, это хороший пример, чтобы проиллюстрировать метод и тот факт, что, в отличие от дендрохронологии, он не обладает точностью до года, только до столетия или около того.

Я неоднократно подчеркивал, что существует много различных часов, которые современный эволюционный детектив может использовать, и также что они работают лучше всего на различных,

но перекрывающихся временных масштабах. Радиоактивные часы могут быть использованы для независимой оценки возраста одного и того же куска породы, если держать в голове, что все часы были обнулены одновременно, когда этот самый кусок породы кристаллизовался. Когда такие сравнения были сделаны, различные часы были согласованы друг с другом - в рамках ожидаемых пределов погрешности. Это дает большую уверенность в правильности часов. Таким образом, взаимно откалиброванные и проверенные на известных породах, эти часы можно с уверенностью применять к интересным проблемам датирования, таким как возраст самой Земли. В настоящее время установленный возраст в 4.6 миллиарда лет является оценкой, на которой сходятся несколько различных часов. Такое согласование не удивительно, но, к сожалению, мы должны подчеркнуть его, потому что, как я указал во Введении (и описал в приложении), приблизительно 40 процентов американского населения, и несколько меньший процент британского населения, выражают веру в то, что возраст Земли, вовсе не измеряется миллиардами лет, а составляет менее 10.000 лет. Печально, особенно в Америке и в большей части исламского мира, некоторые из этих отрицателей истории владеют властью над школами и их программами.

Итак, отрицатели истории могут заявить, скажем, что что-то неладно с калий-аргоновыми часами. Что если современная очень малая скорость распада калия-40 действовала только после Ноева потопа? Если до этого, период полураспада калия-40 радикально отличался, скажем был длительностью в несколько веков, а не 1.26 миллиарда лет? Специальная оговорка в таком заявлении бросается в глаза. С какой стати законам физики меняться именно так - так масштабно и так удобно? Это выглядит даже более кричащим, если вы должны сделать взаимосогласованные специальные оговорки по каждому из часов отдельно. В настоящее время все применяемые изотопы согласуются друг с другом в определении даты возникновения Земли на времени между четырьмя и пятью миллиардами лет назад. И они

основываются на предположении, что период полураспада всегда один и тот же, что мы и фиксируем сегодня, на самом деле, как известные законы физики прямо предписывают им быть. Отрицатели истории должны были бы поиграться с периодом полураспада всех изотопов в их отдельных пропорциях, так, чтобы они все согласовывались с тем, что Земля образовалась 6 000 лет назад. Итак, это – то, что я называю специальной оговоркой! И я даже не упомянул различные другие методы датирования, например, "трековое датирование", которое также приводит к тому же самому результату. Примите во внимание огромные различия во временных масштабах различных часов, подумайте о степени натянутости и сложности подгонки законов физики, которые были бы необходимы, чтобы заставить все часы согласовываться между собой в диапазоне порядков, что Земле 6000 лет, а не 4.6 миллиарда! Учитывая, что единственным мотивом для таких подгонок является желание поддержать миф о сотворении, принадлежащий частной группе племен бронзового века, удивительно, что по вообще кого-либо на это покупается.

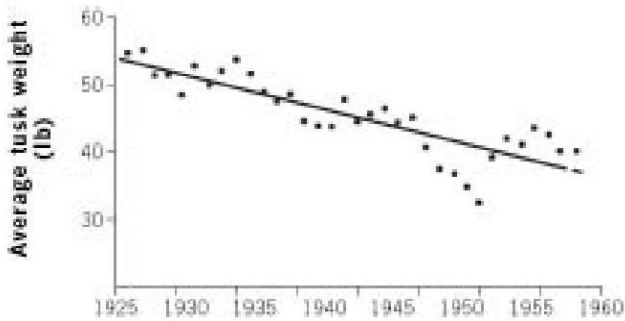
Есть еще один тип эволюционных часов, молекулярные часы, но я отложу их обсуждение до Главы 10, после представления некоторых других идей молекулярной генетики.

ГЛАВА 5 ПРЯМО У НАС НА ГЛАЗАХ

Я пользовался метафорой детектива, пришедшего на место преступления, когда уже все закончено, и воссоздающего картину произошедшего по оставшимся уликам. Но, возможно, я слишком поспешно признал невозможность наблюдения эволюции глазами очевидцев. Хотя абсолютное большинство эволюционных изменений произошло задолго до появления человека, некоторые случаи происходят так быстро, что мы можем наблюдать эволюцию собственными глазами в течение одной человеческой жизни.

Есть правдоподобные показатели того, что это может происходить со слонами, которых сам Дарвин выделял как одних из самых медленно-размножающихся животных с одним из самых долгих периодов смены поколений. Одной из основных причин смерти африканских слонов являются люди с оружием, которым нужна слоновая кость либо как трофей, либо на продажу для художественной резьбы. Естественно, что охотники склонны выбирать особей с самыми большими бивнями. Это означает, по крайней мере, в теории, что экземпляры с меньшими бивнями будут иметь селективное преимущество. Как всегда в эволюции будут противоречия в давлениях отбора, и то, что мы увидим эволюционирующим, будет компромиссом. Большие бивни, несомненно, имеют преимущество, когда дело касается соперничества с другими слонами, но оно будет уравновешиваться недостатком, когда они встретят людей с ружьями. Любое усиление интенсивности охоты, будь то в виде браконьерства или легальной охоты, будет вести к смещению баланса преимуществ в сторону меньших бивней. При прочих равных условиях, мы можем ожидать, что результатом охоты будет эволюционная тенденция в пользу слонов с меньшими бивнями, но мы ожидали бы, что уйдут тысячелетия, пока это станет заметно. Мы не ожидали бы увидеть это

в течение одной человеческой жизни. А теперь обратимся к некоторым цифрам.



Вес клыка у Угандийских слонов

График выше отражает данные Департамента дикой природы Уганды, опубликованные в 1962 году. В отношении только слонов, легально застреленных имеющими лицензию охотниками, он показывает средний вес бивня в фунтах (в которых он исчисляется) из года в год с 1925 по 1958 (в течение которых Уганда была под британским протекторатом). Точки - ежегодные цифры. Линия меж точек нарисована не на глаз, а по статистическому методу, называемому линейной регрессией. Вы можете видеть тенденцию в сторону уменьшения на протяжении этих 33 лет. И эта тенденция статистически значима, что означает, что она существует на самом деле, а не является эффектом случайности.

Факт, что существует статистически значимая тенденция к уменьшению бивней, не обязательно означает, что это является эволюционной тенденцией. Так, если начертить кривую среднего роста 20-летних юношей, то на протяжении всего XX века во многих странах можно наблюдать значительную тенденцию в сторону увеличения. Обычно считается, что это не эволюционная тенденция, а скорее результат улучшения питания. Тем не менее, в случае со слонами мы имеем веские причины подозревать наличие сильного отбора против больших бивней. Таким образом, хотя график

обращается к данным по бивням, полученным легальным отстрелом, давление отбора, которое произвело эту тенденцию, в основном обусловлено браконьерством. Мы должны серьезно отнестись к возможности того, что это настоящая эволюционная тенденция, и, в этом случае, весьма быстрая. Мы должны быть осторожными, прежде чем делать слишком далекие выводы. Может оказаться так, что мы наблюдаем сильный естественный отбор, который с высокой вероятностью ведет к изменениям в частотах встречаемости гена в популяции, но такие генетические эффекты пока не были продемонстрированы. Может быть разница между особями с большими и малыми бивнями не является генетической. Тем не менее, я склонен всерьез рассматривать возможность того, что это настоящая эволюционная тенденция.

Кстати говоря, мой коллега доктор Иэн Дуглас-Гамильтон, являющийся крупный мировым специалистом по изучению популяций диких африканских слонов, также относится к ней серьезно, и полагает, несомненно справедливо, что вопрос должен быть изучен более подробно. Он считает, что эта эволюционная тенденция началась задолго до 1925 года и продолжается после 1958 г. У него есть основание полагать, что та же самая причина, действовавшая в прошлом, является причиной отсутствия бивней у многих локальных популяций азиатских слонов. У нас, похоже, достаточно доказательств для "возбуждения дела" о быстрой эволюции, произошедшей прямо у нас на глазах, дела, которое могло бы оплатить будущие исследования.

Позвольте, однако, обратиться к другому примеру интригующих недавних исследований - исследованию ящериц, обитающих на островах Адриатического моря.

ЯЩЕРИЦЫ ОСТРОВА ПОД МАРКАРУ

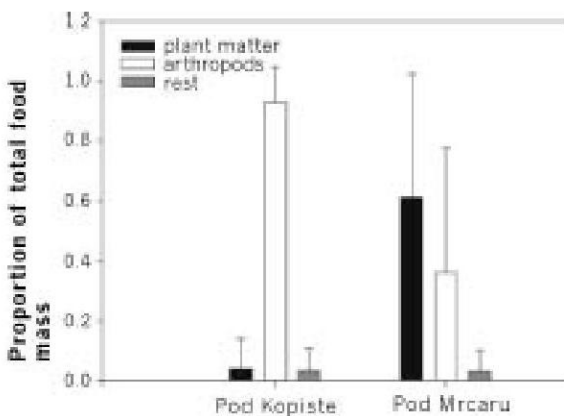
Есть у побережья Хорватии два маленьких островка, называемые Под Кописте и Под Мркару. В 1971 году популяция распространенных средиземноморских ящериц, *Podarcis sicula*, питающихся в основном насекомыми, обитала на острове Под Кописте, но на Под Мркару не было ни одной ящерицы. В том году ученые перевезли пять пар ящериц *Podarcis sicula* с Под Кописте и выпустили их на острове Под Мркару. Позднее, в 2008 году, другая группа, состоявшая в основном из бельгийских ученых, связанных с Энтони Геррелем, посетила острова, чтобы посмотреть, что произошло. Они обнаружили на Под Мркару процветающую популяцию ящериц, анализ ДНК которых подтвердил, что это действительно *Podarcis sicula*. Они, предположительно, произошли от тех пяти исходных пар, которых перевезли на остров. Геррел и его коллеги провели ряд наблюдений за потомками перевезенных ящериц и сравнили их с ящерицами, обитающими на исходном острове предков, Под Кописте. Обнаружились выраженные различия. Ученые сделали, скорее всего, оправданное предположение, что ящерицы с родительского острова Под Кописте были неизменными представителями предковых ящериц 36-летней давности. Другими словами, они предположили, что сравнивают эволюционировавших ящериц острова Под Маркару с их неэволюционировавшими "предками" (подразумевая их современников, но предкового типа) с острова Под Кописте. Даже если это предположение неверно - даже если, например, ящерицы острова Под Кописте эволюционировали столь же быстро, как ящерицы острова Под Маркару - мы все равно наблюдаем эволюционные дивергенции [расхождения] в природе в масштабе десятилетий: масштабе времени, которое люди могут наблюдать в течение одной жизни.

И каковы были различия между двумя островными популяциями, различия, которые возникли всего за тридцать семь лет или около того эволюции? Ну, у ящериц острова Под Маркару, "эволюционировавшей" популяции, были значительно более крупные головы, чем у "исходной" популяции острова Под Кописте : более

длинные, широкие и высокие головы. Это выражается в заметно большей силе укуса. Изменение такого рода обычно сопровождается переходом на более вегетарианскую диету, и так и есть, ящерицы Под Маркару поедают значительно больше растительного материала, чем "предковый" тип на Под Кописте. От почти исключительно насекомоядной диеты (членистоногие, в терминах диаграммы напротив) по-прежнему присущей современным ящерицам острова Под Кописте, ящерицы острова Под Мркару перешли к значительно более вегетарианской диете, особенно летом.

Зачем животному необходим более сильный укус при переходе на вегетарианскую диету? Затем, что у растений, но не у насекомых, клеточные стенки укреплены целлюлозой. Травоядные млекопитающие, такие как лошади, крупный рогатый скот и слоны, имеют большие жерновоподобные зубы для размалывания целлюлозы, весьма отличающиеся от режущих зубов плотоядных животных и игольчатых зубов насекомоядных. И у них массивные мышцы челюстей, и, соответственно, крепкие черепа для крепления этих мышц (вспомните крепкий гребень вдоль срединной линии на макушке черепа гориллы). У вегетарианцев также имеются характерные особенности кишечника. Животные вообще не способны переварить целлюлозу без помощи бактерий или других микроорганизмов, и многие позвоночные отводят тупиковый отросток в кишечнике, называемый слепой кишкой, который предоставляет жилище таким бактериям и действует как камера брожения (наш аппендикс - остаток более крупной слепой кишки наших более вегетарианских предков). Слепая кишка и другие части кишечника могут становиться весьма сложными у травоядных специалистов. У плотоядных животных обычно более простой кишечник, чем у травоядных, и к тому же меньший. Среди усложнений, возникающих в кишечнике травоядного животного, есть штуки, называемые цекальными клапанами. Клапаны - несплошные перегородки, иногда мускульные, которые могут служить для того, чтобы регулировать или замедлять поток массы через кишечник или

просто увеличивать площадь внутренней поверхности слепой кишки. На рисунке, показанном слева, открытый разрез слепой кишки родственного вида ящерицы, поедающей много растительного материала. Клапан обозначен стрелкой. Теперь, интересная вещь - хотя цекальные клапаны обычно не встречаются у *Podarcis sicula* и редки в семействе, к которому она принадлежит, эти клапаны действительно начали эволюционировать в популяции *P. sicula* на Под Маркару, популяции, которая, только последние тридцать семь лет эволюционировала в направлении к травоядности. Исследователи обнаружили другие эволюционные изменения у ящериц Под Маркару. Плотность популяции увеличилась, и ящерицы перестали защищать территории способом, которым это делала "предковая" популяция на Под Кописте. Я должен повторить, что единственная вещь, действительно необычная во всей этой истории, и являющаяся причиной, по которой я рассказываю ее здесь, что все это произошло так чрезвычайно быстро, в течение нескольких десятилетий - эволюция прямо у нас на глазах.



Летняя диета ящериц на двух Адриатических островах



Цекальный клапан

СОРОК ПЯТЬ ТЫСЯЧ ПОКОЛЕНИЙ ЭВОЛЮЦИИ В ЛАБОРАТОРИИ

Средний период смены поколений у этих ящериц составляет приблизительно два года, таким образом, эволюционные изменения, наблюдаемые на Под Маркару, представляют всего лишь около восемнадцати или девятнадцати поколений. Только представьте, что Вы могли бы увидеть через три или четыре десятилетия, если бы отслеживали эволюцию бактерий, чьи поколения измеряются в часах или даже минутах, а не годах! Бактерии преподносят эволюционисту еще один бесценный подарок. В некоторых случаях Вы можете заморозить их на неопределенный промежуток времени и затем снова вернуть к жизни, после чего они возобновят размножение, как будто ничего не произошло. Это означает, что экспериментаторы могут составить свою собственную "живую летопись ископаемых", снимок точного момента эволюционного процесса, которого он достиг в любое заданное время. Вообразите, что мы могли бы вернуть к жизни из глубокой заморозки Люси, великолепное предшественное человеку ископаемое, обнаруженное Доном Джохансоном, и заставить ее род снова эволюционировать! Все это было достигнуто с бактерией *Escherichia coli*, кишечная палочка, в захватывающем длительном эксперименте бактериологом Ричардом Ленски и его коллегами из Мичиганского государственного

университета. Научное исследование в настоящее время зачастую является командной работой. В дальнейшем я могу для краткости иногда использовать имя "Ленски", но Вы должны читать это как "Ленски, коллеги и студенты его лаборатории". Как мы увидим, эксперименты Ленски огорчительны для креационистов, и по очень веской причине. Они - красивая демонстрация эволюции в действии, нечто, от чего трудно отшутиться, даже когда Ваши мотивы сделать это очень сильны. А мотивы закоренелых креационистов на самом деле очень сильны. Я вернусь к этому в конце этого раздела.

E. coli - распространенная бактерия. Очень распространенная. Их существует приблизительно сто миллиардов миллиардов по всему миру в любой момент, из которых приблизительно миллиард, по вычислениям Ленски, находятся в Вашем толстом кишечнике в этот самый момент. Большинство из них - безопасные или даже полезные, но опасные штаммы иногда попадают в заголовки. Такие периодические эволюционные инновации не удивительны, если вы сделаете прикидку, даже при том, что мутации - редкие события. Если мы предположим, что вероятность мутации гена во время любого акта воспроизводства бактерии составляет всего одна на миллиард, количества бактерий настолько колоссальны, что практически каждый ген в геноме мутирует где-нибудь в мире каждый день. Как говорит Ричард Ленски, "Это масса удобных случаев для эволюции".

Ленски и его коллеги воспользовались этими удобными случаями под контролем, в лаборатории. Их работа очень тщательна и аккуратна в каждой детали. Детали вносят существенный вклад в эффект свидетельств эволюции, которые предоставляют эти эксперименты, и я поэтому не собираюсь скупиться на их разъяснение. Это означает, что следующие несколько страниц неминуемо будут несколько сложными – не трудными, лишь сложно детализированными. Вероятно, будет лучше не читать этот раздел книги, если Вы устали, в конце длинного дня. Облегчает понимание

то, что каждая деталь логична: ни одна из них не оставит нас чесать голову и задаваться вопросом, о чем это вообще. Итак, пожалуйста, идите со мной шаг за шагом через эту блестяще построенную и изящно выполненную серию экспериментов.

Эти бактерии размножаются бесполо – простым делением клетки – поэтому легко клонировать огромную популяцию генетически идентичных особей за короткое время. В 1988 году Ленски взял одну такую популяцию и инфицировал двенадцать одинаковых колб, содержащих один и тот же питательный бульон, включающий, в том числе, и глюкозу как жизненно важный источник питания. Эти двенадцать колб, каждая со своей популяцией-основателем бактерий, были затем помещены во "взбалтывающий инкубатор", где они содержались в тепле и уюте, и встряхивались, чтобы бактерии были равномерно распределены по жидкости. Эти двенадцать колб основали двенадцать линий эволюции, которым было предназначено содержаться отдельно от друг друга в течение двух десятилетий и продолжаться до сих пор: подобно двенадцати коленам [племенам] израилевых, за исключением того, что в случае колен израилевых не было никакого закона против их смешивания.

Двенадцать "колен" бактерий содержались не в одних и тех же двенадцати колбах в течение всего этого времени. Напротив, у каждого колена была каждый день новая колба. Представьте себе двенадцать рядов колб, простирающихся вдаль, каждая линия более чем 7000 колб длиной! Каждый день для каждого из этих двенадцати колен новая девственная колба инфицировалась жидкостью из колбы предыдущего дня. Маленький образец, ровно одна сотая из объема старой колбы, извлекалась и впрыскивалась в новую колбу, содержащую свежие запасы богатого глюкозой бульона. Тогда популяция бактерий в колбе начинала стремительно расти; но всегда стабилизировалась к следующему дню, когда запасы питания иссякали и начинался голод. Другими словами, популяция в каждой колбе значительно умножалась, затем достигала плато, в этот момент

брался новый инфицирующий образец, и цикл возобновлялся на следующий день. Таким образом, тысячи раз на протяжении их высокоскоростного аналога геологического времени эти бактерии прошли те же самые ежедневно повторяющиеся циклы изобилия, сопровождаемого голоданием, от которого счастливая сотая часть спасалась и переносилась в стеклянном Ноевом Ковчеге к новому – но снова же временному – глюкозному изобилию: распрекрасные условия для эволюции и более того, эксперимент был проведен в двенадцати отдельных линиях параллельно.

Ленски и его команда продолжают это ежедневно уже более двадцати лет. Это означает приблизительно 7000 "поколений колб" и 45000 поколений бактерий – в среднем от шести до семи поколений бактерий в день. Чтобы представить - если бы мы вернулись на 45000 человеческих поколений, это было бы приблизительно миллион лет назад в прошлое, во времена человека прямоходящего, *Homo erectus*, что не так уж и давно. Итак, какими бы ни были эволюционные изменения, которые Ленски отмерил в течение эквивалента миллиона лет поколений бактерий, представьте, насколько больше эволюционных изменений могло бы произойти за, скажем, 100 миллионов лет эволюции млекопитающих. И даже 100 миллионов лет - это сравнительно недавно по геологическим стандартам.

В дополнение к главному эволюционному эксперименту группа Ленски использовала этих бактерий для различных сопутствующих экспериментов, проливающих свет на детали, например, заменяя глюкозу другим сахаром, мальтозой, после 2 000 поколений, но я сконцентрируюсь на центральном эксперименте, в котором все время использовалась глюкоза. В течение этих двадцати лет они брали пробы этих двенадцати колен с интервалами, наблюдая, как прогрессировала эволюция. Они также замораживали образцы каждого из колен в качестве источника пригодных для оживления "ископаемых", представляющих стратегические точки вдоль

эволюционного пути. Трудно переоценить, насколько блестяще задумана эта серия экспериментов.

Вот небольшой пример превосходного опережающего планирования. Вы помните, я сказал, что все двенадцать колб-основателей были засеяны от одного и того же клона и поэтому начинались как генетически идентичные. Но это было не совсем так, по интересной и хитрой причине. Лаборатория Ленски ранее использовала ген, называемый ага, который существует в двух формах, Ага⁺ и Ага⁻. Вы не сможете их различить, пока не возьмете образец бактерий и не "высеете" его в чашке агара, содержащей питательный бульон плюс сахар арабинозу и химическую краску, называемую тетразолом. "Посев" является одной из тех вещей, которыми занимаются бактериологи. Это значит поместить каплю жидкости, содержащую бактерии, в чашку, покрытую тонким слоем агарового геля, а затем инкубировать эту чашку. Колонии бактерий вырастают в виде расширяющихся кругов – миниатюрных "ведьминых колец" – из капель, потребляя питательные вещества, смешанные в с агаром. Если смесь содержит арабинозу и индикаторную краску, обнаруживается различие между Ага⁺ и Ага⁻, как при нагревании невидимых чернил: они выявляются как белые и красные колонии соответственно. Команда Ленски нашла это цветовое различие полезным для целей маркирования, как мы увидим, и они предвосхитили эту полезность, сделав шесть из своих двенадцати колен Ага⁺, а другие шесть Ага⁻. Просто чтобы привести один пример того, как они использовали цветовое кодирование бактерий: они применяли его для контроля своих собственных лабораторных процедур. Совершая свой ежедневный ритуал инфицирования новых колб, они заботились о том, чтобы работать колбами Ага⁺ и Ага⁻ попеременно. Таким образом, если они делали ошибку – расплескали переносящую пипетку с жидкостью или что-то в этом роде – она выявлялась при последующей проверке образцов красно-белым тестом. Гениально? Да. И скрупулезно. Действительно хорошие ученые должны быть и гениальными, и скрупулезными.

Но забудьте пока об Ara+ и Ara-. Во всех остальных отношениях популяции-основатели этих двенадцати колен начали как идентичные. Никакие другие различия между Ara- и Ara+ не обнаружены, и их на самом деле можно рассматривать в качестве удобных цветковых меток, какие орнитологи одевают цветные кольца на ноги птиц.

Что ж. У нас есть наши двенадцать колен, марширующих через свои высокоскоростные эквиваленты геологического времени, параллельно, в одних и тех же условиях повторяющихся бумов и депрессий. Интересным вопросом было, оставались ли они такими же как их предки? Или они эволюционировали? И если так, эволюционировали ли все двенадцать колен одинаковым образом, или расходились друг с другом?

Бульон, как я сказал, содержал глюкозу. Она была в нем не единственной пищей, но была ограничивающим ресурсом. Это означает, что исчерпание глюкозы было ключевым фактором, который заставлял размер популяции, ежедневно в каждой колбе, прекращать рост и выходить на плато. Иными словами, если бы экспериментаторы поместили больше глюкозы в ежедневные колбы, популяционное плато в конце дня было бы выше. Или если бы они добавили вторую ложку глюкозы после того, как плато было достигнуто, то они стали бы свидетелями второго всплеска роста численности популяции, до нового плато.

В этих условиях дарвинистское ожидание состояло в том, что, если возникла бы какая-нибудь мутация, которая помогала бы отдельной бактерии использовать глюкозу более эффективно, естественный отбор благоприятствовал бы ей, и она распространилась бы по колбе, так как мутантные особи опережали бы в размножении немутантных особей. Этот тип, в таком случае, непропорционально инфицировал бы следующую колбу в ряду поколений и, от колбы к колбе, довольно скоро у мутанта была бы монополия в его колене. Что ж,

именно эти и произошло во всех двенадцати коленах. С течением "поколений колб", все двенадцать линий усовершенствовались по сравнению с их предком: стали лучше использовать глюкозу в качестве источника пищи. Но, что восхитительно, они становились лучше по-разному – то есть различные колена развили различные наборы мутаций.

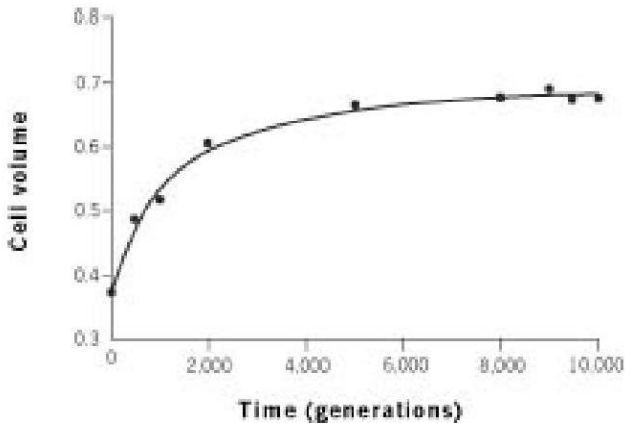
Как ученые это узнали? Они могли определить это, беря образцы потомственных линий по мере их эволюции и сравнивая "приспособленность" каждого образца по отношению к "ископаемому" образцу из первоначальной популяции-основателя. Помните, что "ископаемые" - это замороженные образцы бактерий, которые, будучи размороженными, продолжают жить и нормально размножаться. И как Ленски и его коллеги делали это сравнение "приспособленности"? Как они сравнивали "современные" бактерии с их "ископаемыми" предками? С большой изобретательностью. Они брали образец предположительно эволюционировавшей популяции и помещали его в девственную колбу. И помещали такого же размера образец размороженной предковой популяции в ту же самую колбу. Само собой разумеется, эти экспериментально смешанные колбы после этого полностью изолировались от контакта с продолжающимися экспериментальными линиями тех двенадцати колен в долгосрочном эволюционном эксперименте. Этот побочный эксперимент был выполнен с образцами, которые не играли дальнейшей роли в главном эксперименте.

Итак, у нас есть новая экспериментальная колба, содержащая два конкурирующих штамма, "современный" и "живое ископаемое", и мы хотим знать, какой из двух штаммов обойдет другого в размножении. Но Вы скажете, что они все перемешаны? Как Вы отличите два штамма, когда они смешаны вместе в "колбе конкуренции"? Я сказал Вам, что это было изобретательно. Вы помните цветовое кодирование, с "красным" (Ага-) и "белым"(Ага +)? Теперь, если бы Вы хотели сравнить приспособленность, скажем, Колена 5 с

ископаемой предковой популяцией, что бы Вы сделали? Давайте предположим, что Колено 5 было Ага+. Что ж, тогда Вы удостоверились бы, что "предковые ископаемые", с которыми Вы сравниваете Колено 5, были Ага-. И если Колено 6 окажется Ага-, то "ископаемые", которые Вы бы выбрали разморозить и смешать с ним, должны были быть Ага+. Сами гены Ага+ и Ага-, как команда Ленски уже знала из предыдущей работы, не оказывают никакого влияния на приспособленность. Таким образом, они могли использовать цветовые маркеры, чтобы оценить конкурентные способности каждого из эволюционирующих колен, используя, в каждом случае, ископаемых "предков" как стандарт конкурентоспособности. Все, что они должны были делать, это просто высевать образцы из смешанных колб и смотреть, сколько бактерий, растущих на агаре, было белыми, а сколько красными.

Как я сказал, с течением тысяч поколений во всех двенадцати коленах средняя приспособленность увеличилась. Все двенадцать линий стали лучше в выживании в этих условиях ограничения глюкозой. Увеличение приспособленности может объясняться несколькими изменениям. Популяции росли быстрее в последовательных колбах, и средний размер тела бактерий рос во всех двенадцати линиях. Верхний график напротив представляет средний размер тела бактерий для одного из типичных колен. Кружками представлены реальные опорные точки. Проведенная кривая является математической аппроксимацией. Она дает наилучшее соответствие наблюдаемым данным для данного типа кривой, которую называют гиперболой. Всегда есть вероятность, что более сложная математическая функция, чем гипербола, даст еще более точное соответствие данным, но эта гипербола довольно неплоха, таким образом, едва ли стоит утруждаться проверять. Биологи часто вписывают математические кривые в наблюдаемые данные, но, в отличие от физиков, биологи не привыкли видеть такое точное соответствие. Обычно наши данные слишком зашумлены. В биологии, в отличие от физики, мы ожидаем получить плавные

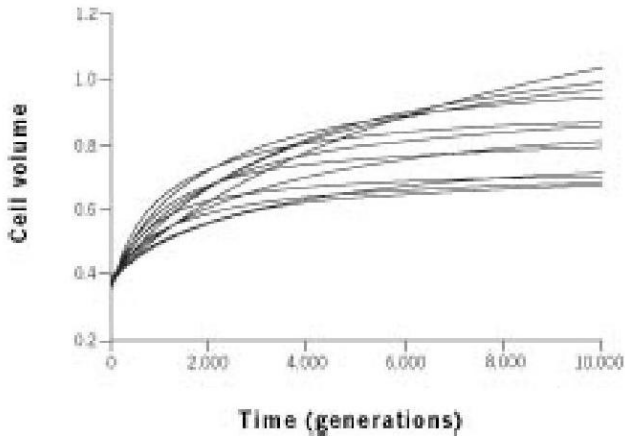
кривые, только когда у нас есть очень большое количество данных, собранных в тщательно контролируемых условиях. Исследование Ленски - отличная работа.



Эксперимент Ленски: бактериальный размер тела в одном племени

Вы можете видеть, что наибольшее увеличение размера тела произошло за первые примерно 2 000 поколений. Следующий интересный вопрос такой. При том, что у всех двенадцати колен размер тела увеличивался в течение эволюционного времени, все ли они увеличивались одинаковым образом, одним и тем же генетическим путем? Нет, не все, и это - второй интересный результат. График наверху страницы 123 - для одного из этих двенадцати колен. Теперь посмотрите на аналогичные гиперболические аппроксимации для всех двенадцати (график внизу страницы 123). Посмотрите, насколько они расходятся. Они все, похоже, приближаются к плато, но самое высокое из этих двенадцати плато почти в два раза выше самого низкого. И кривые имеют различные формы: кривая, которая достигает самого высокого значения в 10 000 поколениях, начинает расти медленнее, чем некоторые другие, а затем обгоняет их перед поколением 7 000. Не путайте эти плато, между прочим, с ежедневными плато размера популяций в каждой колбе. Сейчас мы рассматриваем кривые в

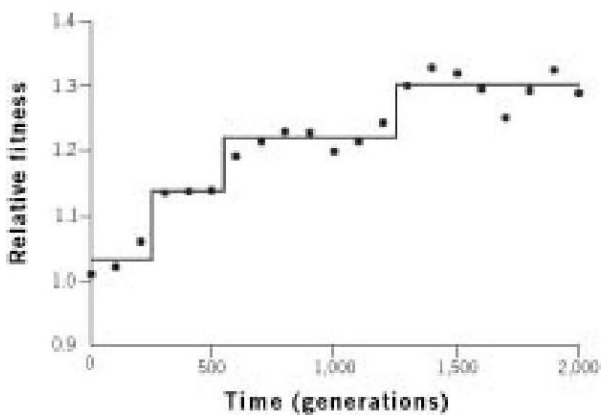
эволюционном времени, измеряемом в поколениях колб, а не во времени отдельных бактерий, измеренном в часах в пределах одной колбы.



Эксперимент Ленски: бактериальный размер тела в двенадцати племенах

Что эти эволюционные изменения предполагают - это то, что становиться крупнее, по некоторым причинам, является хорошей идеей, когда Вы изо всех сил пытаетесь выжить в этом чередовании богатых и бедных глюкозой сред. Я не буду рассуждать о том, почему увеличение размера тела могло бы давать преимущество - есть много вероятных сценариев - но похоже, что это, должно быть так, потому что все двенадцать колен сделали это. Но есть много различных способов стать большим - различных наборов мутаций - и похоже, в этом эксперименте различные способы были открыты различными эволюционными линиями. Это довольно интересно. Но, возможно, еще более интересно то, что иногда пара колен, кажется, независимо обнаруживала один и тот же способ стать больше. Ленски с другой компанией коллег исследовали это явление, взяв два колена, названных Ara+1 и Ara-1, которые, похоже, в течение более чем 20 000 поколений следовали одной и той же эволюционной траекторией, и изучив их ДНК. Удивительный результат, который

они получили, состоял в том, что 59 генов изменили свои уровни экспрессии в обоих коленах, и все 59 изменились в одном и том же направлении. Не будь это из-за естественного отбора, такой независимый параллелизм независимо в 59 генах вполне мог бы вызвать недоверие. Шансы против того, что это произошло случайно, ошеломляюще велики. Это явление именно такого рода, которое, как говорят креационисты, не может произойти, потому что, как они считают, оно слишком невероятно, чтобы произойти случайно. И все же это действительно случилось. И объяснение, конечно, состоит в том, что это произошло не случайно, а потому что постепенный, пошаговый кумулятивный естественный отбор благоприятствовал одним и тем же – буквально одним и тем же – благоприятным изменениям независимо в обеих линиях.



Эксперимент Ленски: увеличение пригодности

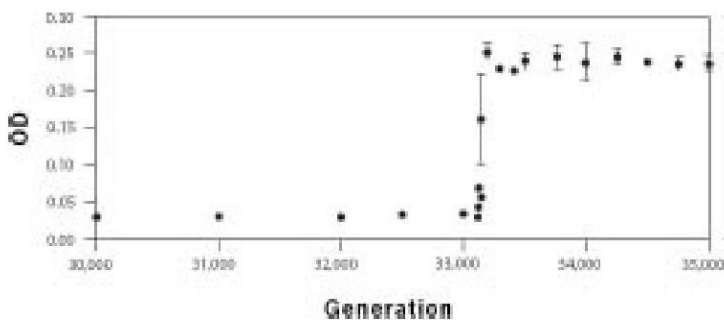
Плавная кривая на графике увеличивающегося размера клетки в течение поколений подтверждает идею, что усовершенствование является постепенным. Но, возможно, оно слишком постепенно? Разве Вы не ожидали бы увидеть реальные ступеньки, в тот момент, пока популяция "ожидает" следующей подвернувшейся улучшающей мутации? Не обязательно. Это зависит от факторов, таких как число вовлеченных мутаций, величина воздействия каждой мутации, вариаций размеров клеток, вызванных другими факторами, помимо

генов, и от того, как часто брались образцы бактерий. И интересно, что если мы посмотрим на график увеличения приспособленности, в отличие от графика размеров клеток, мы действительно увидим то, что, по крайней мере, может быть интерпретировано как явно более ступенчатая картина (сверху). Вы помните, когда я представлял гиперболу, я сказал, что можно было бы найти более сложную математическую функцию, которая бы лучше соответствовала данным. Математики называют это "моделью". Вы могли аппроксимировать эти точки гиперболической моделью, как на предыдущем графике, но Вы получите еще лучшее соответствие при "ступенчатой модели", как та, что использована на этом рисунке. Ее соответствие не столь точно, как соответствие графика размера клеток гиперболе. Ни в том, ни в другом случае нельзя доказать, что данные абсолютно соответствуют модели, этого никогда нельзя сделать. Но данные, по крайней мере, совместимы с идеей, что эволюционное изменение, которое мы наблюдаем, представляет собой пошаговое накопление мутаций.

До сих пор мы видели красивую демонстрацию эволюции в действии: эволюцию прямо у нас на глазах, документально подтвержденную сравнением двенадцати независимых линий, а также сравнением каждой линии с "живыми ископаемыми", которые буквально, а не только метафорически, родом из прошлого.

Теперь мы готовы двигаться дальше к еще более интересному результату. До сих пор я подразумевал, что у всех двенадцати колен эволюционировала их улучшенная приспособленность одним и тем же родом способов, отличающихся только в деталях – некоторые немного более быстрые, некоторые немного более медленные, чем другие. Однако долгосрочный эксперимент подбросил одно яркое исключение. Вскоре после 33 000 поколения случилось кое-что совершенно замечательное. Одна из этих двенадцати линий, названная Ага-3, внезапно взбесилась. Посмотрите на график напротив. Вертикальная ось, обозначенная OD, что обозначает

оптическую плотность или "непрозрачность", является показателем размера популяции в колбе. Жидкость становится мутной просто из-за большого количества бактерий; плотность этого помутнения может быть измерена числом, и это число - наш показатель плотности популяции. Вы можете видеть, что приблизительно до 33 000 поколения средняя плотность популяции Колена Ara-3 не спеша продвигалась по оси OD приблизительно до 0.04, что не очень отличается от всех других колен. Затем, сразу после 33 100 поколения, показатель OD Колена Ara-3 (одного только этого колена среди двенадцати) взмыл вертикально вверх. Он подскочил в шесть раз, до значения OD приблизительно 0.25. Популяции последующих колб этого колена резко выросли. Только после нескольких дней значение OD достигло типичного плато, на котором стабилизировались колбы этого колена, приблизительно в шесть раз выше, чем раньше, и чем показатели других колен. Это более высокое плато затем достигалось во всех последующих поколениях этого колена, но ни в одной другой. Как будто бы большую дозу глюкозы дополнительно вводили в каждую колбу Колена Ara-3, и ни какому другому колену. Но этого не делали. Все колбы скрупулезно снабжались одинаковой порцией глюкозы.



Эксперимент Ленски: плотность популяции

Что произошло? Что внезапно случилось с Коленом Ara-3? Ленски с двумя коллегами занялись дальнейшими исследованиями и определили это. Это - очаровательная история Вы помните, я сказал,

что глюкоза была ограничивающим ресурсом, и любой мутант, "обнаруживший", как обращаться с глюкозой более эффективно, имел бы преимущество. Это действительно случилось в эволюции всех двенадцати колен. Но я также сказал Вам, что глюкоза не была единственным питательным веществом в бульоне. Другим был цитрат [соль лимонной кислоты] (близкий веществу, которое делает лимоны кислыми). Бульон содержал много цитрата, но *E. coli* обычно не может его использовать, по крайней мере, не там, где в воде есть кислород, как было в колбах Ленски. Но если бы только мутант мог "открыть" как обращаться с цитратом, для него открылось бы "золотое дно". Это именно то, что произошло с Ara-3. Это колено, и только оно одно, внезапно приобрело способность поедать не только глюкозу, но и цитрат. Количество доступной пищи в каждой последующей колбе линии поэтому подскочило. И также подскочило плато, на котором ежедневно стабилизировалась популяция в каждой последующей колбе.

Обнаружив, что было особенного в колоне Ara-3, Ленски и его коллеги пошли дальше и задали еще более интересный вопрос. Было ли это внезапное усовершенствование способности извлекать питание обязано одной единственной значительной мутации, мутации настолько редкой, что только одной из этих двенадцати линий достаточно повезло ей подвергнуться? Был ли, другими словами, это лишь еще один мутационный шаг, такой как те, которые, похоже, были продемонстрированы в виде маленьких ступеней графика приспособленности на странице 125? Это показалось Ленски маловероятным, по интересной причине. Зная среднюю скорость мутации каждого гена в геноме этих бактерий, он вычислил, что 30 000 поколений было достаточно долгим сроком для каждого гена, чтобы мутировать по крайней мере однажды в каждой из этих двенадцати линий. Таким образом, казалось маловероятным, что только редкость мутации выделила Ara-3. Она должна была быть "обнаружена" несколькими другими коленами.

Была другая теоретическая возможность, и чрезвычайно соблазнительная. Здесь история начинает становиться весьма сложной, поэтому поздним вечером было бы неплохой идеей продолжить читать завтра... Что, если биохимические трюки необходимые, чтобы питаться цитратом, требуют не одной мутации, а двух (или трех)? Мы сейчас не говорим о двух мутациях, которые надстраиваются друг над другом простым аддитивным способом. Если бы так, то было бы достаточно получить эти две мутации в любом порядке. Любая из них, взятая отдельно, могла бы, (скажем) преодолеть половину пути до цели; и любая из них могла бы наделить способностью получать немного питания из цитрата, но не столько, как обе мутации вместе взятые. Они были бы в той же категории, что и мутации увеличения размера тела, которые мы уже обсуждали. Но такое положение дел не было бы достаточно редким, чтобы объяснить разительную уникальность Колена Ага-3. Нет, редкость цитратного метаболизма предполагает, что мы ищем нечто большее, такое как "неупрощаемая сложность" из креационистской пропаганды. Это могло быть биохимической цепочкой, в которой продукт одной химической реакции участвует во второй химическую реакции, и ни одна из реакций не может совершить никакого продвижения без другой. Потребовалось бы две мутации, назовем их А и В, чтобы катализировать эти две реакции. Согласно этой гипотезы, Вам действительно понадобятся обе мутации, прежде чем произойдет какое-либо усовершенствование вообще, и действительно, было бы достаточно невероятным, чтобы объяснить наблюдаемый результат, что только одно из этих двенадцати колен достигло успеха.

Это все гипотетически. Могла ли группа Ленски экспериментально обнаружить, что произошло на самом деле? Что ж, они могли достичь больших успехов в этом направлении, блестяще используя замороженные "ископаемые", которые были все время так полезны в этом исследовании. Гипотеза, повторю, состоит в том, что в какой-то неизвестный момент времени Колено Ага-3 случайно подверглось

мутации, мутации А. Это не имело никакого обнаружимого эффекта, потому что другая необходимая мутация, В, все еще отсутствовала. Мутация В могла, с одинаковой вероятностью, неожиданно возникнуть в любом из двенадцати колен. Вероятно, это действительно происходило. Но В бесполезна – не имеет абсолютно никакого благоприятного эффекта вообще, если колено ранее случайно не подготовлено возникновением предыдущей мутации А. И, так случилось, что только колено Ara-3 было так "подготовлено".

Ленски мог бы даже выразить свою гипотезу в форме проверяемого предсказания – и интересно высказать ее в такой форме, потому что это действительно предсказание, даже при том, что, в некотором смысле, сделанное относительно прошлого. Вот как я бы выразил предсказание, если бы я был Ленски:

Я буду размораживать ископаемые Колена Ага-3, датированные различными стратегически выбранными моментами, возвращаясь назад во времени. Затем каждому из этих "клонов-Лазарей" позволят эволюционировать дальше, в режиме, подобном главному эволюционному эксперименту, от которого, конечно, они будут полностью изолированы. А теперь, вот мое предсказание. Некоторые из этих клонов-Лазарей "обнаружат", как обращаться с цитратом, но только если они разморожены из точки ископаемой летописи после особого, переломного поколения в первоначальном эволюционном эксперименте. Мы не знаем – пока что – когда было то волшебное поколение, но мы установим это ретроспективно, как момент, когда, согласно нашей гипотезе, мутация А попала в колено.

Вы будете рады услышать, что это именно то, что обнаружил студент Ленски, Захари Блаунт, проводя утомительную серию экспериментов с использованием приблизительно сорока триллионов – 40 000 000

000 000 – клеток *E. coli* всех поколений. Волшебный момент, оказалось, был приблизительно в 20 000 поколении. Размороженные клоны Ага-3, датируемые после 20 000 поколения в "ископаемой летописи", показали увеличенную вероятность эволюции усвоения цитрата в дальнейшем. Ни с одним клоном, датируемым ранее 20 000 поколения, этого не происходило. Согласно гипотезе, после 20 000 поколения клоны были теперь "подготовлены", чтобы получать преимущество от мутации В, когда бы она ни возникала. И не было никакого последующего изменения в вероятности, ни вверх, ни вниз, у тех ископаемых, чей "день воскрешения" был позже, чем волшебная дата 20 000 поколения: какое бы поколение после 20 000 не пробовал Блаунт, увеличение вероятности последующего приобретения способности использовать цитрат размороженными ископаемыми оставалась одинаковой. Но у размороженных ископаемых до 20 000 поколения не было вообще никакого увеличения вероятности развития способности использования цитрата. Колено Ага-3 до 20 000 поколения было точно таким же, как все другие колена. Хотя его члены принадлежали Колену Ага-3, они не обладали мутацией А. Но после 20 000 поколения Колено Ага-3 было "подготовлено". Только они были в состоянии получать преимущество от "мутации В", когда та подворачивалась – что, вероятно, происходило в некоторых других коленах, но без полезного эффекта. Бывают моменты большой радости в научном исследовании, и это, конечно, должен был быть один из них.

Исследования Ленски показывают, в микрокосме и в лаборатории, сильно ускоренные, так, что они происходят прямо на наших глазах, многие из основных компонентов эволюции путем естественного отбора: случайную мутацию, за которой следует неслучайный естественный отбор; адаптацию к одной и той же окружающей среде отдельными независимыми маршрутами; то, как последовательные мутации, надстраиваются на своих предшественниках для возникновения эволюционных изменений; то, как некоторые гены при оказании своего воздействия опираются на присутствие других

генов. И, тем не менее, все это случилось за крошечную долю того времени, которое обычно уходит на эволюцию.

Есть комическое продолжение к этому триумфальному рассказу о научном предприятии. Креационисты его ненавидят. Мало того, что он показывает эволюцию в действии; мало того, что он показывает, что новая информация вносится в геномы без вмешательства создателя, возможность чего они все были научены отрицать ("научены", потому что большинство из них не понимает, что означает "информация"); мало того, что он демонстрирует способность естественного отбора соединять комбинации генов, которые, по наивным вычислениям, столь любимым креационистами, должны быть равносильны невозможному; он также подрывает их центральную догму "неупрощаемой сложности". Поэтому неудивительно, что они были в расстроены исследованием Ленски и жаждали найти в нем недочет.

Эндрю Шлафли, креационистский редактор "Консервапедии", вводящей общество в заблуждение имитации Википедии, написал доктору Ленски требование предоставить доступ к его исходным данным, по-видимому подразумевая, что были некоторые сомнения относительно их достоверности. Ленски был даже не обязан отвечать на это дерзкое предложение, но он ответил, очень по-джентльменски, мягко предложив Шлафли потрудиться прочесть его работу, прежде чем ее критиковать. Ленски продолжил, выразив красноречивый момент, что его наилучшие факты хранятся в виде замороженных культур бактерий, которые любой мог бы, в принципе, исследовать, чтобы проверить его заключения. Он был бы счастлив послать образцы любому бактериологу, имеющему компетенцию, чтобы обращаться с ними, указав, что в неквалифицированных руках они могли бы быть весьма опасными. Ленски перечислил эти требования в беспощадных деталях, и можно было почти услышать то удовольствие, с которым он это делал, прекрасно зная, что Шлафли – если вам будет угодно, адвокат, а вовсе не ученый – и едва ли будет в

состоянии даже выговорить такие слова, уже не говоря об обладании квалификацией бактериолога, компетентного выполнить современные и безопасные лабораторные процедуры, сопровождаемые статистическим анализом результатов. Делу колко подвел итог знаменитый научный блогерный остролов П.З. Маерс пассажем, начинающимся: "Снова Ричард Ленски ответил тупицам и дуракам из Консервапедии, и парень их намного превзошел".

Эксперименты Ленски, особенно с изобретательной техникой "сохранения ископаемых", показывают способность естественного отбора создавать эволюционные изменения в масштабе времени, сопоставимом со временем человеческой жизни, прямо у нас на глазах. Но бактерии предоставляют другие впечатляющие, хотя и менее проработанные примеры. У многих бактериальных штаммов эволюционировала резистентность к антибиотикам в эффектно короткие сроки. В конце концов, первый антибиотик, пенициллин, был героически разработан Флори и Чейном еще только во Вторую Мировую войну. С тех пор новые антибиотики выходили через короткие промежутки времени, и бактерии эволюционно развивали резистентность почти к каждому из них. В настоящее время самым зловещим примером является MRSA (метициллин-резистентный стафилококк *Staphylococcus aureus*), который преуспел в деле превращения множества больниц в весьма опасные для посещения места. Другая угроза - "С .diff" (*Clostridium difficile*). Здесь снова у нас есть естественный отбор, благоприятствующий штаммам, стойким к антибиотикам; но эти свойства перекрываются другими. Длительное использование антибиотиков имеет тенденцию убивать в кишечнике "хорошие" бактерии, наряду с плохими. Помимо резистентности к большинству антибиотиков С.diff. способствует отсутствию других видов бактерий, с которыми она обычно конкурирует. Существует принцип "враг моего врага - мой друг".

Я был слегка раздражен, прочитав брошюру в комнате ожидания у моего доктора, предупреждающую об опасности прерывания полного

курса антибиотиков. С самим этим предупреждением все в порядке; но у меня была причина для беспокойства. Брошюра объяснила, что бактерии "умны"; они "учатся" справляться с антибиотиками. По-видимому, авторы думали, что явление резистентности антибиотиков было бы легче понять, если бы они назвали его обучением, а не естественным отбором. Но разговор об умных и обучаемых бактериях совершенно сбивает с толку, и прежде всего он не помогает пациенту понять смысл предписания продолжать принимать таблетки, пока они не закончатся. Любой дурак может увидеть, что не правдоподобно описывать бактерию как умную. Даже если бы были умные бактерии, почему преждевременное прекращение имело бы какое-нибудь значение для обучаемости умной бактерии? Но как только Вы начинаете думать в терминах естественного отбора, все становится совершенно логично.

Как и с любым ядом, эффект антибиотиков, чаще всего зависит от дозировки. Достаточно большая доза убьет все бактерии. Достаточно низкая доза не убьет ни одной. Промежуточная доза убьет некоторые, но не всех. Если есть генетические вариации среди бактерий, такие, что некоторые из них более восприимчивы к антибиотику, чем другие, то промежуточная доза будет в самый раз для отбора в пользу генов резистентности. Когда доктор говорит Вам завершить весь курс таблеток, это для того, чтобы увеличить шансы убить все бактерии и не оставить резистентных или полурезистентных мутантов. Ретроспективно мы могли бы сказать, что если бы только все мы были лучше обучены мыслить по-дарвинистски, мы раньше были бы разбужены опасностью отбора стойких штаммов. Такие брошюры, как в комнате ожидания моего доктора, не помогают в этом обучении – и, что печально, упускают возможность дать урок о поразительной силе естественного отбора.

ГУПШИ

Мой коллега, доктор Джон Эндлер, недавно переехавший из Северной Америки в Университет Эксетера, рассказал мне следующую изумительную – а также, увы, наводящую печаль историю. Он летел внутренним рейсом в Соединенных Штатах, и пассажир, сидевший рядом, завел беседу, спросив его, чем он занимается. Эндлер ответил, что он профессор биологии, проводит исследование диких популяций гуппи в Тринидаде. Мужчина все больше и больше заинтересовывался исследованием и задавал много вопросов. Заинтригованный элегантностью теории, которая, похоже, лежала в основе экспериментов, он спросил Эндлера, что это была за теория, и кто ее создал. Только тогда доктор Эндлер обронил, что, как он правильно догадывался, было громом среди ясного неба: "Она называется дарвиновской теорией эволюции путем естественного отбора!" Все поведение мужчины сразу же изменилось. Его лицо стало красным; он резко отвернулся, отказался разговаривать дальше и прервал то, что до того времени было любезной беседой. Действительно, более чем любезной: доктор Эндлер написал мне, что мужчина "задал до этого несколько отличных вопросов, показывающих, что он с энтузиазмом и пониманием следил за рассуждением. Это действительно печально.

Эксперименты, о которых Джон Эндлер рассказывал своему предвзятому попутчику, изящны и просты, и они служат красивой иллюстрацией скорости, с которой может работать естественный отбор. Здесь уместно обратиться к собственным исследованиям Эндлера, потому что он также является автором "Естественного отбора в дикой природе", ведущей книги, в которой были собраны примеры таких исследований и изложены их методы.

Гуппи - популярная пресноводная аквариумная рыбка. Как и фазаны, с которыми мы встретились в главе 3, самцы более ярко окрашены, чем самки, и аквариумисты ведут селекцию на еще большую яркость. Эндлер изучал диких гуппи (*Poecilia reticulata*), которые водятся в горных потоках в Тринидаде, Тобаго и Венесуэле. Он заметил, что

местные популяции поразительно отличались друг от друга. В некоторых популяциях взрослые самцы были радужно окрашены, почти столь же красочны, как выведенные в аквариумах. Он предположил, что их предки подвергались отбору на свои яркие цвета самками гуппи, таким же образом, как самцы фазанов отбираются самками. В других местах самцы были намного более блеклыми, хотя они все равно были ярче, чем самки. Как и самки, хотя в меньшей степени, они были хорошо замаскированы на фоне каменистого дна речных потоков, в которых они живут. Эндлер показал с помощью изящных количественных сравнений по многим местам в Венесуэле и Тринидаде, что ручьи, где самцы были менее яркими, были ручьями с большей активностью хищников. В ручьях со слабой активностью хищников самцы были более ярко окрашены, с большими, более аляпистыми пятнами, и большим их количеством: здесь у самцов более свободно могла эволюционировать яркая окраска, чтобы нравиться самкам. Давление самок на самцов для эволюции ярких цветов существовало там все время, во всех различных изолированных популяциях, независимо от того, сильное или слабое давление оказывали местные хищники в противоположном направлении. Как всегда эволюция нашла компромисс между давлениями отбора. Гуппи интересны тем, что Эндлер фактически мог видеть, как компромисс варьирует в различных ручьях. Но он сделал еще лучше. Он продолжал экспериментировать.

Представьте, что Вы хотели бы поставить идеальный эксперимент, чтобы продемонстрировать эволюцию камуфлирующей окраски: что бы Вы сделали? Замаскированные животные сливаются с видимым фоном. Могли бы Вы поставить эксперимент, где у животных на самом деле прямо у Вас на глазах эволюционирует окраска, напоминающая фон, который Вы для них обеспечили в эксперименте? Желательно два фона, с различными популяциями на каждом? Цель состоит в том, чтобы устроить нечто похожее на отбор двух линий кукурузы с высоким и низким содержанием масла,

которую мы видели в Главе 3. Но в этих экспериментах отбор будет проводиться не людьми, а хищниками и самками гуппи. Единственной вещью, которая будет различаться в двух экспериментальных линиях, будет различные фоны, которые мы предоставим.

Возьмите нескольких животных одного вида с камуфляжной окраской, можно насекомых, и распределите их произвольно по различным клеткам (или вольерам, или водоемам, в зависимости от того, что подходит), имеющим различающиеся цветом или узором фоны. Например, Вы могли бы придать половине вольеров фон зеленого леса, а другой половине - красновато-коричневый фон пустыни. Поместив Ваших животных в их зеленые или коричневые вольеры, затем оставьте их жить и размножаться в течение стольких поколений, сколько времени у Вас есть, после чего вернитесь, чтобы посмотреть, эволюционировала ли у них окраска, напоминающая их фон, зеленая или коричневая соответственно. Конечно, Вы можете рассчитывать на результат, только если Вы поместите в вольерах и хищников. Итак, давайте поместим туда, скажем, хамелеона. Во все вольеры? Нет, конечно нет. Помните, это - эксперимент; поэтому поместите хищников в половину зеленых вольеров и в половину коричневых. Эксперимент должен проверить предсказание, что в вольерах с хищниками насекомые эволюционируют, становясь зелеными или коричневыми – чтобы стать более похожими на их фон. Но в вольерах без хищников они могли бы эволюционировать, становясь более отличными от их фона, чтобы быть приметными для самок.

Я долго лелеял мечту поставить точно такой же эксперимент с плодовыми мушками (потому что их репродуктивный цикл настолько короткий), но, увы, я так и не смог найти для этого время. Поэтому я особенно рад сообщить, что это именно то, что Джон Эндлер проделал, не с насекомыми, а с гуппи. Конечно, он использовал в качестве хищников не хамелеонов, а выбрал рыбу, названную

креницихла сердцевидная, *Crenicichla alta*, которая является опасным хищником для этих гуппи в дикой природе. И при этом он использовал не зеленый против коричневого фона – он выбрал кое-что более интересное. Он заметил, что маскировка гуппи обязана большей частью своим пятнам, часто весьма большим, узор из которых напоминает узор дна, засыпанного гравием, их родных ручьев. В некоторых ручьях гравий более каменистый, в других более мелкий, более песчаный. Это были те два фона, которые он использовал, и Вы согласитесь, что маскировочная окраска, которую он искал, была более тонкой и более интересной, чем мой зеленый цвет против коричневого.

У Эндлера была большая оранжерея, чтобы моделировать тропический мир гуппи, и он устроил в ней десять водоемов. Он обложил гравием дно всех десяти водоемов, но пять из них имели грубый, крупный гравий, а другие пять - более мелкий, песчаный. Вы можете видеть, к чему это идет. Предсказание состоит в том, что подвергаясь интенсивному отлову хищниками, гуппи на этих двух фонах разойдутся друг от друга за эволюционное время, каждый в направлении, соответствующем их собственному фону. Там, где хищников мало или нет вообще, предсказывается, что самцы должны иметь тенденцию становиться заметными, чтобы впечатлять самок.

Вместо того, чтобы в половину водоемов поместить хищников, а в другую половину - нет, Эндлер снова поступил более тонко. У него было три уровня хищничества. В двух водоемах (в одном с мелким и одном с крупным гравием) не было хищников вообще. В четырех водоемах (двух с мелким и двух с крупным гравием) была опасная креницихла сердцевидная. В оставшихся четырех водоемах Эндлер поместил другой вид рыбы, ривулус Хартти *Rivulus hartii*, которая, несмотря на ее английское название, "killifish" [звучит как "убийственная рыба"] (на самом деле, оно весьма неуместно, так как ее назвали в честь мистера Килле), относительно безопасен для гуппи. Это - "слабый хищник", тогда как креницихла сердцевидная

является сильным хищником. Условия со "слабым хищником" - лучшая контрольная группа, чем без хищников вообще. Причина в том, что, как объяснял Эндлер, он попытался смоделировать два вида естественных условий, и он не знает ни одного природного ручья, совсем не содержащего хищников: таким образом, сопоставление между сильным и слабым хищничеством более соответствует природным условиям.

Итак, структура такова: гуппи были распределены произвольно по десяти водоемам, пяти с крупным гравием и пяти с мелким. Всем десяти колониям гуппи позволили свободно размножаться в течение шести месяцев без хищников. В этот момент эксперимент начинался по-настоящему. Эндлер поместил одного "опасного хищника" в каждый из двух водоемов с крупным гравием и в двух водоемах с мелким гравием. Он поместил шесть "слабых хищников" (шесть, а не одного, чтобы достичь лучшего приближения к относительной плотности двух видов рыб в дикой природе) в каждый из двух водоемов с крупным гравием и двух водоемов с мелким гравием. А остальные два водоема просто остались как прежде, вообще без хищников.

После пяти месяцев хода эксперимента Эндлер провел перепись по всем водоемам, а также подсчитал и измерил пятна на всех гуппи во всех водоемах. Девять месяцев спустя, то есть всего через четырнадцать месяцев, он провел еще одну перепись, подсчеты и измерения тем же способом. И каковы результаты? Они были захватывающими, даже спустя столь короткое время. Эндлер использовал различные показатели "цветных узоров" рыб, один из которых был "количеством пятен на одну рыбу". Когда гуппи были впервые помещены в их водоемы, прежде, чем внедрили хищников, был очень большой разброс по числу пятен, потому что рыба была собрана из многих ручьев с большим разнообразием состава хищников. В течение этих шести месяцев, прежде чем ввели каких-либо хищников, среднее число пятен на одну рыбу подскочило вверх.

По-видимому, это произошло под влиянием отбора самками. Затем, в момент, когда ввели хищников, произошло разительное изменение. В четырех водоемах, в которых был опасный хищник, резко упало среднее число пятен. Разница была вполне очевидной при пятимесячной переписи, и число пятен уменьшилось еще больше к четырнадцатимесячной переписи. Но в двух водоемах без хищников и четырех водоемах со слабой активностью хищников число пятен продолжало увеличиваться. Оно достигло плато еще при пятимесячной переписи и осталось высоким до четырнадцатимесячной переписи. В отношении числа пятен, слабое хищничество, кажется, в значительной степени было равносильно отсутствию хищников, переселиваемое половым отбором самками, которые предпочитают много пятен.

Это все, что касается числа пятен. Размеры пятен рассказывают столь же интересную историю. В присутствии хищников, не важно слабых или сильных, крупный гравий содействовал возникновению относительно больших пятен, в то время как мелкий гравий благоприятствовал относительно маленьким пятнам. Это легко истолковать как имитацию размерами пятен размеров камней. Восхитительно, однако, то, что в водоемах, где не было вообще никаких хищников, Эндлер обнаружил в точности противоположную ситуацию. Мелкий гравий способствовал возникновению крупных пятен на самцах гуппи, а крупный гравий благоприятствовал небольшим пятнам. Они более заметны, если не имитируют камни на соответствующем им фоне, и это хорошо для привлечения самок. Изящно!

Да, изящно. Но это было в лаборатории. Мог ли Эндлер получить аналогичные результаты в условиях дикой природы? Да. Он отправился к природному ручью, содержащему опасную креницихлу сердцевидную, в котором самцы гуппи были все относительно неприметны. Он поймал гуппи обоих полов и пересадил их в приток того же самого ручья, который не содержал ни гуппи, ни опасных

хищников, хотя мелкий хищник ривулус Хартти присутствовал. Он оставил их там жить и размножаться, и ушел. Двадцать три месяца спустя он возвратился и вновь исследовал гуппи, чтобы увидеть то, что произошло. Удивительно, менее чем через два года самцы заметно сдвинулись в направлении более яркой окраски, без сомнения, подталкиваемые самками и свободно идущие по этому пути в отсутствие опасных хищников.

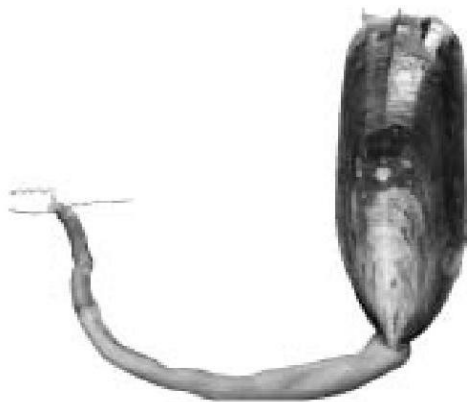
Одна из хороших вещей в науке, что это общественное дело. Ученые публикуют свои методы, а также свои выводы, что означает, что любой другой, в любой точке мира, может повторить их работу. Если они не получают те же результаты, мы хотим знать, почему. Обычно они не просто повторяют предыдущую работу, но расширяют ее: продвигают ее. Блестящее исследование Джона Эндлера гуппи просто просится быть продолженным и расширенным. Среди тех, кто их продолжил, был Дэвид Резник из Калифорнийского университета в Риверсайде.

Спустя девять лет после того, как Эндлер провел серию своих экспериментов с такими захватывающими результатами, Резник и его коллеги повторно посетили это место и исследовали потомков экспериментальной популяции Эндлера еще раз. Самцы были теперь очень ярко окрашены. Движимая самками тенденция, которую наблюдал Эндлер, здорово продвинулась. И это было не все. Вы помните серебристо-черных лис Главы 3, и как искусственный отбор по одному признаку (приручаемость) потянул за собой целую группу других: изменение сезона случки, уши, хвост, цвет меха и другие? Что ж, нечто подобное случилась и с гуппи, под действием естественного отбора.

Резник и Эндлер уже заметили, что, когда Вы сравниваете гуппи в кишевших хищниками ручьях с гуппи в ручьях с только слабым хищничеством, различия в цвете - лишь вершина айсберга. Есть целая группа других различий. Гуппи из ручьев с низким

хищничеством достигают половой зрелости позже, чем гуппи из ручьев с высоким хищничеством, и они крупнее, когда достигают взрослого возраста; они производят молодняк реже; и их выводки имеют меньшую численность, а сами мальки крупнее. Когда Резник исследовал потомков гуппи Эндлера, его результаты были почти слишком хороши, чтобы быть правдой. Те гуппи, которым дали свободу следовать движимому самками половому отбору, а не движимому хищниками отбору на выживание особи, не только стали более ярко окрашенными: во всех других отношениях, которые я только что перечислил, у этих рыб эволюционировала целая группа других изменений, сродни тем гуппи, что обычно встречаются в диких популяциях, где хищники отсутствуют. Гуппи созревали в более позднем возрасте, чем в ручьях, населенных хищниками, они были крупнее, и производили меньше и более крупное потомство. Баланс сместился в направлении нормы для прудов без хищников, где сексуальная привлекательность имеет приоритет. И все это случилось ошеломляюще быстро по эволюционным стандартам. Позже в книге мы увидим, что эволюционные изменения, засвидетельствованные Эндлером и Резником, движимые исключительно естественным отбором (собственно, включая половой отбор), мчались вперед на скорости, сопоставимой с достижениями при искусственном отборе домашних животных. Это - захватывающий пример эволюции прямо у нас на глазах.

Одна из удивительных вещей, которую мы узнали об эволюции - что она может быть и очень быстрой, как мы видели в этой главе, а при других обстоятельствах, как мы знаем из ископаемой летописи, очень медленной. Медленней всего у тех живых существ, которых мы называем "живыми ископаемыми". Они не буквально воскресли из мертвых, как замороженные бактерии Ленски. Но они - существа, которые изменились так мало по сравнению с их отдаленными предками, что это почти то же самое, как если бы они были ископаемыми.

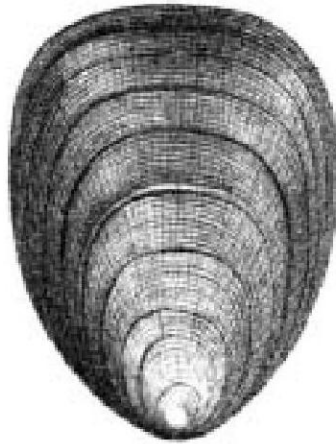


Lingula

Лингула

Моим любимым живым ископаемым является брахиопод *Lingula*. Вам не нужно знать, что такое брахиопод. Они, конечно, были бы основным продуктом меню в процветающем ресторане даров моря перед великим пермским вымиранием четверть миллиарда лет назад – самым катастрофическим вымиранием всех времен. На первый взгляд их можно спутать с двустворчатыми моллюсками – мидиями и их разновидностями – но на самом деле они очень отличаются. Две их раковины - верхняя и нижняя, тогда как раковины мидий - левая и правая. В эволюционной истории двустворчатые моллюски и плеченогие были, как незабываемо выразился Стивен Джей Гулд, судами, которые перемещаются ночью. Некоторые плеченогие пережили "Великое Вымирание" (снова фраза Гулда), и современная *Lingula* (вверху) настолько подобна ископаемой *Lingulella*, ниже, что ископаемому первоначально дали то же самое родовое название, *Lingula*. Этот конкретный экземпляр *Lingulella* восходит к ордовикской эре, 450 миллионам лет назад. Но есть ископаемые, также первоначально названные *Lingula*, а теперь известные как *Lingulella*, датируемые более чем пятистами миллионами лет, кембрийской эрой. Я должен признать, однако, что окаменелые раковины - это не слишком детальная база, и некоторые зоологи

ставят под сомнение притязания *Lingula* считаться почти неизменившимся "живым ископаемым".



***Lingulella* - почти идентичный своим современным родственникам**

Многие проблемы, которые мы встречаем в эволюционной аргументации, возникают только потому, что животные так неосмотрительны, что эволюционируют с различными скоростями, и даже иногда могут быть так неосмотрительны, что не эволюционируют вообще. Если бы был закон природы, предписывающий, что число эволюционных изменений должно всегда быть обязательно пропорционально прошедшему времени, степень сходства точно отражала бы близость родственных отношений. В реальном мире, однако, мы должны устоять перед эволюционными спринтерами, такими как птицы, которые оставили свои рептилийные корни стоящими в мезозойской пыли, и уникальности которых в нашем восприятии помогло то стечение обстоятельств, что все их соседи по эволюционному дереву были убиты астрономической катастрофой. В другой крайности, мы не должны поддаваться "живым ископаемым", таких как *Lingula*, которые, в крайних случаях, изменились так немного, что почти

могли бы скрещиваться со своими отдаленными предками, если бы только сватающая машина времени могла обеспечить им свидание.

Lingula - не единственный известный пример живого ископаемого. Другие включают в себя Limulus, мечехвостов, и целакантов, которых мы встретим в следующей главе.

ГЛАВА 6 НЕДОСТАЮЩЕЕ ЗВЕНО? ЧТО ЗНАЧИТ "НЕДОСТАЮЩЕЕ"?

КРЕАЦИОНИСТЫ глубоко влюблены в летопись ископаемых, так как они были научены (друг другом) повторять, много раз, как мантру, что они полны "пробелов": "Покажите мне ваши "промежуточные звенья"!" Они наивно (очень наивно) полагают, что эти "промежутки" являются затруднением для эволюционистов. На самом деле, мы счастливы, что имеем вообще какие-либо ископаемые, не говоря уж об имеющемся на сегодня огромном их числе, для того, чтобы задокументировать эволюционную историю, большое, по любым меркам, количество которых составляют прекрасные "промежуточные звенья". Я подчеркну в Главах 9 и 10, что мы не нуждаемся в ископаемых, чтобы продемонстрировать, что эволюция является фактом. Доказательства эволюции были бы совершенно непоколебимы, даже если бы ни один труп никогда не превратился в окаменелость. Это бонус, что на самом деле у нас есть богатые залежи окаменелостей для раскопок, и все больше обнаруживается каждый день. Ископаемые свидетельства эволюции во многих основных группах животных удивительно сильны. Тем не менее, существуют, конечно, и пробелы, и креационисты любят их с одержимостью.

Давайте снова воспользуемся нашей аналогией детектива, прибывшего на место преступления, при совершении которого не было очевидцев. Баронет был застрелен. Отпечатки пальцев, следы, ДНК из пятен пота на пистолете, мотив преступления - все указывает на дворецкого. Дело кажется решенным, присяжные, да и весь суд, уверены что дворецкий виновен. Но в последнюю минуту обнаруживается улика, за секунду до того, как жюри удалится рассмотреть то, что, казалось, бы неизбежно приведет к вынесению

обвинительного вердикта, некто вспоминает, что баронет установил скрытые камеры против грабителей. Затаив дыхание, суд просматривает запись. Одна из них показывает дворецкого, открывающего ящик в своем чулане, вынимающего пистолет и крадучись выходящего из комнаты со злонамеренным блеском в глазах. Вы думаете, что это укрепляет доказательства против дворецкого еще сильнее. Однако, посмотрим продолжение. Адвокат дворецкого пронизательно указывает, что не было никакой скрытой камеры в библиотеке, где произошло убийство, и не было скрытой камеры в коридоре, ведущем из кладовой дворецкого. Он вертит пальцем, тем убедительным способом, который адвокаты сделали своим собственным. "В видео отчете есть пробел! Мы не знаем то, что произошло после того, как дворецкий покинул кладовую. Очевидно, что доказательств для осуждения моего клиента недостаточно".

Напрасно, обвинитель указывает на то, что есть еще и вторая камера, в бильярдной, и на ней видно, через открытую дверь, как дворецкий с пистолетом наготове на цыпочках крадется по проходу, ведущему в библиотеку. Конечно же, это заполняет пробел в видеозаписи? Несомненно, обвинения против дворецкого теперь неопровержимы? Но нет. Адвокат ответчика триумфально разыгрывает своего туза. "Мы не знаем, что случилось до и после того, как дворецкий прошел мимо открытой двери в бильярдной. В видео отчете теперь два пробела. Дамы и господа присяжные заседатели, я закончил. Теперь в деле еще меньше доказательств против моего клиента, чем было ранее".

Ископаемые останки, как скрытая камера в детективной истории, это только бонус, что-то, на что мы не могли изначально рассчитывать. И без скрытой камеры есть достаточно улик для признания вины дворецкого, и присяжные собирались вынести обвинительный вердикт до того, как скрытая камера была обнаружена. Аналогично, более чем достаточно свидетельств факта эволюции в сравнительных

исследованиях современных видов (глава 10) и их географическом распределении (Глава 9). Мы не нуждаемся в ископаемых - дело об эволюции железно и без них; парадоксально использование пробелов в ископаемой летописи как свидетельств против эволюции. Нам повезло, как я уже говорил, что у нас вообще есть хоть какие-то окаменелости.

Что действительно могло бы стать аргументом против теории эволюции, и весьма сильным аргументом, так это обнаружение хотя бы одной единственной окаменелости в неправильном геологическом слое. Я уже объяснял эту идею в главе 4. Дж.Б.С.Холдейн остроумно парировал, когда его попросили назвать открытие, которое могло бы опровергнуть теорию эволюции, "Ископаемые останки кроликов в докембрии!" Ни таких кроликов, ни иных достоверно анахроничных ископаемых любого рода до сих пор не было найдено. Все найденные нами ископаемые, и их действительно очень, очень много, обнаруживаются, без единого подтвержденного исключения, в правильной временной последовательности. Да, есть пробелы, периоды, где нет никаких ископаемых, и именно этого и следовало ожидать. Но не было найдено ни единого ископаемого организма, ранее, чем он мог бы возникнуть в результате эволюции. Это весьма показательный факт (и ему нет объяснений в рамках креационистской теории) Как я вкратце упоминал в главе 4, хорошая теория, научная теория - это теория, которая в принципе может быть опровергнута, но до сих пор не опровергнута. Эволюция легко могла бы быть опровергнута, если бы хоть одно ископаемое оказалось в неправильном хронологическом порядке. Теория эволюции блестяще прошла это испытание. Скептики в отношении эволюции, желающие обосновать свое недоверие, должны бы усердно копаться в горах, отчаянно пытаюсь отыскать анахроничные ископаемые останки. Может найдут одно. Хотите пари? Самый большой пробел - тот, что креационисты любят больше остальных, это пробел как раз перед так называемым Кембрийским взрывом. Немногим более полумиллиарда лет назад, в Кембрийскую эпоху, большинство типов (один из

высших рангов классификации животного мира) животных "внезапно" возникают в ископаемой летописи. Внезапно в том смысле, что не известны ископаемые останки этих групп животных в геологических слоях, предшествовавших Кембрию, но не в смысле их одномоментного появления: период, о котором мы говорим, охватывает примерно 20 миллионов лет. Двадцать миллионов лет кажутся коротким промежутком времени, когда речь идет о том, что случилось полмиллиарда лет назад. Но, конечно, это представляет собой точно такое же количество времени для эволюции, как и 20 миллионов лет сегодня! Так или иначе, это все же весьма внезапно, и, как я написал в предыдущей книге, Кембрийский период показывает нам значительное число главных таксономических типов животных

в уже продвинутом состоянии эволюции, при самом первом появлении. Это выглядит так, словно их просто поместили туда, без какой-либо предшествующей эволюционной истории. Излишне говорить, что эта видимость неожиданного появления радует креационистов.

Это последнее предложение показывает, что я был достаточно умен, чтобы понять, что креационистам понравится Кембрийский взрыв. Я не был достаточно умен (раньше в 1986), чтобы понять, что они будут радостно цитировать мне меня самого в свою пользу, снова и снова, старательно опуская мои осторожные слова объяснения. Шутки ради, я поискал в сети фразу "Это выглядит так, словно их просто поместили туда, без какой-либо предшествующей эволюционной истории" и получил не менее 1250 ссылок. Как грубый тест для проверки гипотезы о том, что большинство этих ссылок представляют креационистское выдергивание цитат, я попытался искать, для сравнения, предложение, которое непосредственно следует за вышеупомянутой цитатой в Слепом Часовщике: "Эволюционисты всех направлений полагают, что на самом деле этот факт отражает большой пробел в ископаемой

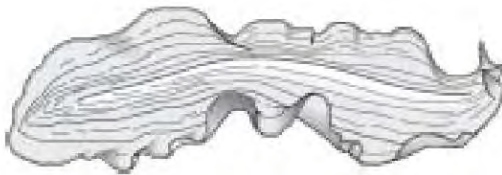
летописи". Я получил всего 63 ссылки, по сравнению с 1 250 ссылками для предыдущего запроса. Соотношение 1250 к 63 составляет 19,8. Мы могли бы назвать это соотношение Коэффициентом Выдергивания Цитат.

Я подробно рассматривал проблему Кембрийского взрыва, особенно в книге "Unweaving the Rainbow" ["Расплетая радугу"]. Здесь, я только добавлю один новый аргумент, иллюстрируемый плоскими червями, Platyhelminthes. Этот тип червей включает в себя трематодов и ленточных червей, которые имеют важное медицинское значение. Моими любимцами, однако, являются свободноживущие ресничные черви, которых насчитывается более четырех тысяч видов: это примерно столько же, сколько всех видов млекопитающих вместе взятых. Некоторые из этих ресничных червей - создания необыкновенной красоты, как вы можете судить по тем двум, что изображены на картинке напротив. Они часто встречаются, и в воде и на суше, и предположительно были широко распространены в течение очень длительного времени. Поэтому можно было бы ожидать увидеть богатую историю ископаемых. К сожалению, почти ничего не найдено. За исключением считанных неоднозначных окаменелостей, содержащих следы, ни единой окаменелости ископаемого плоского червя не было обнаружено. Плоские черви, все до одного, "стоят на продвинутой ступени эволюции, уже на момент первого своего появления. Так, словно кто-то поместил их туда, без какой-либо предшествовавшей эволюционной истории". Но в этом случае, "первое же появление" - это не Кембрий, а наше время. Понимаете, что это значит, или, по крайней мере, должно бы значит для креационистов? Креационисты верят, что плоские черви были сотворены в ту же неделю, что и остальные существа. Соответственно у них было столько же времени для того, чтобы остаться в окаменелостях, что и у остальных животных. Все те столетия, что животные с костями и раковинами оставляли свои ископаемые тысячами, плоские черви счастливо жили рядом с ними, не оставляя никаких существенных следов своего присутствия в

геологических породах. Так что же такого особенного в пробелах в палеонтологической летописи животных, которые оставляются в виде окаменелостей, если вся история существования плоских червей представляет собой один большой пробел: хотя плоские черви, по мнению креационистов, жили на Земле столь же долго? Если пробел перед Кембрийским взрывом используется как доказательство того, что большинство животных внезапно появились в Кембрии, точно такая же "логика" должна быть использована для доказательства того, что плоские черви возникли только вчера. Однако это противоречит вере креационистов в то, что плоские черви были созданы в ту же неделю сотворения, что и все остальное. Верно либо одно, либо другое. Этот аргумент одним ударом полностью разрушает аргумент креационистов о том, что докембрийский пробел в ископаемой летописи ослабляет доказательную базу теории эволюции.



Turbellarians - никаких окаменелостей, но они, должно быть, были там все время



Почему же, с точки зрения теории эволюции, сохранилось так мало ископаемых останков ранее Кембрия? Ну, предположительно, те же факторы, что действовали в случае плоских червей в течение геологического времени до наших дней, применимы и к остальным

представителям животного мира, существовавшим до Кембрия. Вероятно, большинство животных до Кембрия были мягкотелыми, как современные плоские черви, возможно, они были довольно маленького размера, как современные ресничные черви - просто неважный материал для формирования окаменелостей. Потом, полмиллиарда лет назад, произошло нечто, позволившее животным легче превращаться в окаменелости - возникновение твердых минерализованных скелетов, например.

Более ранним названием "пробела в палеонтологических летописях" было "недостающее звено". Эта фраза пользовалась популярностью в Викторианской Англии, и продолжает существовать и в двадцатом столетии. Навеянная неправильным пониманием теории Дарвина, она использовалась почти как ругательная, точно так же, как сейчас в разговорной речи (несправедливо) используется "неандерталец". В цитатнике Оксфордского словаря английского языка 1930 года есть одна, в которой Д.Х.Лоуренс рассказывает о женщине, написавшей ему, чтобы сообщить, что его имя "смердит", и продолжила следующими словами "Ты, помесь недостающего звена и шимпанзе".

Изначальное значение, ошибочное, как я собираюсь продемонстрировать, подразумевало, что теории Дарвина не хватало связующего звена между человеком и другими приматами. Другая из показательных цитат этого словаря, Викторианская цитата, использует ее таким образом: "я слышал разговоры о каком-то недостающем звене между человеком и пагги" (пагги было шотландским словом, обозначающим обезьяну). Люди, отрицающие историю, и по сей день любят говорить, в язвительном (как им кажется) тоне: "Но вы все еще не нашли недостающее связующее звено", и часто в довесок они еще отпускают насмешливое замечание о Пилтдаунском человеке. Никто не знает, кто создал пилтдаунскую подделку, но он в ответе за многое. Тот факт, что один из первых кандидатов на ископаемые останки обезьяночеловека оказался подделкой, дало повод тем, кто отрицает историю, игнорировать

весьма многочисленные ископаемые, которые не были подделками; но они все еще не могут перестать ликовать по этому поводу. Если бы они только взглянули на факты, они скоро обнаружили бы, что у нас теперь есть большой запас промежуточных ископаемых, связывающих современных людей с общим предком, который объединяет нас с шимпанзе. С человеческой стороны разделения. Интересно, что до сих пор не было найдено ископаемых, связывающих этого предка (не являвшегося ни человеком, ни шимпанзе) с современными шимпанзе. Возможно, дело в том, что шимпанзе живут в лесах, где нет подходящих условий для образования окаменелостей. Если уж на то пошло, то сегодня именно шимпанзе, а не люди, имеют право жаловаться на недостающие звенья!

Итак, это - одно из значений "недостающего звена" Оно - тот самый заявляемый пробел между людьми и остальным животным царством. Недостающее звено в этом смысле, мягко говоря, уже вовсе не недостающее. Я возвращусь к этому в следующей главе, которая посвящена ископаемому человека.

Другое значение касается заявляемой нехватки так называемых "переходных форм" между основными группами: между рептилиями и птицами, например, или между рыбами и амфибиями. "Предъявите ваши промежуточные звенья!" Эволюционисты часто отвечают на этот вызов от отрицателей истории, бросая им кости Археоптерикса, знаменитого "промежуточного звена" между "рептилиями" и птицами. Это ошибка, и я собираюсь это показать. Археоптерикс не является ответом на вызов, потому что нет вызова, который бы заслуживал ответа. Приведение только одного знаменитого ископаемого, такого как Археоптерикс, подпитывает заблуждение. На самом деле, для большого количества ископаемых можно весьма обоснованно аргументировать, что любое из них является "промежуточным" между двумя другими. Заявленный вызов, который вроде бы парируется Археоптериксом, основан на

устаревшей концепции, той, что ранее была известна как Великая Цепь Бытия; и под этим именем я буду ее рассматривать далее в этой главе.

Самые глупые из вызовов с "недостающими звеньями", имеют следующие две версии (или их вариации, коих множество). Первый - "Если люди произошли от обезьян через лягушек и рыб, тогда почему среди ископаемой летописи нет какой-нибудь "лягузьяны"? Я встречал креациониста-мусульманина, язвительно вопрошавшего, почему не существует крокодуток. И второй - "Я поверю в эволюцию, когда я увижу, как обезьяна родит человеческого ребенка". Этот последний совершает ту же ошибку, что и остальные, плюс дополнительную, состоящую в том, что крупнейшие эволюционные изменения якобы происходят мгновенно.

На самом деле, эти два заблуждения постоянно соседствуют друг с другом в длинном списке комментариев под статьей в лондонской Sunday Times о документальном телефильме о Дарвине, который я представлял:

Мнение Докинза об эволюции абсурдно, поскольку Эволюция сама по себе ни что иное как еще одна религия - мы должны поверить, что мы все произошли из одной единственной клетки...и что улитка может стать обезьяной и т.п. Ха-ха, это самая смехотворная религия из всех, что когда-либо существовали!!

Джойс, Ворвикшир, Британия.

Докинз должен объяснить, почему науке не удалось найти недостающие звенья. Вера в безосновательную науку, еще больше похожа на веру в детские сказки, чем вера в Бога.

Боб, Лас Вегас, США.

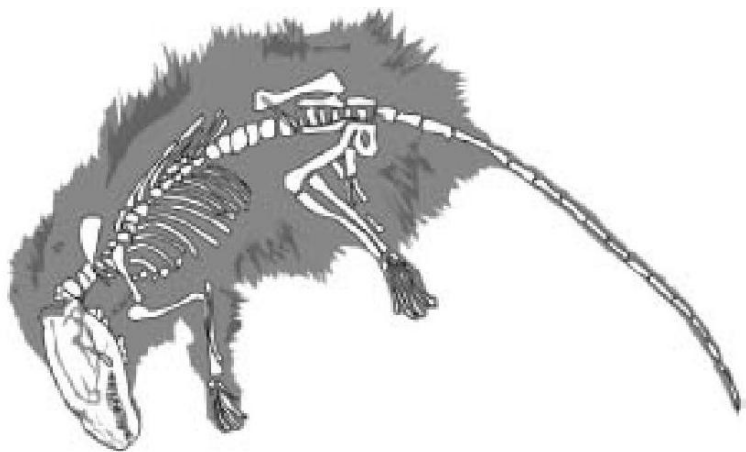
В этой главе будут обсуждаться все подобные заблуждения, начиная с наиболее глупых, поскольку ответ на них послужит хорошим вступлением к остальным.

"ПОКАЖИТЕ МНЕ ВАШУ КРОКОДУТКУ!"

"Почему в палеонтологической летописи не встречается лягузьяны?" Ну, разумеется, обезьяны не произошли от лягушек. Ни один эволюционист, находившийся в своем уме, никогда не заявлял такого, так же как и того, что утки произошли от крокодилов или наоборот. У обезьян и лягушек был общий предок, который определенно внешне был вовсе не похож ни на лягушку, ни на обезьяну. Может быть он несколько напоминал саламандру, и мы действительно нашли ископаемые, напоминающие саламандр, датированные подходящим временем. Но суть не в этом. Каждый из миллиона видов животных имеет общего предка с любым другим видом. Если ваше представление об эволюции настолько искажено, что вы считаете, что мы должны ожидать увидеть лягузьяну или крокодутку, вы также должны саркастически посоветовать на отсутствие собагемота и слонпанзе. Да и вообще, зачем ограничиваться млекопитающими? Почему не кенгуракан (промежуточное звено между кенгуру и тараканом) или осьминопард (промежуточное звено между осьминогом и леопардом)? Существует бесконечное число животных, названия которых вы можете слить в одно подобным образом. Конечно, бегемоты не произошли от собак или наоборот. Шимпанзе не произошли от слонов или наоборот, точно так же как обезьяны не произошли от лягушек. Ни один из современных видов не произошел ни от какого другого современного (если мы исключим самые недавние разветвления). Точно так же, как вы можете обнаружить ископаемые останки животного, которое будет близко к общему предку лягушек и обезьян, точно так же вы сможете найти ископаемые останки животного, которое будет близко

к общему предку слонов и шимпанзе. Вот, например, Эомайя, жившая в раннем меловом периоде, чуть более ста миллионов лет назад.

Как видите, Эомайя была вовсе не похожа ни на шимпанзе, ни на слона. Отдаленно напоминающая землеройку, она, вероятно, была очень похожа на их общего предка, который жил примерно в одно время с ней, и вы можете видеть, что значительное число эволюционных изменений произошло в обоих направлениях - и от похожего на Эомайю предка к его помтоку-слону и от похожего на Эомайю предка к его потомку-шимпанзе. Но она ни в коем случае не слонпанзе. Если бы она являлась слонпанзе, то она также должна было быть и собакантином, поскольку общий предок слона и шимпанзе является так же и общим предком собаки и ламантина (морской коровы). Она так же была бы муравьепотамом, поскольку тот же предок был общим и для африканского муравьеда и бегемота. Сама идея собакантина (или слонпанзе, или муравьепотамом или кенгурога или быкольва) глубоко анти-эволюционна и нелепа. То же относится и к идее лягузьяны, и это позор, что человек, придумавший эту глупость, австралийский странствующий проповедник Джон Маккей, ездил по английским школам в 2008 и 2009 годах, прикидываясь "геологом", и учил невинных детей, что если бы теория эволюции была правдой, то в ископаемой летописи должна была бы быть "лягузьяна".



Eomaia

Еще один нелепый пример можно найти в Атласе Сотворения - толстой, щедро оформленной, иллюстрированной глянцевыми фотографиями и идиотски невежественной книге Харуна Йахьи, мусульманского апологета. Издание этой книги, несомненно, обошлось в целое состояние, что делает еще более поразительным тот факт, что она распространялась бесплатно среди десятков тысяч преподавателей естественных наук, включая меня. Несмотря на непомерную сумму денег, потраченную на издание этой книги, ошибки в ней стали легендарными. С целью проиллюстрировать фальшивое утверждение о том, что большинство древних ископаемых неотличимы от их современных аналогов, Йахья демонстрирует морскую змею в качестве "угря" (два настолько разных животных, что они даже отнесены к разным классам позвоночных), морскую звезду в качестве "офиура" (на самом деле это два разных класса иглокожих), кольчатого червя в качестве "морской лилии" (иглокожего: эта пара относится не только к разным типам, но и к разным подцарствам, поэтому они не могли бы быть более далекими родственниками, оставаясь в рамках животного мира, даже если бы специально старались) и - лучшее из всех - рыбацкую приманку в качестве "ручейника" (см. цветную иллюстрацию на стр.8).

Но в добавление к этим перлам, в книге есть глава, посвященная недостающим звеньям. Один рисунок всерьез призван проиллюстрировать тот факт, что не существует промежуточной формы между рыбой и морской звездой. Я не могу поверить в то, что автор всерьез полагает, что эволюционисты рассчитывают найти переходное звено между двумя такими разным животными, как рыба и морская звезда. Поэтому я не могу не заподозрить, что он знает свою аудиторию слишком хорошо и целенаправленно и цинично пользуется ее невежеством.

"Я ПОВЕРЮ В ЭВОЛЮЦИЮ, КОГДА МАРТЫШКА РОДИТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МЛАДЕНЦА"

Еще раз, люди не произошли от мартышек. У нас с мартышками был общий предок. Так вышло, что общий предок внешне был бы гораздо более похож на мартышку, чем на человека, и мы скорей всего назвали бы его обезьяной, если бы встретили, где-то около 25 миллионов лет назад. Но хотя люди и эволюционировали от предка, которого мы небезосновательно назвали бы обезьяной, никакое животное не рождает представителя нового вида вот так сразу, по крайней мере не такого, чтобы отличался от него самого настолько, насколько человек отличается от мартышки, или даже от шимпанзе. Эволюция работает совсем не так. Эволюционный процесс происходит постепенно, и это не просто очевидный факт, она должна быть постепенной, если предполагается, что она должна что-либо объяснять. Огромные скачки в одном поколении - чем и является рождение человеческого младенца у обезьяны - почти столь же невероятны, как и божественное сотворение мира, и исключаются из рассмотрения по одной и той же причине: это статистически слишком маловероятно. Было бы здорово, если бы те, кто отрицает

эволюцию, приложили бы хоть немного усилий и освоили хотя бы самые азы теории, которой они противостоят.

ПАГУБНОЕ НАСЛЕДИЕ ВЕЛИКОЙ ЦЕПИ БЫТИЯ

В основе значительной части ошибочных требований предъявить "отсутствующие промежуточные звенья" лежит средневековый миф, который владел умами многих мужчин вплоть до Дарвина и упрямо продолжает запутывать людей и после. Это миф о Великой Цепи Бытия, согласно которому все во вселенной можно расположить на некой лестнице, наверху которой Бог, потом архангелы, разные чины ангелов, потом люди, потом животные, потом растения, потом дальше вниз к камням и прочим неживым творениям. С учетом того, что эта идея уходит корнями в то время, когда расизм был нормой жизни, мне вряд ли надо добавлять, что человеческие существа не все располагались на одной ступени. О нет. И конечно, мужские особи были на здоровую ступеньку выше женских того же вида (поэтому я позволил себе неполиткорректное "владел умами мужчин" в первом предложении этого раздела). Но именно подразумеваемая иерархия внутри животного мира в наибольшей степени была способна все запутать, когда идея эволюции впервые была вынесена на обсуждение. Казалось естественным предположить, что "низшие" животные эволюционировали в "высших" животных. И если это было так, то нам следовало ожидать обнаружения "промежуточных звеньев" между всеми ступенями вверх и вниз по этой "лестнице". Лестница с большим числом недостающих ступеней выглядит хлипко. Именно эта картина лестницы с недостающими ступенями прячется за существенной долей скептицизма по поводу "недостающих промежуточных звеньев". Но весь этот миф о

лестнице глубоко ошибочен и анти-эволюционен, что я и собираюсь показать.

Фразы "высшие животные" и "низшие животные" так легко слетают с нашего языка, что нас шокирует осознание того, что вместо того, чтобы без усилий вписаться в эволюционное мышление, как можно было бы предположить, они были - и остаются - прямо противоположны ему. Мы думаем, что знаем, что шимпанзе - высшие животные, а земляные черви - низшие, мы думаем, что мы всегда знали, что это значит, и мы думаем, что теория эволюции делает эту идею еще более ясной. Но это не так. Отнюдь не ясно, что это вообще значит. Или же, если оно вообще что-то значит, то оно значит столько различных вещей сразу, что скорее вводит в заблуждение и даже наносит вред, чем вносит ясность.

Вот список более или менее явно ошибочных идей, которые вы можете подразумевать, когда заявляете, например, что обезьяны "высшие" животные по отношению к земляному червию.

1. "Обезьяны эволюционировали из земляных червей". Это неверно, точно так же как и то, что люди эволюционировали из шимпанзе. Обезьяны и земляные черви имеют общего предка.

2. "Общий предок обезьян и земляных червей был больше похож на земляного червя, чем на обезьяну". Ну, потенциально это более осмысленное заявление. Вы можете даже использовать слово "примитивный" в приблизительном смысле, если вы при этом имеете в виду "похожий на предков", и очевидно, это правда, что некоторые современные животные более примитивны в этом смысле, чем другие. Если задуматься, то на самом деле это значит, что более примитивный из сравниваемой пары видов изменился меньше со времен существования общего предка (все виды, без исключения, имеют общего предка, если вы проследите их историю достаточно далеко). Если ни один из видов не эволюционировал заметно сильнее,

чем другой, слово "примитивный" не должно использоваться при их сравнении.

Стоит остановиться на этом подробнее, чтобы поговорить о смежной проблеме. Очень сложно измерить степень подобия. И в любом случае нет какой-то необходимой причины, по которой общий предок двух современных видов должен быть больше похож на одного из них, чем на другого. Если вы возьмете два вида животных, скажем селедку и кальмара, возможно, что один из них будет больше похож на общего предка, чем другой, но это не обязано быть так. У обоих было одинаковое время на эволюцию со времен общего предка, так что предварительной гипотезой эволюциониста, если вообще должна быть какая-нибудь, может быть то, что ни одно современное животное не должно быть более примитивным, чем другое. Мы могли бы предположить, что они оба изменились в одинаковой степени, но в разных направлениях, со времен своего общего предка. Ожидания, как часто случается, не всегда оправдываются (как в случае обезьяны и земляного червя), но у нас нет необходимой причины, чтобы строить подобные ожидания. Более того, разные части тела животных не всегда эволюционируют с одинаковой скоростью. Животное может быть примитивным от талии и ниже и высокоразвитым от талии и выше. Или, если отбросить шуточный тон, один вид может иметь примитивную нервную систему, а другой - примитивный скелет. Заметьте, что "примитивный" в смысле "напоминающий предков" не обязательно должно означать "простой" (в смысле менее сложный). Ступня лошади проще человеческой (например, у лошади всего один палец, вместо пяти), но человеческая ступня примитивнее лошадиной (у нашего общего с лошадью предка было пять пальцев, как у нас, так что лошадь изменилась сильнее). Это подводит нас к следующему пункту в нашем списке.

3. "Обезьяны умнее (или симпатичнее, имеют более развитый геном, более сложные части тела и т.д. и т.п.), чем земляные черви. Такого

рода зоологический снобизм создает совершенную неразбериху, когда вы начинаете применять его научно. Я упомянул о нем только потому, что его истинный смысл часто ускользает за прочими толкованиями, и лучший способ устранить подобные недоразумения - раскрыть его. Можно вообразить огромное количество шкал, по которым можно ранжировать животных - помимо четырех, которые я упомянул. Животные, занимающие высокое место на одной шкале, могут занимать высокое место и на другой, а могут и нет. Млекопитающие определенно обладают большим мозгом, чем саламандры, но их геном меньше, чем у саламандр.

4. "Обезьяны больше похожи на человека, чем земляные черви." В случае обезьяны и земляного червя, это несомненно так. Но и что из этого? Почему мы должны выбирать человека в качестве стандарта, по которому мы судим остальные организмы? Негодующие пиявки могли бы указать на то, что земляные черви обладают выдающимся достоинством - они больше похожи на пиявок, чем люди. Не смотря на то, что в Великой Цепи Бытия люди традиционно стоят между животными и ангелами, нет никакого эволюционного оправдания для распространенного представления, что эволюция неким образом "целенаправленно" создавала людей, или что люди - это ее "последнее слово". Поразительно, как часто этот тщеславный подтекст вылезает на первый план. В самом примитивном варианте, он встречается в виде вечного недовольства, "Если мы произошли от шимпанзе, как вышло, что шимпанзе все еще существуют?" Я уже упоминал этот аргумент, и это не шутка. Я сталкиваюсь с этим вопросом снова и снова, иногда его задают даже с виду вполне хорошо образованные люди.

5. "Обезьяны (и другие "высшие" животные) лучше приспособлены к выживанию, чем земляные черви (и другие "низшие" животные)". Это совершенно бессмысленное и ошибочное утверждение. Все ныне живущие виды справились с задачей выживания, по крайней мере на сегодняшний день. Некоторые обезьяны, такие как изящные

золотистые игрунки, находятся под угрозой исчезновения. Они гораздо хуже справляются с задачей выживания, чем земляные черви. Крысы и тараканы процветают, несмотря на то, что большинство людей считают их "ниже" горилл и орангутангов, которые опасно близки к вымиранию.

Надеюсь, я сказал достаточно, чтобы показать, насколько абсурдно расставлять современные виды на лестнице, так, словно это очевидно, что вы имеете в виду под "высшими" и "низшими" видами, и чтобы показать насколько это не соответствует эволюционному мышлению. Вы можете воображать сколько угодно лестниц; иногда ранжирование животных по каким-то отдельным шкалам может иметь смысл, но эти шкалы не слишком хорошо соотносятся друг с другом, и ни одна из них не может быть названа "эволюционной шкалой". Мы увидели исторический соблазн к грубым ошибкам, таким как "Почему не существует лягузьян?" Но вредное наследие Великой Цепи Бытия также подпитывает вызов "Где же промежуточные формы между крупнейшими группами животных?" и, почти так же позорно, состоит в том, что склоняет эволюционистов отвечать на вызов конкретными ископаемыми, такими как археоптерикс, знаменитое "промежуточное звено между рептилиями и птицами". Тем не менее, под заблуждением с археоптериксом скрывается кое-что еще общей важности; и я посвящу этому пару параграфов, используя археоптерикса как частный пример для общего случая.

Зоологи традиционно делили позвоночных на классы: крупнейшие подразделения с такими названиями, как млекопитающие, птицы, рептилии и амфибии. Некоторые зоологи, называемые "кладисты", настаивают на том, что полноценный класс должен состоять из животных, объединяемых общим предком, принадлежащим к этому классу и который не имел потомков вне этой группы. Птицы - пример хорошего класса. † Все птицы являются потомками одного единственного предка, который также назывался птицей и разделял с

современными птицами ключевые диагностические характеристики птиц - перья, крылья, клюв и т.д. Животные, обычно называемые рептилиями, не будут представлять хороший класс в этом смысле. Все потому, что по крайней мере в общепринятой таксономике эта категория выражено исключает птиц (они представляют собственный класс) и, тем не менее, некоторые из обычно относимых к "рептилиям" (крокодилы и динозавры) являются более близкими родственниками птиц, чем других "рептилий" (ящериц и черепах). На самом деле некоторые динозавры более близкие кузены птицам, чем другим динозаврам. "Рептилии", в таком случае, представляют искусственный класс, поскольку птицы из него искусственно исключены. В строгом смысле, если бы мы хотели выделить настоящий класс рептилий, мы должны были бы включить как рептилий и птиц. Кладистически настроенные зоологи избегают слова "рептилии" совсем, разделяя их на архозавров (крокодилов, динозавров и птиц), лепидозавров (змей, ящериц и редкого сфенодона Новой Зеландии) и черепах. Некладистически настроенные зоологи с легкостью используют слово "рептилии", так как находят его описательно полезным, даже хотя оно искусственно исключает птиц.

Но что такого в птицах, что склоняет нас отделять их от рептилий? Что кажется оправдывающим выделение птиц в ранг "класса", когда они эволюционно говоря, только одно ответвление рептилий? Тот факт, что непосредственно окружающие рептилии, ближайшие соседи птиц по дереву живого, оказались вымершими, в то время как птицы, одни из своего рода, проследовали вперед. Все ближайшие родственники птиц находятся среди давно вымерших динозавров. Если бы широкое разнообразие линий динозавров выжило бы, птицы бы не выделялись: их статус не был бы поднят до собственного "класса" позвоночных, и мы бы не задавали бы вопросы типа "Где же недостающие звенья между рептилиями и птицами?" Археоптерикс все так же был бы отличным ископаемым для музея, но он бы не играл свою современную центральную роль в ответе на пустой (как

мы теперь видим) вызов: "Представьте мне ваши промежуточные звенья". Если бы карты вымирания легли бы по-другому, могло бы быть множество динозавров бегающих вокруг, включая в том числе некоторых оперенных, летучих динозавров с клювами, называемых птицами. И в самом деле, ископаемые оперенные динозавры сейчас все чаще обнаруживаются, так что становится все явственнее, что нет реального вызова в "Представьте мне недостающее звено!", к которому археоптерикс был бы ответом.

Давайте теперь перейдем к некоторым из крупнейших переходов в эволюции, где "звенья" заявлялись "недостающими".

ИЗ МОРЯ

Трудно представить более отважный и переворотный шаг, чем выход из воды на сушу. Это почти как полет в космос. Эти две зоны жизни разнятся по стольким показателям, что для перехода из одной в другую требуются радикальные сдвиги почти во всех частях тела. Жабры хороши в извлечении кислорода из воды, но почти бесполезны на воздухе, а легкие бесполезны в воде. Способ передвижения, который быстр, элегантен и эффективен в воде, опасно неуклюж на суше, и наоборот. Не удивительно, что "рыба на суше" или "как утопленник" [в английском] стали пословицами. И не удивительно, что "недостающие звенья" в этой области ископаемой летописи привлекают более чем обычный интерес.

Если вы пройдете назад достаточно далеко, все жили в море - водяной, соленой альма-матер всей жизни. В разных местах эволюционной истории, предприимчивые индивиды многих разных групп животных выходили на сушу, иногда в конечном итоге в иссушенную пустыню, захватывая с собой свою собственную морскую воду в крови и клеточных тканях. В добавок к рептилиям,

птицам, млекопитающим и насекомым, которых мы видим вокруг нас, другие группы, также преуспевшие в совершение броска из водяной колыбели, включают скорпионов, улиток, ракообразных, таких как мокрицы и наземные крабы, многоножек и сороконожек, пауков и их родню, и, по крайней мере, три группы червей. И мы не должны забывать про растения, заготовителей годного к использованию углерода, без чьего предшествующего завоевания суши никаких других миграций не случилось бы.

К счастью, такие промежуточные этапы нашего исхода, как выход рыб на сушу, хорошо задокументированы ископаемой летописью. Так же, как и переходные стадии пути, идущего обратно, гораздо позднее, когда предки китов и дюгоней оставили свой тяжело завоеванный дом на суше и вернулись в моря предков. В обоих случаях когда-то отсутствовавшие звенья теперь многочисленны и украшают наши музеи.

Когда мы говорим "рыбы" вышли на сушу, мы должны помнить, что "рыбы", как и "рептилии", не составляют естественной группы. Рыбы определяются через исключение. Рыбы - это все позвоночные, кроме тех, что вышли на сушу. Поскольку вся ранняя эволюция позвоночных имела место в воде, не удивительно, что большинство выживших веток дерева позвоночных все еще находится в море. И мы все еще называем их "рыбами", даже если они лишь отдаленно родственны другим "рыбам". Форель и тунец являются людям более близкими кузенами, чем акулам, но мы называем их всех "рыбами". И двоякодышащие рыбы и латимерии более близкие родственники людям, чем форели и тунцу (и, конечно, акулам), но, опять же, мы называем их "рыбы". Даже акулы более близкие родственники людям, чем миногам и миксинам (единственным современным оставшимся в живых, когда-то процветавшим и разнообразным группам бесчелюстных рыб), но снова, мы всех их называем рыбами. Позвоночные, чьи предки никогда не отважились выйти на сушу, все выглядят как "рыбы", все они плавают как рыбы (а не как дельфины,

которые изгибают спину вверх-вниз при плавании, вместо из-стороны-в-сторону у рыб) и, я подозреваю, все они на вкус как рыба.

Для эволюциониста, как мы увидели в случае рептилий и птиц, "естественной" группой животных является группа, все члены которой более близкие родственники друг другу, чем какому либо животному вне группы. "Птицы", как мы видели, представляют естественную группу, так как их объединяет наиболее поздний общий предок, не являющийся предком каких-либо не-птиц. По тому же принципу "рыбы" и "рептилии" не являются естественными группами. Наиболее поздний общий предок всех "рыб" является также общим предком многих не-рыб. Если мы отставим наших далеких родственников, акул, в одну сторону, мы, млекопитающие, будем относиться к другой естественной группе, включающей всех современных костистых рыб (костистых в контрасте с хрящевыми акулами). Если мы отставим в одну сторону костистых "лучеперых рыб" (лосось, форель, тунца, скалярий: почти всех рыб, которые вы можете видеть кроме акул), естественная группа, к которой мы принадлежим, включает всех наземных позвоночных плюс так называемых лопастеперых рыб. Именно из рядов лопастеперых рыб вышли мы, и должны уделить особое внимание лопастеперым.

Лопастеперые на сегодня сократились до двоякодышащих и целакантов ("сократились" в качестве "рыб", но очень солидно распространились на суше: мы, наземные позвоночные - отклонившиеся от нормы двоякодышащие). "Лопастеперые" они потому, что их плавники больше похожи на ножки, чем на лучи плавников у знакомых рыб. В самом деле, "Старые Четвероногие" было названием популярной книги, написанной Дж.Л.Б.Смитом, южноафриканским биологом, внесшим самый крупный вклад в привлечение всемирного внимания к ним после того, как первый экземпляр был открыт в 1938 году в улове южноафриканского траулера: "Я бы не был более удивлен, если бы увидел динозавра, идущего по улице". Целаканты были известны ранее как ископаемые,

но считалось, что они вымерли во времена динозавров. Смит трогательно написал о том моменте, когда он впервые взглянул на удивительную находку, для чего был вызван первооткрывателем, Маргаритой Латимер (позднее он назвал рыбу латимерия), чтобы дать свое экспертное мнение:

Мы пошли прямо в музей. Мисс Латимер временно отсутствовала, смотритель сопроводил нас во внутреннюю комнату и там был Целакант, да, о боже! Хотя я пришел подготовленным, тот первый взгляд был для меня как ослепительный взрыв и заставил меня почувствовать себя трепетно и необычно, мое тело трясло. Я стоял как остолбеневший. Да, не было ни тени сомнения, чешуйка к чешуйке, косточка к косточке, плавник к плавнику, это был настоящий Целакант (латимерия). Это могло бы быть одним из тех существ, живших 200 миллионов лет назад и оживших вновь. Я забыл про все остальное и просто смотрел и смотрел, а затем почти боязливо приблизился и потрогал, погладил, а моя жена молча смотрела. Мисс Латимер вошла и тепло нас приветствовала. Только когда речь вернулась, хотя точные слова я забыл, но, должно быть, я сказал им, что все верно, это был бесспорно Целакант. Сомнений больше не было.

Латимерии более близкие родственники нам, чем большинству рыб. Они несколько изменилась со времени нашего общего предка, но не достаточно, чтобы быть перемещенными из категории животных, которые, в просторечии и для рыбака, будут классифицироваться как рыбы. Но они и двоякодышащие рыбы определенно более близкие родственники нам, чем форель, тунец и большинство рыб. Латимерии и двоякодышащие рыбы - примеры "живых ископаемых".

Однако мы не происходим от современных двоякодышащих рыб или целакантов. Мы разделяем с двоякодышащей рыбой общего предка,

который больше походил на двоякодышащих рыб, чем на нас. Но и на них тоже не слишком. Двоякодышащие рыбы могут быть живыми ископаемыми, но они все таки не слишком похожи на наших предков. В поисках предков, мы должны вместо "живых ископаемых" искать в породах реальные окаменелости. И в особенности мы интересуемся ископаемыми девона, которые охватывают переход между жившими в воде рыбами и первыми позвоночными животными, жившими на суше. Даже при поиске среди реальных ископаемых мы были бы слишком оптимистичны, если бы надеялись буквально найти наших предков. Можно, однако, надеяться найти родственников наших предков, достаточно близких, чтобы приблизительно рассказать нам, на что они походили.

Один из самых известных пробелов в ископаемой летописи – достаточно заметный, чтобы ему дали название, "Пробел Ромера" (А. Ш. Ромер был известным американским палеонтологом), длился приблизительно с 360 миллионов лет назад, конца Девонского периода, приблизительно до 340 миллионов лет назад, раннего Каменноугольного периода, "Каменноугольной свиты". После Пробела Ромера мы находим несомненных амфибий, ползающих через болота, богатую радиацию саламандроподобных животных, некоторые из которых были размером с крокодилов, которых они поверхностно напоминали. Кажется, это был век гигантов, поскольку были стрекозы с размахом крыльев с мою руку, крупнейшие насекомые, которые когда-либо жили. Начиная приблизительно с 340 миллионов лет назад, мы практически могли бы назвать каменноугольный период земноводным аналогом эпохи динозавров. До него, однако, был Пробел Ромера. А до своего пробела Ромер мог бы видеть только рыб, лопастеперых рыб, живших в воде. Где были промежуточные формы, и что вынудило их рискнуть выйти на сушу?

В Оксфорде мое студенческое воображение было распалено лекциями необычайно осведомленного Гарольда Пьюзи, у которого, несмотря на его сухое и протяжное произношение, был дар среди

высохших костей видеть животных из плоти и крови, которые должны были добывать пропитание в давно ушедшем мире. Его эвокация того, что заставило некоторых лопастеперых рыб развивать легкие и лапы, полученная от самого Ромера, была незабываемо логична для моих студенческих ушей, и она все еще логична для меня даже при том, что является менее модной среди современных палеонтологов, чем это было во время Ромера. Ромер, и Пьюзи, представлял себе ежегодную засуху, во время которой озера, пруды и ручьи пересыхали, затопляясь снова лишь в следующем году. Рыбы, живущие в воде, могли извлечь выгоду из временной способности выжить на суше, когда они тащились из мелкого озера или пруда, находящегося под угрозой неизбежного пересыхания, к более глубокому, в котором они могли выжить до следующего влажного сезона. Согласно этому взгляду, наши предки не столько выходили на сушу, как использовали сушу в качестве временного моста, чтобы убежать обратно в воду. Многие современные животные делают то же самое.

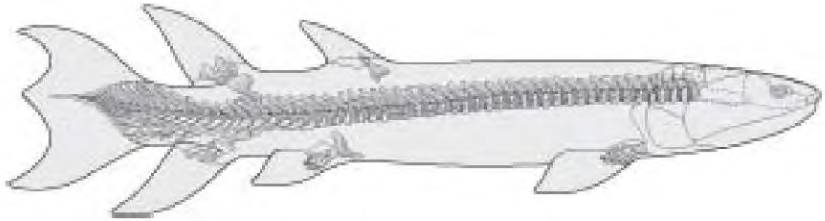
К большому сожалению, Ромер предварял свою теорию преамбулой, целью которой было показать, что Девонская эра была временем засухи. В результате, когда более позднее свидетельства подорвали это допущение, оно, казалось, подорвало всю теорию Ромера. Он добился бы большего успеха, опустив преамбулу, которая, в любом случае, была избыточной. Как я доказывал в "Рассказе Предка", теория по-прежнему работает, даже если девон был менее засушливым, чем Ромер первоначально думал.

Так или иначе, давайте вернемся к самим ископаемым. Они по капле набираются в позднем девоне, периоде, непосредственно предшествующем каменноугольному: дразнящие следы "недостающих звеньев", животные, прошедшие некоторый путь к заполнению пробела между лопастеперыми рыбами, столь многочисленными в девонских морях, и амфибиями (земноводными), которые позже ползали через болота каменноугольного периода. Со

стороны рыб в этом пробеле эустеноптерон был обнаружен в 1881 году в коллекции окаменелостей из Канады. Он, кажется, был охотящейся на поверхности рыбой и, вероятно, никогда не выходил на сушу, вопреки некоторым ранним художественным реконструкциям. Однако у него действительно было несколько анатомических общих черт с амфибиям 50 миллионов лет спустя, включая кости его черепа, зубы и, прежде всего, его плавники. Хотя они, вероятно, использовались для плавания, а не ходьбы, кости повторяют типичную структуру тетрапода (название, данное всем наземным позвоночным животным). В передней конечности единственная плечевая кость была соединена с двумя костями, лучевой и локтевой, соединяющимися с большим количеством мелких костей, которые мы, тетраподы, назвали бы запястьем, пястью и пальцами. И задние конечности обнаруживают схожую тетраподоподобную структуру.

Затем, около земноводной стороны пробела, приблизительно 20 миллионов лет спустя, на границе между девонским и каменноугольным периодом, большое оживление было вызвано в 1932 году открытием на острове Гренландия ихтиостеги. Между прочим, не заблуждайтесь мыслями о холоде и льде. Гренландия в дни ихтиостеги была на экваторе. Ихтиостега была впервые реконструирована шведским палеонтологом Эриком Ярвиком в 1955 году, и снова он изобразил ее как более близкую к обитателям суши, чем это делают современные эксперты. Последняя реконструкция Пера Альберга из старинного университета Ярвика в Уппсале, помещает ихтиостегу преимущественно в воду, хотя она, вероятно, совершала время от времени рейды на сушу. Однако она больше походила на гигантскую саламандру, чем на рыбу, и у нее была плоская голова, характерная для амфибий. В отличие от всех современных тетрапод, которые имеют по пять пальцев на руках и ногах (по крайней мере, в зародыше, хотя их могут потерять некоторые взрослые особи), у ихтиостеги было по семь пальцев. Кажется, что ранние тетраподы обладали большей свободой

"экспериментировать" с количеством пальцев, отличным от того, которое мы имеем сегодня. Предположительно в некоторой точке эмбриологические процессы зафиксировались на пяти пальцах, и сделанный шаг был трудно обратим. Хотя стоит признать, не так уж и необратим. Существуют отдельные кошки, и даже люди, которые имеют шесть пальцев. Эти дополнительные пальцы, вероятно, возникли благодаря ошибке дупликации в эмбриологии.



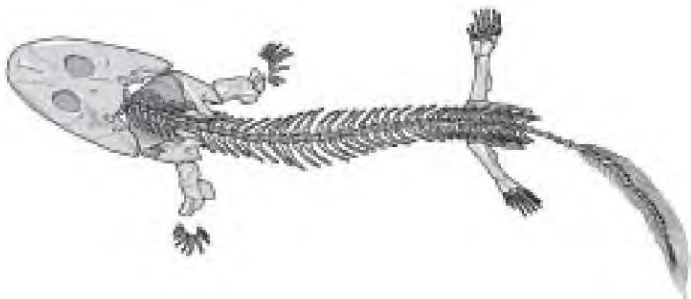
Eusthenopteron



Ichthyostega

Другим захватывающим открытием, также из тропической Гренландии и также датирующийся границей между девоном и каменноугольным периодом, была акантостега. У акантостеги также был плоский, череп земноводного, и подобные тетраподным конечности; но она также отошла, даже еще дальше ихтиостеги, от того, что мы считаем пятипалым стандартом. У нее было восемь пальцев. Ученые, внесшие максимальный вклад в эти наше знания, Дженни Клэк и Майкл Коутс из Кембриджского университета, полагают, что, как и ихтиостега, акантостега была в значительной степени водным обитателем, но у нее были легкие, и ее конечности сильно предполагают, что она могла при необходимости находится

на суше, так же как в воде . Опять же, она выглядела довольно похожей на гигантскую саламандру. Возвращаясь назад, к рыбьей стороне водораздела, *Panderichthys* из позднего девона также немного более подобен амфибии, и слегка менее подобен рыбе, чем *Eusthenopteron*. Но если бы вы увидели его, вы бы наверняка назвали его рыбой, а не саламандрой.



Acanthostega



Panderichthys

Таким образом, у нас остается разрыв между *Panderichthys*, рыбой, подобной амфибии, и акантостегой, амфибией, подобной рыбе. Где "недостающее звено" между ними? Команда ученых из Университета Пенсильвании, включая Нила Шубина и Эдварда Дзешлера, намерились найти его. Шубин сделал их поиски основанием для восхитительного ряда размышлений о человеческой эволюции в своей книге "Внутренняя рыба". Они специально продумали то, где могло бы быть лучшее место для поиска, и тщательно выбрали скалистую область точно конца девонского периода в канадской Арктике. Они нашли золотой зоологический самородок. Тикталик! Имя, о котором никогда не забудут. Оно происходит от слова из лексикона инуитов обозначающее больших пресноводных рыб. Что

касается видового имени, *goseae*, позвольте мне рассказать предостерегающую историю против меня самого. Когда я впервые услышал название и увидел фотографии, похожие на те, что воспроизведены на цветной странице 10, на ум немедленно пришел девонский "Старый Красный Песчаник", цвет давшего ему имя графства Девоншир, цвет Петры ("Красно-розовый город, почти такой же старый, как само время"). Увы, я был совершенно неправ. Фотография преувеличивает розоватый оттенок. Название было выбрано в честь спонсора, который помогал финансировать экспедицию в Арктику девона. Мне выпала такая честь, чтобы доктор Дэшлер показал мне тиктаалика, *Tiktaalik roseae*, когда я обедал с ним в Филадельфии, вскоре после его открытия, и вечный зоолог во мне – или, возможно, моя внутренняя рыба – потерял дар речи. Мне представилось, что через розовые очки я смотрел в лицо своему прямому предку. Как бы это не было нереалистично, это не-столь-розово-красное ископаемое было на сколько близко, насколько я вообще мог приблизиться к настоящему мертвому предку, почти такому же старому как время.

Если бы вы встретили реального живого тиктаалика, лицом к лицу, вы бы отшатнулись, как будто вам угрожает крокодил, именно его напоминает его морда. Голова крокодила на туловище саламандры, приложенная к задней части и хвосту рыбы. В отличие от рыб, у тиктаалика была шея. Он мог поворачивать голову. Почти в каждой детали, тиктаалик - совершенное недостающее звено - совершенное, потому что оно почти точно делит различия между рыбами и амфибиями, и совершенное, потому что оно больше не недостающее. У нас есть это ископаемое. Вы можете увидеть его, коснуться его, попытаться оценить ее возраст - и потерпеть неудачу.

Я СНОВА ДОЛЖЕН ВЕРНУТЬСЯ В МОРЕ

Переход из воды на сушу положил начало значительной модернизации каждого аспекта жизни, от дыхания до размножения: это была длинная трасса через биологическое пространство. Однако, с почти бессмысленным, казалось бы, упрямством, большое количество законченно наземных животных позже вернулось, отказываясь от своего с трудом заработанного наземного переоснащения, и снова двинулось толпой назад в воду. Тюлени и морские львы прошли лишь часть пути назад. Они демонстрируют нам, на что могли быть похожи промежуточные виды на пути к крайним случаям, таким как киты и дюгоны. Киты (включая маленьких китов, которых мы называем дельфинами), и дюгоны со своими близкими кузенами ламантинами перестали быть наземными существами и вернулись к полностью морскому образу жизни своих далеких предков. Они не выходят на берег даже для размножения. Однако они все еще дышат воздухом, совсем не развив ничего аналогичного жабрам своих более древних морских прародителей. Другие животные, возвращающиеся с суши в воду, по крайней мере, на некоторое время - это прудовики, водяные пауки, жуки плавунцы, крокодилы, выдры, морские змеи, водяные землеройки, галапагосские нелетающие бакланы, галапагосские морские игуаны, водяные опоссумы (водные сумчатые из Южной Америки), утконосы, пингины и черепахи.

Киты длительный период были загадкой, но недавно наше знание эволюции кита стало довольно богатым. Молекулярные генетические свидетельства (см. Главу 10 относительно природы этого вида свидетельств) показывают, что самые близкие живущие кузены китов - гиппопотамы, затем свиньи, затем жвачные животные. Еще более удивительно, но молекулярные свидетельства указывают, что гиппопотамы более близкие родственники китам, чем парнокопытным животным (таким как свиньи и жвачные), внешне более похожим на них. Это - другой пример несоответствия, которое может иногда возникать между близостью родства и степенью физического подобия. Мы отмечали это выше в отношении рыб,

являющихся более близкими кузенами нам, чем другим рыбам. В том случае аномалия возникала потому, что наша линия покинула воду ради суши, и, следовательно, совершила эволюционный рывок, оставив наших близких рыбьих кузенов, двоякодышащих, и целакантов, напоминающих наших более отдаленных рыбьих кузенов, потому что все они остались в воде. Теперь мы встречаем тот же феномен снова, но в обратную сторону. Гиппопотамы остались, по крайней мере частично, на суше, и поэтому все еще напоминают своих более отдаленных наземных кузенов, жвачных, в то время как их более близкие кузены, киты, унеслись в море и изменились настолько радикально, что их связи с гиппопотами ускользнули от всех биологов, кроме молекулярных генетиков. Как и в ситуации, когда их отдаленные рыбы предки сначала шли в противоположном направлении, что было немного похоже на полет в космос, или, по крайней мере, на запуск воздушного шара, так же предки китов поплыли, освобожденные от ограничительного бремени силы тяжести, и отшвартовались от суши.

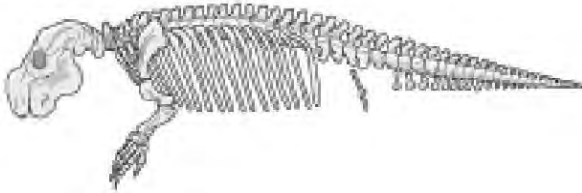
В то же время некогда довольно скудная ископаемая летопись эволюции китов была убедительно заполнена, главным образом новым потоком находок из Пакистана. Однако история ископаемых китов так хорошо изложена в других новых книгах, например, книге "Эволюция : Что Говорят Ископаемые и Почему это важно" Дональда Протеро, и более поздней "Почему Эволюция является правдой" Джерри Койна, что я решил не охватывать здесь те же детали. Вместо этого я ограничился одной диаграммой (снизу), взятой из книги Протеро, показывающей ряд ископаемых, упорядоченных во времени. Обратите внимание на тщательность, с которой изображен рисунок. Соблазнительно, и более ранние книги имели обыкновение делать это, рисовать ряд ископаемых со стрелками от старших к молодым. Но никто не может сказать, например, что амбулоцетус произошел от пакицетуса. Или что базилозавр произошел от родоцетуса. Вместо этого диаграмма придерживается более осторожной политики, предполагая, например, что киты происходят

было недавно обнаружено. Пезосирена, ископаемый "ходячий ламантин" с Ямайки, является приблизительным современником амбулоцетуса, эоценового "ходячего кита". Он в значительной степени похож на ламантина или дюгоня, за исключением того, что у него есть настоящие ноги для ходьбы, и сзади, и спереди, тогда как у тех плавники спереди, а сзади вообще нет конечностей. На рисунке напротив показан современный скелет дюгоня выше, пезосирены ниже.

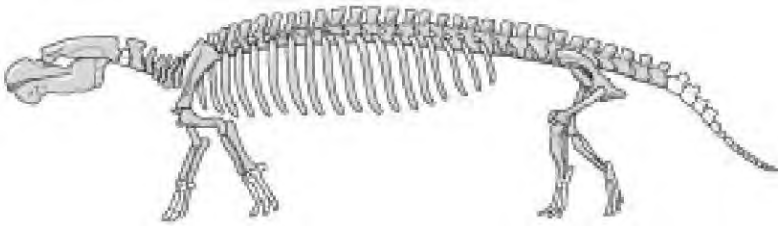
Совсем как киты родственны гиппопотамам, так же сирены родственны слонам, что подтверждается множеством свидетельств, включая самые важные молекулярные данные. Однако пезосирена, вероятно, жила подобно гиппопотаму, проводя большую часть своего времени в воде и используя свои ноги для ходьбы по дну, а не только для плавания. Ее череп - явно череп сирены. Пезосирена может быть, а может не быть подлинным предком современных ламантинов и дюгоней, но она, определенно, превосходный претендент на эту роль.

Эта книга почти вышла в печать, когда поступили захватывающие новости из журнала Nature о новом ископаемом из канадской Арктики, разрекламированной как пробел в родословной современных тюленей, морских львов и моржей (обобщенно "ластоногих"). Единственный скелет, укомплектованный приблизительно на 65 процентов, *Puijila darwini* датировался ранней миоценовой эпохой (приблизительно 20 миллионов лет назад). Это достаточно недавно, чтобы карта мира была почти такая же как сегодня. Таким образом, этот ранний тюлень/морской лев (они тогда еще не разошлись) был арктическим животным, жителем холодных вод. Данные свидетельствуют, что он жил и ловил рыбу в пресной воде (как большинство выдр, кроме знаменитых морских выдр Калифорнии), а не в море (как большинство современных тюленей, кроме знаменитого тюленя Озера Байкал). У *Puijila* были не плавники, а перепончатые лапы. На суше он, вероятно, бегал как собака (очень непохоже на современных ластоногих), но проводил

большую часть своего времени в воде, где плавал как собака, стилем, непохожим на любой из двух стилей, принятых соответственно у современных тюленей и морских львов. Puijila четко покрывает пропасть между сушей и водой в родословной ластоногих. Он является еще одним восхитительным дополнением к нашему растущему списку "звеньев", уже не являющихся недостающими.



Современный дюгонь



***Pezosiren* - древний дюгонь**

Теперь я хочу обратиться к другой группе животных, которые возвратились с суши в воду: особо интригующему примеру, поскольку некоторые из них во второй раз, позже повернули этот процесс вспять и вернулись на сушу! Морские черепахи в одном важном аспекте в не столь полной мере вернулись к воде, как киты или дюгоны, поскольку они все еще откладывают свои яйца на пляжах. Как все позвоночные, возвратившиеся в воду, черепахи не перестали дышать воздухом, но в этой области некоторые из них превзошли китов. Эти черепахи получают дополнительный кислород из воды благодаря паре камер в их задней части, обильно снабженных кровеносными сосудами. Одна австралийская речная черепаха на самом деле получает большую часть своего кислорода, дыша (как австралиец мог бы сказать, не смущаясь) через задницу.

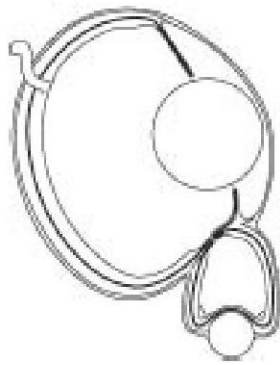
Прежде чем продолжить, я не могу избежать скучного вопроса терминологии и прискорбного наблюдения Джорджа Бернарда Шоу, что "Англия и Америка - две страны, разделенные общим языком." В британской терминологии, сухопутные черепахи (turtles) живут в море, сухопутные черепахи (tortoises) живут на суше, а пресноводные черепахи (terrapins) живут в пресной или солоноватой воде. В Америке все эти животные являются "черепахами" (turtles), не важно, живут ли они на суше или в воде. "Наземная сухопутная черепаха" (land turtle) звучит странно для меня, но не для американца, для которого сухопутные черепахи - подмножество тех черепах (turtles), которые живут на суше. Некоторые американцы используют "сухопутная черепаха" (tortoise) в строгом таксономическом смысле, говоря о Testudinidae, что является научным названием современных сухопутных черепах. В Британии мы были бы склонны назвать любых живущих на суше черепах tortoise, являются ли они членами семейства Testudinidae или нет (как мы увидим, есть ископаемые "морские черепахи" (tortoises), которые жили на суше, но не являлись представителями Testudinidae). В последующем я попытаюсь избежать путаницы, сделав поправку для читателей в Британии и Америке (и в Австралии, где оно используется еще по-другому), но это трудно. В терминологии, мягко говоря, беспорядок. Зоологи используют термин "chelonians" для всех этих животных, сухопутных, морских и пресноводных черепах, на каком бы диалекте английского языка мы ни говорили.

Самой примечательной особенностью черепах является их панцирь. Как он эволюционировал, и на что были похожи промежуточные виды? Где недостающие звенья? Какая польза (мог бы спросить фанатичный приверженец креационизма) от половины панциря? Что ж, замечательно, как раз только что была описана новая окаменелость, красноречиво отвечающая на эти вопросы. Она дебютировала в журнале Nature в самый последний момент перед тем, как я должен был передать эту книгу издателям. Это была водная черепаха, найденная в поздних триасовых отложениях в

Китае, и ее возраст оценивается в 220 миллионов лет. Ее название - *Odontochelys semitestacea*, из чего Вы можете сделать вывод, что, в отличие от современной черепахи, у нее были зубы, и у нее действительно была половина панциря. Она также имела намного более длинный хвост, чем современная черепаха. Все три эти особенности характеризуют ее как подходящую на роль "недостающего звена". Живот был покрыт панцирем, так называемым пластроном, почти так же, как у современной морской черепахи. Но у нее почти полностью отсутствовала спинная часть панциря, известная как спинной щит (карапакс). Ее спина была, по видимому, мягкой, как у ящерицы, хотя были некоторые твердые, костные части посередине вдоль позвоночника, как у крокодила, и ребра были сплюснутыми, как бы "пытаясь" сформировать эволюционные зачатки щита.

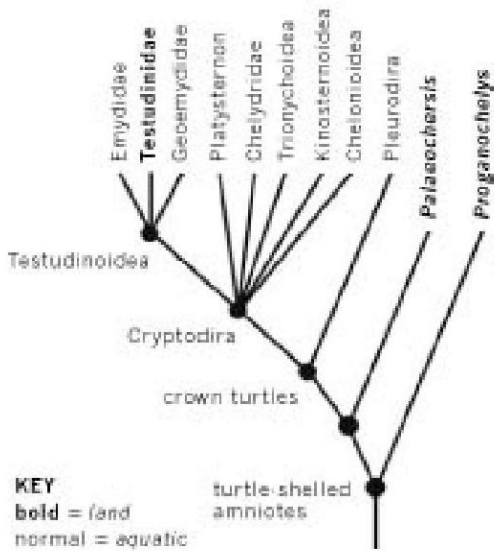
И здесь у нас есть интересное расхождение во мнениях. Авторы работы, которая представила миру *Odontochelys*, Ли, Ву, Риппель, Вонг и Жао (для краткости я назову их китайскими авторами, хотя Риппель не китаец), считают, что их животное действительно было на полпути к обзаведению панцирем. Другие оспаривают претензию *Odontochelys*, доказывая, что панцирь эволюционировал в воде. В *Nature* есть замечательный обычай заказывать другим экспертам, не авторам, написать комментарии на более интересные статьи недели, которые они публикуют в разделе, названном "Новости и Обзоры". Комментаторами в "Новостях и обзорах" по работе над *Odontochelys* были два канадских биолога, Роберт Рейш и Джейсон Хед, и они предлагают альтернативную интерпретацию. Возможно, целый панцирь эволюционировал еще на суше, прежде чем предки *Odontochelys* вернулись в воду. И, возможно, *Odontochelys* потерял свой щит после возвращения в воду. Рейш и Хед указывают, что некоторые из сегодняшних морских черепах, например гигантская кожистая черепаха, потеряли или очень уменьшили щит, таким образом, их теория весьма правдоподобна.

Я должен отступить от темы, чтобы ответить на вопрос: "Какая польза от половины панциря?" В частности, почему *Odontochelys* быть покрыт броней снизу, а не сверху? Возможно, потому что опасность угрожала снизу, что означает, что эти существа проводили много времени, плавая около поверхности – и конечно, они должны были выныривать на поверхность для дыхания. Акулы сегодня часто нападают снизу, акулы должны были быть угрожающей, важной частью мира *Odontochelys*, и нет никакой причины полагать, что их охотничьи привычки были другими в те времена. Как параллельный пример, одно из самых удивительных достижений эволюции, дополнительная пара глаз у рыбы *Bathylchnops* (см. выше), вероятно предназначенная для обнаружения хищников, нападающих снизу. Основной глаз смотрит в сторону, как у любой обычной рыбы. Но у каждого из этих двух основных глаз есть небольшой дополнительный глаз, укомплектованный линзой и сетчаткой и прикрепленный снизу. Если *Bathylchnops* может взять на себя труд (Вы знаете, что я имею в виду, не будьте педантичны) вырастить целую дополнительную пару глаз, по-видимому, чтобы высматривать нападения, исходящие снизу, кажется весьма вероятным, что *Odontochelys* мог бы вырастить броню, предназначенную отражать нападений с той же стороны. Пластрон, брюшной щит, вполне уместен. И если Вы хотите сказать, "да, но почему бы не иметь щит также сверху, просто для дополнительной безопасности", то ответ прост. Панцири тяжелы и громоздки, их дорого выращивать и дорого носить. В эволюции всегда есть компромиссы. У сухопутных черепах компромисс останавливается на том, что благоприятствует крепкой, тяжелой броне, как сверху, так и снизу. Для многих морских черепах баланс благоприятствует крепкому пластрону снизу, но более легкой броне сверху. И предположение, что *Odontochelys* просто продолжил эту тенденцию немного дальше, является правдоподобным.



Дополнительный глаз *Бэзилекноса*

С другой стороны, если китайские авторы окажутся правы, что *Odontochelys* был на пути к эволюции полного панциря, и что панцирь эволюционировал в воде, то из этого, похоже, следует, что современные сухопутные черепахи, имеющие весьма развитые панцири, происходят от водных черепах. Это, как мы увидим, возможно, правда. Но это замечательно, потому что означает, что нынешние сухопутные черепахи представляют собой вторую миграцию из воды на сушу. Никто никогда не заявлял, чтобы какие-нибудь киты или дюгоны возвращались на сушу после завоевания воды. Альтернативная история для сухопутных черепах такая, что они были на суше все время и у них независимо эволюционно возник панцирь, параллельно со своими водными кузенами. Это не значит, что такое невозможно; но, выходит так, что у нас есть серьезное основание полагать, что морские черепахи действительно вернулись на сушу во второй раз, став сухопутными черепахами.



Генеалогическое дерево черепах

ОБОЗНАЧЕНИЕ

жирный = сухопутные; нормальный = морские

Если вы возьмете генеалогическое дерево всех современных черепах, базируемое на основе молекулярных и других сравнений, почти все ветви являются водными (обычный шрифт). Сухопутные черепахи представлены жирным шрифтом, и вы можете видеть, что сегодняшние сухопутные черепахи являются одной ветвью Testudinidae, глубоко укорененной среди богатых разветвлений в остальном водных черепах. Все их близкие родственники являются водными. Современных сухопутные черепахи - одна ветвь на кустарнике в остальном сугубо водных черепах. Их водные предки повернули и гурьбой двинулись назад на сушу. Этот факт согласуется с гипотезой, что панцирь эволюционировал в воде у существа подобного Odontochelys. Но у нас есть еще одна трудность. Если вы посмотрите на семейное дерево, вы заметите, что, в дополнение к Testudinidae (все современные сухопутные черепахи) существует два

ископаемых рода, полностью закрытых панцирем животных, под названиями *Proganochelys* и *Palaeochersis*. Они нарисованы как сухопутные, по причинам к которым мы придем к в следующем параграфе. Они находятся вне ветвей, представляющих водных черепах. Казалось бы, эти два рода издревле сухопутные.

До того, как был обнаружен *Odontochelys*, эти два ископаемых были старейшими из известных черепах. Как и *Odontochelys* они жили в конце триаса, но приблизительно на 15 миллионов лет позднее, чем *Odontochelys*. Некоторые авторы реконструировали их живущими в пресной воде, однако последние данные свидетельствуют об их сухопутности, как показывает жирный шрифт на диаграмме. Вы можете спросить, как мы можем говорить об ископаемых животных, особенно, если найдены только фрагменты, жили ли они на суше или в воде. Иногда это довольно очевидно. Ихтиозавры были рептилиями-современниками динозавров, с плавниками и обтекаемыми телами. Ископаемые выглядят как дельфины, и они, безусловно, жили как дельфины, в воде. С черепахами это менее очевидно. Как и следовало ожидать, больше всего их выдают конечности. Ласты довольно сильно отличаются от ног для хождения. Уолтер Джойс и Жак Готье из Йельского университета взяли этот интуитивно понятный момент и представили цифры в его поддержку. Они провели три ключевых измерения в костях кисти и передних конечностей семидесяти одного вида ныне живущих черепах. Я преодолел искушение разъяснить их элегантные расчеты, но их вывод был ясен. Эти животные имели ноги для ходьбы, а не ласты. В британском варианте английского языка они были сухопутными черепахами "tortoises", а не морскими черепахами "tortoisés". Они жили на суше. Они были лишь дальними родственниками современных сухопутных черепах.

Теперь у нас, кажется, есть проблема. Если, как считают авторы работы, описывающей *Odontochelys*, их ископаемое, имеющее половину панциря, указывает, что панцирь эволюционировал в воде,

как мы объясним два рода черепах с полным панцирем на суше 15 миллионов лет спустя? До открытия *Odontochelys* я, не смущаясь, сказал бы, что *Proganochelys* и *Palaeochersis* были представителями жившего на суше предкового типа до возвращения в воду. Панцирь эволюционировал на суше. Некоторые покрытые панцирем сухопутные черепахи возвратились в море, как тюлени, киты и дюгони сделали позже. Другие остались на суше, но вымерли. А затем некоторые морские черепахи возвратились на сушу, чтобы дать начало всем современным сухопутным черепахам. Это то, что я сказал бы - на самом деле, то, о чем я действительно говорил в раннем проекте этой главы, которая предшествовала сообщению о *Odontochelys*. Но *Odontochelys* отбрасывает все домыслы. У нас теперь есть три возможности, все одинаково интригующие.

1. *Proganochelys* и *Palaeochersis* могли быть сохранившимися сухопутными животными, которые ранее отправили некоторых представителей в море, включая предков *Odontochelys*. Эта гипотеза предполагала бы, что панцирь рано эволюционировал на суше, а *Odontochelys* потерял спинной щит в воде, сохранив брюшной пластрон.

2. Панцирь, возможно, эволюционировал в воде, как полагают китайские авторы, при этом сначала эволюционировал пластрон на животе, а щит на спине эволюционировал позже. В этом случае, как мы расценим *Proganochelys* и *Palaeochersis*, живших на суше после того, как *Odontochelys* со своей половиной панциря жил в воде? *Proganochelys* и *Palaeochersis*, возможно, развили панцирь независимо. Но есть другая возможность:

3. *Proganochelys* и *Palaeochersis* могли представлять более раннее возвращение из воды на сушу.

Не правда ли, поразительно захватывающая мысль? Мы уже довольно уверены в замечательном факте, что сухопутные черепахи

совершили эволюционное повторное возвращение на сушу: сначала капер сухопутных черепах "tortoises" вернулся к водному окружению своих еще более ранних рыбьих предков, став морскими черепахами, затем снова вернулся на сушу, как новое воплощение сухопутных черепах, Testudinidae. Это то, о чем мы знаем, или в чем почти уверены. Но теперь мы мужественно встречаем дополнительное предположение, что это повторное возвращение случилось дважды! Не только чтобы породить современных сухопутных черепах, но и намного раньше, чтобы дать начало Proganochelys и Palaeochersis в триасовом периоде.

В другой книге я охарактеризовал ДНК как "Генетическую Книгу Мертвых". Исходя из того, как работает естественной отбор, в некотором смысле ДНК животного является текстовым описанием миров, в которых его предки подвергались естественному отбору. Для рыб эта генетическая книга мертвых описывает предковые моря. Для нас и большинства млекопитающих все ранние главы книги касаются моря, а все более поздние - суши. Для китов, дюгоней, морских игуан, пингвинов, тюленей, морских львов и морских черепах есть третий раздел книги, который рассказывает об их эпическом возвращении на испытательный полигон их далекого прошлого, в море. Но для сухопутных черепах, возможно, дважды независимо в двух далеко отстоящих друг от друга случаях есть еще и четвертый раздел книги, посвященный последнему – или не последнему? – выходу опять на сушу. Может ли быть другое животное, для которого эта генетическая книга мертвых - такой палимпсест многократных эволюционных обратных разворотов? Как слово на прощанье, меня не может не интересовать вопрос о пресноводных и живущих в солоноватой воде формах ("водяных черепах"), являющихся близкими кузенами сухопутных черепах. Двигались ли их предки прямо из моря в солоноватую, а затем пресную воду? Представляют ли они промежуточную стадию на пути из моря назад на сушу? Или возможно, что они представляют еще одно повторное возвращение в воду от предков, которые были

современными сухопутными черепахами? Курсировали ли черепахи в течение эволюционного времени назад и вперед между водой и суши? Мог ли этот палимпсест быть переписан еще более густо, чем я до сих пор предполагал?

ПОСТСКРИПТУМ

19 мая 2009 года, когда я выполнял корректуру этой книги, в научном онлайн журнале PLOS One объявили о "недостающем звене" между лемуноподобными и обезьяноподобными приматами. Названное *Darwinius masillae*, оно жило 47 миллионов лет назад в тропическом лесу, там, где сейчас находится Германия. Как утверждают авторы, оно является наиболее полным из когда-либо найденных ископаемых останков приматов: не только кости, но и кожа, шерсть, некоторые внутренние органы и его последняя еда. Такие красотки, как *Darwinius masillae*, несомненно бывают (см. цветную страницу 9), оно возникло, таща с собой облака ажиотажа, которые затмевают ясное мышление. Согласно Sky News это "восьмое чудо света", "наконец, подтверждает теорию эволюции Чарльза Дарвина". Боже мой! Более-менее нелепый мистицизм "недостающего звена", похоже, ничуть не утратил своей силы.

ГЛАВА 7 ОТСУТСТВУЮЩИЕ ОСОБИ? БОЛЬШЕ НЕ ОТСУТСТВУЮЩИЕ

Обращение Дарвина к эволюции человека в самой известной его работе "Происхождение видов" ограничивалось 10 многообещающими словами: "Свет будет пролит на происхождение человека и на его историю". Такова формулировка в первом издании, на которое я всегда ссылаюсь, если не указано иное. К шестому (и последнему) изданию Дарвин позволил себе вольность, и предложение стало таким: "Много света будет пролито на происхождение человека и на его историю". Мне нравится думать, как его перо замерло над пятым изданием, пока великий человек благоразумно взвешивал, может ли он себе позволить роскошь слова "много". Даже с этим уточнением, предложение содержит умышленную недосказанность.

Дарвин умышленно отложил обращение к эволюции человека до другой книги - "Происхождение человека". Возможно, не стоит удивляться, что два тома этой работы уделили больше страниц теме подзаголовка книги - "Половой отбор" (исследуемый, главным образом, на примере птиц), чем эволюции человека. Не удивительно, потому что в момент написания не было ископаемых, ведущих от нас к нашим ближайшим родственникам среди обезьян. Дарвин мог рассматривать только ныне живущих обезьян, и он использовал их, рассуждая верно (и практически в одиночку), что наши ближайшие живущие ныне родственники все родом из Африки (гориллы и шимпанзе-бонобо, которые не выделялись в отдельный вид от шимпанзе в то время, но также живущие в Африке), и поэтому предсказав, что если ископаемые предков человека вообще когда-либо будут найдены, то их следует искать именно в Африке. Дарвин сожалел о скудности ископаемых, но придерживался

оптимистической позиции в их отношении. Цитируя Лайелла, своего наставника и великого геолога того времени, он указал, что "во всех классах позвоночных открытие ископаемых остатков было крайне медленным и случайным процессом" и добавил: "Не следует забывать, что те регионы, которые наиболее вероятно могли бы предоставить какие-либо останки, соединяющие человека с некоторыми вымершими обезьяноподобными существами, пока еще не были обследованы геологами". Он имел в виду Африку, и поиску не помог факт, что его непосредственные преемники в значительной степени проигнорировали его совет и искали вместо этого в Азии.

Именно в Азии "недостающие звенья" впервые начали становиться менее недостающими. Но те первые окаменелости, которые были обнаружены, были относительно недавними, возрастом меньше чем миллион лет, датируемые временем, когда гоминиды были довольно близки к современным людям и, мигрируя из Африки, достигли Дальнего Востока. Их назвали "Яванским Человеком" и "Пекинским Человеком" в честь мест их открытия. Питекантропы были обнаружены голландским антропологом Эженом Дюбуа в 1891 году. Он дал ему имя, *Pithecanthropus erectus*, Питекантроп прямоходящий, выражающее его убежденность в том, что он достиг цели своей жизни и обнаружил "недостающее звено". Возражения пришли из двух противоположных источников, которые скорее подтверждали его точку зрения: одни утверждали, что его ископаемое была просто человеком, другие, что оно было гигантским гиббоном. Позже в своей довольно горькой и склочной жизни Дюбуа сетовал на предположение, что позже обнаруженные Пекинские ископаемые были подобны его Питекантропу. Обладая собственническими претензиями, если не сказать, защищая свое ископаемое, Дюбуа верил, что только Яванский Человек был настоящим недостающим звеном. Чтобы подчеркнуть отличия от различных ископаемых останков Пекинского Человека, он описывал их гораздо более близкими к современному человеку, а своего Яванского Человека из

Тририла как промежуточного между человеком и человекообразной обезьяной.

Питекантроп (Яванский Человек) был не человеком, а членом гигантского рода, близкого к гиббонам, хотя и превосходящего с точки зрения значительно большего объема мозга и в то же время выделяющегося своей способностью принимать выпрямленную позу и походку. В среднем он имел удвоенную цефаллизацию (отношение объема мозга к размеру тела) по сравнению с человекообразными обезьянами или половину от человеческой...

Это удивительный размер мозга, слишком большой для человекообразной обезьяны и слишком малый в сравнении со средним, хотя и не меньший, чем наименьший мозг человека, что привело к почти общему мнению, что Яванский Человек из Тририла был на самом деле примитивным человеком. Однако морфологически свод его черепа близок к своду человекообразных обезьян, особенно гиббонов...

Не могло улучшить характер Дюбуа и то, что другие решили, будто он говорил, что питекантроп был только гигантским гиббоном, а вовсе не промежуточным звеном между ними и людьми, и он всячески старался утвердить свою старую позицию: "Я по-прежнему верю, теперь более твердо, чем ранее, что питекантроп из Тририла - настоящее "недостающее звено"".

Креационисты время от времени используют в качестве политического оружия утверждения, что Дюбуа отрекся от своего утверждения, что питекантроп был промежуточным звеном, обезьяно-человеком. Креационистская организация "Ответы в Книге Бытия", однако, добавила его в свой список дискредитированных

аргументов, которые, они говорят, не должны использоваться. Их заслуга, что они имеют такой список вообще. Как я сказал, было показано, что и яванский и пекинский экземпляры питекантропов довольно молоды, менее 1 млн лет. Сейчас они классифицированы как входящие в род *Homo*, также как и мы, сохраняя видовое наименование *Dюбуа erectus*: *Homo erectus*, человек прямоходящий.

Дюбуа выбрал не ту часть света для своего одинокого поиска "недостающего звена". Было естественно, что голландец вначале отправится в голландскую Восточную Азию, но человек с его преданностью [делу], должен был бы последовать совету Дарвина и отправиться в Африку, поскольку Африка - то место, где наши предки эволюционировали, как мы увидим. Но что делали эти останки *Homo erectus* вне Африки? Фраза "Из Африки" была заимствована Карен Бликсен для обозначения великого недавнего исхода наших предков из Африки. Но было два исхода, и важно не путать их. Относительно недавно, примерно 100 000 лет назад, бродячие группы *Homo sapiens*, выглядящих примерно как мы, оставили Африку и диверсифицировались в расы, которые мы видим сегодня по всему миру: инуиты, американские индейцы, австралийские аборигены, китайцы и т.д. Именно к этому позднему исходу обычно относится фраза "Из Африки". Но был более ранний исход из Африки, и те пионеры-эректусы оставили ископаемые останки в Азии и Европе, включая яванские и пекинские экземпляры. Старейшие ископаемые вне Африки были найдены в центральноазиатской стране Грузии, и названы "Грузинский Человек": низкорослое создание, чей (довольно хорошо сохранившееся) череп, датируется современными методами 1.8 млн лет назад. Он был назван *Homo georgicus* (некоторыми таксономистами, хотя другие не признают его как отдельный вид), чтобы показать, что он кажется более примитивным, чем остальные ранние беглецы из Азии, которые все классифицируются как *Homo erectus*, человек прямоходящий. Недавно в Малайзии были обнаружены несколько каменных инструментов, немного более

старых, чем Грузинский Человек, вдохновив новые поиски ископаемых костей на полуострове. Но в этом случае все эти ранние азиатские ископаемые довольно близки к современным людям, и все сейчас классифицируются в составе рода Номо [Человек]; за нашими более ранними предшественниками мы должны отправиться в Африку. Но сначала немного задержимся, чтобы спросить, чего мы должны ожидать от "недостающего звена".



Homo georgicus



Шимпанзе

Представим для удобства аргумент, что мы принимаем всерьез исходное ошибочное значение термина "недостающее звено", и ищем промежуточное звено между шимпанзе (см. справа) и нами. Мы произошли не от шимпанзе, но наверняка наш с шимпанзе общий предок был больше похож на шимпанзе, чем на нас. В частности, он не имел такого большого мозга как наш, он, вероятно, не ходил на

двух ногах, как ходим мы, он, вероятно, был гораздо более волосат, чем мы, и наверняка не имел таких развитых человеческих черт, как речь. Таким образом, даже хотя мы и должны оставаться твердыми перед лицом распространенного ошибочного понимания, что мы не произошли от шимпанзе, не будет вреда задаться вопросом, каким должно быть промежуточное звено между шимпанзе и нами.

Итак, волосы и речь плохо сохраняются как ископаемые, но мы можем получить несколько хороших подсказок о размере мозга, изучая череп, и хорошие подсказки о походке из [рассмотрения] скелета (включая череп, поскольку foramen magnum, дыра для спинного мозга, смотрит вниз у двуногих, и сильнее назад у четвероногих). Возможные кандидаты на звание недостающего звена могут иметь следующие черты:

1. Промежуточный объем мозга и переходная форма походки: вероятно, вроде сутулого переваливания вместо гордой прямой осанки, предпочитаемой офицерами и манерными барышнями.
2. Мозг, размером с мозг шимпанзе с человеческой прямой походкой.
3. Крупный, более человекоподобный мозг, с перемещением на 4 лапах, подобно шимпанзе.

И, держа эти возможные варианты в голове, давайте рассмотрим некоторые из многочисленных африканских ископаемых, которые ныне доступны нам, но, к сожалению, не были доступны Дарвину.

Я ВСЕ ЕЩЕ ЛУКАВО НАДЕЮСЬ...

Молекулярные свидетельства (к которым я обращаюсь в главе 10) показывают, что наш общий предок с шимпанзе жил примерно 6 млн лет назад или немного ранее, поэтому давайте разделим различия и

посмотрим на 3 млн-летние ископаемые. Наиболее известные останки этой степени древности принадлежат "Люси", классифицированной ее открывателем в Эфиопии, Дональдом Джохансоном, как *Australopithecus afarensis*. К сожалению, у нас есть только фрагменты черепа Люси, но нижняя челюсть необычно хорошо сохранилась. Она была небольшой по современным меркам, хотя и не настолько, как *Homo floresiensis*, маленькое существо, которое газеты назвали Хоббитом, вымершее дразняще недавно на острове Флорес в Индонезии. Скелет "Люси" достаточно полон, чтобы предполагать, что она ходила по земле прямо, но, вероятно, также искала убежище на деревьях, где проворно лазала. Есть хорошие свидетельства, что кости, относимые к Люси действительно принадлежат одному индивиду. Этого нельзя сказать о так называемой "Первой семье" - коллекции костей по крайней мере 13 индивидов, схожих с Люси и примерно того же рода, которые каким-то образом оказались похоронены вместе, также в Эфиопии. Фрагменты Люси и "Первой Семьи" дают хорошее общее представление о том, как выглядели *Australopithecus afarensis*, но полную достоверную реконструкцию трудно составить из кусочков многих индивидов. К счастью, почти полный череп, известный как AL444-2 (справа), был обнаружен в 1992 в той же области Эфиопии, и он подтвердил предварительные реконструкции, сделанные ранее. Кажется довольно правдоподобным, что вид, который мы зовем *Australopithecus afarensis* - вид, к которому принадлежит Люси, включал наших предков 3 млн лет назад. Другие ископаемые были помещены в другие виды того же рода, и практически достоверно, что наши предки были представителями этого рода.

Заключение из исследований "Люси" и ее сородичей - что их мозг был примерно того же размера, что и у шимпанзе, но в отличие от шимпанзе, они были прямоходящими, ходили на задних лапах, как мы представили во втором из наших гипотетических сценариев. "Люси" были немного похожи на прямоходящих шимпанзе. Их двуногость эффектно подтверждается запоминающимся рядом

следов, открытых Мэри Лики в окаменевшем вулканическом пепле. Это дальше на юг, в Лаетоли в Танзании, и они старше, чем Люси и AL444-2: возрастом около 3.6 млн лет. Их обычно относят к паре *Australopithecus afarensis* шедших вместе (рука-в-руке?), но что важно, ко времени 3.6 млн лет назад прямоходящая обезьяна ходила на Земле на двух ногах, что довольно похоже на нас, хотя ее мозг был размером с мозг шимпанзе.



AL 444-2

Кажется довольно вероятным, что разновидности, которые мы называем *Australopithecus afarensis* - разновидностями Люси - включали наших предков три миллиона лет назад. Другие ископаемые были помещены в различные разновидности того же самого рода, и фактически бесспорно, что наши предки были членами того рода. Первым найденным австралопитеком, типичным образцом этого рода, был так называемый Ребенок из Таунга. В возрасте трех с половиной лет Ребенок из Таунга был съеден орлом. Свидетельства - повреждения на глазницах этого ископаемого, идентичные отметинам, оставляемым современными орлами на современных обезьянах, когда они выклеивают глаза. Бедный маленький Ребенок из Таунга, визжащий на ветру, в то время как хищная птица несла тебя по воздуху, ты не найдешь успокоения в своей будущей славе через два с половиной миллиона лет в качестве

типичного образца *Australopithecus africanus*. Бедная Таунговская мать, плачущая в плиоцене.

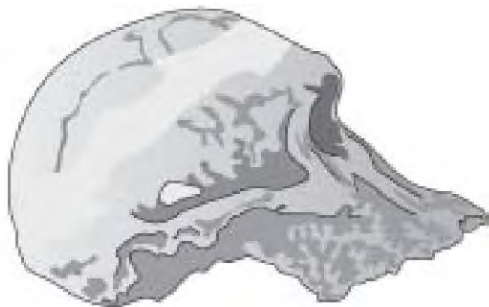
Типовой образец - первый индивид нового вида, названный и официально снабженный новой биркой в музее. Теоретически более поздние находки сравнивают с типовым образцом, чтобы узнать, совпадают ли они. Ребенок из Таунга был обнаружен африканским антропологом Реймондом Дартом в 1924 году, давшим ему новое родовое и видовое имена.

Каково различие между "видом" и "родом"? Давайте быстро разберем этот вопрос, прежде чем продолжить. Род - более охватывающее подразделение. Вид принадлежит к какому-нибудь роду, часто наравне с другими видами. *Homo sapiens* и *Homo erectus* - два вида одного рода *Homo*. *Australopithecus africanus* и *Australopithecus afarensis* - два вида одного рода *Australopithecus*. Латинское наименование животного или растения включает родовое имя (начинающееся с заглавной буквы) сопровождаемое видовым наименованием (без заглавной буквы). Оба наименования пишутся курсивом. Иногда бывает еще дополнительно имя подвида, следующее за видовым именем, как например у *Homo sapiens neanderthalensis*. Таксономисты часто спорят по поводу имен. Многие, например, будут говорить о *Homo neanderthalensis*, не о *Homo sapiens neanderthalensis*, возводя неандертальцев от уровня подвида до статуса вида. Родовые и видовые имена также часто оспариваются и часто изменяются при последующих пересмотрах в научной литературе. *Paranthropus boisei* [парантроп Бойса] был в свое время *Zinjanthropus boisei* и *Australopithecus boisei*, и по-прежнему неформально упоминается как робустный (крепкий) австралопитек в противоположность грацильным (тонким) - видам австралопитеков, упомянутым выше. Одно из главных сообщений этой главы касается некоторой произвольности зоологической классификации.

Реймонд Дарт дал имя *Australopithecus* Ребенку из Таунга, типовому образцу рода, и мы с тех пор застряли на этом удручающе нетворческом для нашего предка имени. Оно всего лишь значит "Южная обезьяна". Ничего общего с Австралией, которая просто означает "Южная страна". Дарт мог бы придумать и более образное имя для столь важного рода. Он, возможно, даже догадывался, что другие члены рода будут позднее найдены севернее экватора.

Немного более старым, чем Ребенок из Таунга, одним из наиболее хорошо сохранившихся, является, хотя и лишенный нижней челюсти, череп под именем "Миссис Плез". "Миссис Плез", кто на самом деле скорее был небольшим самцом, чем большой самкой, получила свое прозвище, поскольку изначально была классифицирована в род *Plesianthropus* [Плезиантроп]. Это значит "почти человек", что является более хорошим именем, чем "южная обезьяна". Можно было бы надеяться, что когда позднее таксономы решили, что Миссис Плез и ее вид были того же рода, что и Ребенок из Таунга, Плезиантроп должен был бы стать именем их всех. К несчастью, правила зоологической номенклатуры строги до педантизма. Первенство наименования имеет преимущество над смыслом и уместностью. "Южная обезьяна" может быть и плохое имя, но это не играет роли: оно появилось раньше более осмысленного имени плезиантроп, и мы, похоже, на нем застряли, если только не... Я все еще лукаво надеюсь, что кто-нибудь в пыльном ящике южно-африканского музея обнаружит давно-забытое ископаемое, явно того же вида, что и Миссис Плез и Ребенок из Таунга, но с каракулями на бирке, гласящими "Типичный образец вида *Hemianthropus* [получеловек], 1920 год". По одному мановению все музеи мира мгновенно должны будут сменить ярлычки на их образцах и слепках австралопитеков, и все книги и статьи по истории гоминид, должны будут последовать за ними. Программы текстовых процессоров по всему миру будут безостановочно работать, вылавливая упоминания австралопитеков и заменяя их на хемантропов. Я не могу придумать другого случая, когда бы международные правила являлись достаточно сильными,

чтобы предписать одномоментные общемировые изменения языка задним числом.



„Миссис Плез“

Теперь, к моему следующему важному моменту по теме будто бы недостающих звеньев и произвольности имен. Очевидно, когда имя Миссис Плез было изменено с Плезантропа на Австралопитека, ничего не изменилось в реальном мире. Полагаю, ни у кого не возникнет желания думать иначе. Но рассмотрим схожий случай, когда ископаемые останки заново изучались и перемещались по анатомическим причинам из одного рода в другой. Или когда их родовой статус оспаривался, что очень часто случалось, другими антропологами. В конце концов, основа логики эволюции в том, что должны существовать индивиды, находящиеся точно на границе между двумя родами, скажем, австралопитеками и людьми. Легко, глядя на череп Миссис Плез и современного человека разумного, сказать "да, несомненно, эти два черепа принадлежат к разным родам." Если мы допустим, что признает почти каждый антрополог сегодня, что все члены рода Номо произошли от предков, принадлежащих роду, называемому нами австралопитеками, то с необходимостью следует, что где-то вдоль генеалогической цепочки от одного вида к другому должен быть по крайней мере один индивид, который был непосредственно на границе. Это важный момент, поэтому еще ненадолго остановимся на нем.



KNM ER 1813

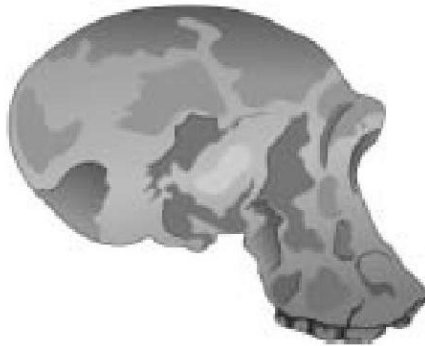


KNM ER 1470

Держа в уме форму черепа Миссис Плез, как представителя *Australopithecus africanus* 2.6 млн лет назад, посмотрите на верхний череп напротив, называемый KNM ER 1813. Затем посмотрите на тот, что под ним, называемый KNM ER 1470. Оба датируются примерно возрастом 1.9 млн лет, и оба относятся большинством авторитетных источников к роду *Номо*. Сегодня 1813 классифицирован как *Номо habilis*, но это не всегда было так. До недавнего времени 1470 тоже классифицировался так, но сейчас в процессе реклассификации как *Номо rudolfensis*. И снова, посмотрите, как неустойчивы и подвижны имена. Но не важно: обоих, очевидно, без сомнений относят к роду *Номо*. Очевидное различие от Миссис Плез и ее сородичей в том, что

у нее более выдающееся вперед лицо и меньший размер черепной коробки. В обоих отношениях 1813 и 1470 выглядят более человекоподобными, Миссис Плез более "обезьяноподобной".

Теперь посмотрите на череп ниже, названный "Твигги". Твигги также сейчас обычно классифицируется как *Homo habilis*. Но ее выдающаяся вперед морда более напоминает Миссис Плез, чем 1470 или 1813. Вы, возможно, не будете удивлены, узнав, что Твигги некоторыми антропологами относилась к роду австралопитеков, а некоторыми к роду *Homo*. На самом деле, каждое из этих трех ископаемых было в разное времена классифицировано и как *Homo habilis*, и как *Australopithecus habilis*. Как я уже отмечал, некоторые авторитетные источники в определенное время дали 1470 другое видовое имя, поменяв *habilis* на *rudolfensis*. И в довершение ко всему, имя *rudolfensis* прицеплялось к обоим родовым именам, *Australopithecus* and *Homo*. В общем, эти три ископаемых по разному назывались различными авторами в разное время, со следующим набором наименований:



„Твигги“

KNM ER 1813:
habilis,

Australopithecus

Homo habilis

KNM ER 1470:
habilis,

Australopithecus

Homo habilis,

Australopithecus

rudolfensis, *Homo*

rudolfensis

OH 24 ("Твигги"):
habilis,

Australopithecus

Homo habilis

Должна ли такая мешанина имен ослаблять нашу уверенность в эволюционной науке? Совсем наоборот. Это именно то, чего следует ожидать, при том, что все эти существа - эволюционные промежуточные звенья, звенья, ранее бывшие недостающими, но более не являющиеся недостающими. Мы должны бы были обеспокоиться, если бы не было никаких промежуточных звеньев, настолько близких к границам, что их было бы затруднительно классифицировать. На самом деле, с эволюционной точки зрения распределение дискретных имен должно быть невозможно, если бы только ископаемая летопись была бы более полной. В некотором смысле, удача, что ископаемые так редки. Если бы мы имели непрерывную ископаемую летопись, выдача отдельных имен видам и родам стала бы невозможна или, по крайней мере, проблематична. Справедливо заключение, что преобладающий источник разногласий палеоантропологов, принадлежит ли такое-то и такое-то ископаемое к этому виду/роду, глубоко и по интересной причине бесполезен.

Держите в голове гипотетическое представление, что мы бы могли, по какому-нибудь странному стечению обстоятельств, быть благословлены непрерывной летописью эволюционных изменений без единого отсутствующего звена. Теперь посмотрите на 4 латинских имени, применявшихся к 1470. При ближайшем рассмотрении, изменение с *habilis* на *rudolfensis* кажется меньшим изменением, чем изменение *Australopithecus* на *Homo*. Два вида внутри рода более близки друг к другу, чем два рода. Не так ли? Не является ли это единственным основанием различия на уровне родов (скажем *Homo* или *Pan* [шимпанзе] как альтернативные рода африканских человекообразных обезьян) от уровня видов (скажем *troglodytes* или *paniscus* внутри рода шимпанзе) в иерархии классификации? Что ж, да, это так, когда мы классифицируем современных животных, о которых можно думать как о кончиках веточек на эволюционном дереве с предками внутри кроны дерева, удобно вымершими и не мешающими на пути. Естественно, те веточки, что соединяются друг с другом дальше (глубже в кроне дерева) будут иметь тенденцию быть менее похожими друг на друга, чем те, чье разветвление (более поздние общие предки) ближе к кончикам. Система работает до тех пор, пока мы не пытаемся классифицировать вымерших предшественников. Но как только мы включим нашу гипотетически полную летопись ископаемых, все четкое подразделение рушится. Дискретные имена становятся, как правило, невозможными к применению. Мы можем легко это увидеть, если пойдем постепенно назад через время, как мы делали в главе 2.

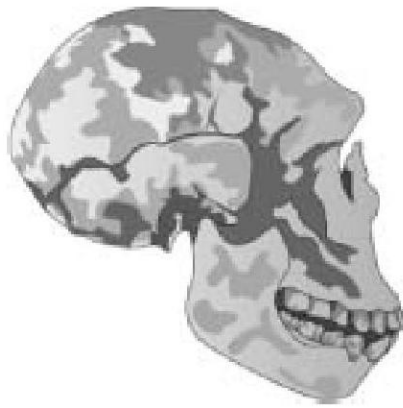
По мере того, как мы отслеживаем предков современного *Homo sapiens* назад, должно настать время, когда отличия от современных людей станут достаточными, чтобы заслуживать отдельного видового имени, скажем *Homo ergaster*. В то же время, на каждом шаге на пути индивиды достаточно похожи на своих родителей и своих детей, чтобы быть помещены в один и тот же вид. Теперь мы идем назад еще дальше, отслеживая происхождение *Homo ergaster*, и

должно настать время, когда мы достигнем индивидов достаточно отличных от типичного "мейнстримового" *ergaster*, чтобы заслуживать свое собственное видовое имя, пусть *Homo habilis*. И теперь мы переходим к сути аргумента. По мере нашего дальнейшего продвижения назад, в определенной точке нам должны начать встречаться индивиды достаточно отличные от современных *Homo sapiens*, чтобы заслужить отличное родовое имя, пусть *Australopithecus*. Проблема в том, что "достаточно отличные от современных *Homo sapiens*" - это совершенно не то же самое, что "достаточно отличные от ранних *Homo*", в нашем случае упомянутых *Homo habilis*. Подумайте о первой рожденной представительнице *Homo habilis*. Ее родители были австралопитеками. Принадлежала ли она к другому роду, чем ее родители? Это просто глупо! Разумеется, глупо. Но это вина не реальности, а человеческой настойчивости в раскладывании всего по именованным категориям. В действительности, не существовало такого существа, как первая представительница *Homo habilis*. Не существовало первого представителя ни для одного вида, или рода, или отряда, или класса, или типа. Каждое существо, которое было когда-либо рождено, было бы классифицировано, будь рядом зоолог, принадлежащим к тому же самому виду, что и родители и дети. Тем не менее [сейчас], глядя ретроспективно и с тем благоприятным обстоятельством - да, здесь в парадоксальном смысле благоприятным - что большинство звеньев отсутствует, классификация в отдельные виды, роды, семейства, отряды, классы и типы становится возможной.

Мне бы хотелось, чтобы у нас была непрерывающаяся цепочка ископаемых, кинематографическая запись всех эволюционных изменений, как она происходила. Мне бы этого хотелось, чтобы посмотреть на лица тех зоологов и антропологов, кто участвует в пожизненных прениях друг с другом, принадлежит ли такое-то и такое-то ископаемое к этому виду или тому, этому роду или тому. Господа (интересно, почему это никогда не дамы), Вы спорите о словах, а не о реальности. Как сказал сам Дарвин в "Происхождении

человека": "В ряду форм, нечувствительно переходящих одна в другую от какого-либо обезьянообразного существа до человека в его современном состоянии, было бы невозможно точно указать, которой именно из этих форм следует впервые дать наименование "человека"."

Давайте пройдем по более свежим ископаемым и посмотрим на несколько более поздних звеньев среди тех, что более не являются недостающими, хотя они отсутствовали во времена Дарвина. Каковы могут быть переходные формы между нами и различными существами, такими как 1470 и Твигги, которые иногда называются Номо, а иногда *Australopithecus*? Мы уже встречали нескольких из них, таких как Яванский Человек и Пекинский Человек, обычно классифицируемых как *Homo erectus*. Но те два жили в Азии, и есть хорошие свидетельства в пользу того, что большая часть человеческой эволюции проходила в Африке. Яванский Человек, Пекинский Человек и их сородичи были выходцами с материнского континента Африки. В самой Африке их эквиваленты сейчас классифицируются как *Homo ergaster*, хотя долгие годы их классифицировали как *Homo erectus*, еще одна иллюстрация непостоянства процедур наименования. Наиболее известный образец *Homo ergaster* и один из наиболее полных когда-либо найденных пред-человеческих ископаемых - Турканский Мальчик, или Мальчик Нариокотомы, открытый звездой поиска ископаемых из команды палеонтологов Ричарда Лики, Камоиа Кимеу.



Homo erectus

Турканский Мальчик жил примерно 1.6 млн лет назад и умер в возрасте примерно 11 лет. Есть показатели, что он бы вырос до роста 6 футов, если бы дожил до взрослого возраста. Его взрослый мозг был бы в перспективе примерно 900 кубических сантиметров. Это было типично для мозга *Homo ergaster/erectus*, варьировавшегося около 1000 кубических сантиметров. Это значительно меньше современного человеческого мозга, составляющего примерно 1300..1400 см³, но больше чем у *Homo habilis* (примерно 600 см³), что в свою очередь больше мозга австралопитека (400 см³) и шимпанзе (около того же). Помните, мы заключили, что наш предок 3 млн лет назад имел мозг шимпанзе, но ходил на задних ногах. Из этого мы можем предположить, что вторая часть истории, от 3 млн лет назад до недавнего времени, была историей увеличения размера мозга. И это на самом деле подтверждается.

Homo ergaster/erectus, большое количество останков которых у нас есть - очень убедительное звено, не являющееся недостающим, лежащее на середине пути между сегодняшним *Homo sapiens* и *Homo habilis* 2 млн лет назад, который в свою очередь - красивое звено, граничащее с *Australopithecus* 3 млн лет назад, который, как мы увидели, очень хорошо описывается как прямоходящий шимпанзе.

Как много звеньев надо, прежде чем, Вы заключите, что уже нет "недостающих"? И можем ли мы также заполнить пробел между Homo ergaster и современным Homo sapiens? Да, у нас есть богатая коллекция ископаемых, покрывающих последние несколько сот тысяч лет, которые являются переходными между ними. Некоторым были даны видовые имена, как Homo heidelbergensis, Homo rhodesiensis и Homo neanderthalensis. Другие (и зачастую эти же самые) называются "древними" Homo sapiens. Но я продолжаю повторять, имена не важны. Важно, что эти звенья более не являются отсутствующими. Промежуточных звеньев полно.

ПРОСТО ПОЙДИТЕ И ПОСМОТРИТЕ

Итак, у нас есть отличная ископаемая документация постепенного изменения, от Люси, "прямоходящей шимпанзе" 3 млн лет назад, до нас сегодня. Как же отрицатели истории справляются со свидетельствами? Некоторые буквальным отрицанием. Я встретил такое в интервью, которое брал для документального фильма Четвертого канала "Гений Чарльза Дарвина" в 2008 году. Я интервьюировал Венди Райт, президента "Обеспокоенных женщин Америки". Ее мнение, что "Противозачаточные, принимаемые не следующее утро - это лучшие друзья педофила" дает справедливое отражение силы ее рассуждений, и она полностью оправдала ожидания в течение нашего интервью. Только очень малая часть интервью представлена в телевизионном фильме. Далее здесь представлено его более полное воспроизведение, но очевидно полезное для нужд главы, которую я посвятил обсуждению ископаемой летописи происхождения человека.

Венди: К чему я возвращаюсь, что эволюционисты все еще не имеют научных подтверждений. Но вместо этого, в защиту эволюции работает цензура. Так что нет

свидетельств эволюции одного вида в другой. Если бы они были, если бы эволюция происходила, от птиц к млекопитающим или даже дальше, тогда, конечно, должно было бы быть хоть одно свидетельство.

Ричард: Свидетельств громадное количество. Я сожалею, но вы, люди, продолжаете повторять это как мантру, поскольку только слушаете друг друга. Я имею в виду, если бы только вы открыли глаза и посмотрели на свидетельства.

Венди: Покажите их мне, покажите мне, покажите мне кости, покажите мне скелеты, покажете мне свидетельства стадий между одним видом и другим.

Ричард: Каждый раз, когда обнаруживается ископаемое, промежуточное между одним видом и другим, вы, ребята, говорите, "А, теперь у нас два пробела, там где раньше был один". Я имею в виду, что каждое ископаемое - это промежуточное звено между чем-то одним и чем-то другим.

Венди (смеется): Если бы это было так, Смитсоновский Музей Естественной Истории был бы полон таких примеров, но их нет.

Ричард: Они есть... есть... в случае людей, со времен Дарвина, теперь есть огромное количество свидетельств о промежуточных звеньях в ископаемых человека и есть различные виды австралопитеков, для примера, и... еще есть *Homo habilis*, которые являются переходными между австралопитеками, которые были более ранним видом, и *Homo sapiens*, которые являются более поздним видом. Я хочу сказать, почему бы вам не посмотреть на эти промежуточные звенья?

Венди: ... если бы эволюция имела бы настоящие свидетельства, это было бы показано в музеях, а не только на иллюстрациях.

Ричард: Я только что сказал вам о Australopithecus, Homo habilis, Homo erectus, Homo sapiens и древних Homo sapiens, Homo sapiens, это красивая цепочка промежуточных звеньев.

Венди: У вас по-прежнему не хватает материальных свидетельств....

Ричард: Материальные свидетельства есть. Сходите в музей и посмотрите на них... У меня здесь их, очевидно, нет, но вы можете пойти в музей, и вы можете увидеть Australopithecus, вы можете увидеть Homo habilis, вы можете увидеть Homo erectus, вы можете увидеть древних Homo sapiens и современных Homo sapiens. Красивая серия промежуточных звеньев. Почему вы продолжаете говорить "Представьте мне свидетельства"? Сходите в музей и посмотрите.

Венди: И я ходила. Я ходила в музеи, но нас столько много, кто по-прежнему не убежден.

Ричард: Вы видели Homo erectus?

Венди: И я думаю это все усилия, очень агрессивные усилия попытаться перекрыть нас и применить цензуру. Они, кажется, идут от отчаяния, что столько много людей все еще не верят в эволюцию. Если эволюционисты так уверены в своей вере, не должно быть усилий к подавлению информации цензурой. Это показывает, что эволюции все еще не хватает убедительности и она спорна.

Ричард: Я... Я признаю, что в отчаянии. Дело не о подавлении, а в факте того, что я рассказал вам о 4 или 5 ископаемых (Венди смеется)... и вы, кажется, просто игнорируете, что я говорил.... Почему бы вам не сходить и не посмотреть на эти ископаемые?

Венди: Если бы они были в музеях, где я была много раз, я бы смотрела на них объективно, но к чему я возвращаюсь...

Ричард: Они есть в музее.

Венди: К чему я возвращаюсь, это что философия эволюции может вести к идеологиям, которые были так разрушительны для человеческой расы.

Ричард: Да, но разве не было бы хорошей идеей вместо указания на неверное понимание дарвинизма, которым политически чудовищно злоупотребили, попытаться понять дарвинизм, тогда вы бы были в состоянии противодействовать этим жутким непониманиям.

Венди: В действительности, нас так часто пересиливают агрессивностью тех, кто предпочитает эволюцию. Не то, чтобы от нас скрывалась информация, которую вы продолжаете представлять. Не то, чтобы она была неизвестна нам, поскольку мы не можем уйти от этого. Но она навязывается нам все время. Но я думаю, отчаяние идет от факта, что столько из нас, кто видел вашу информацию, по-прежнему не покупаются на вашу идеологию.

Ричард: Вы видели Homo erectus? Вы видели Homo habilis? Вы видели Australopithecus? Я вам задал вопрос.

Венди: Я видела то, что в музеях и учебниках, когда утверждают, что показывают эволюционные различия видов между собой, всегда опираются на иллюстрации или рисунки... не на какие-либо материальные свидетельства.

Ричард: Ну, вы могли бы сходить в музей Найроби и посмотреть на оригинальные ископаемые, но можно видеть слепки ископаемых, точные копии этих ископаемых в любом крупном музее, в котором вы потрудились бы посмотреть.

Венди: Хорошо, позвольте мне спросить, почему вы так агрессивны? Почему вам так важно, чтобы все верили как вы?

Ричард: Я не говорю о верованиях, я говорю о фактах. Я рассказал вам о конкретных ископаемых, и каждый раз, когда я спрашиваю о них, вы избегаете вопроса и переходите на что-то другое.

Венди: ...Должны бы поразительные тонны материальных свидетельства, не просто разрозненные объекты, но опять-таки, свидетельств нет.

Ричард: Я выбрал ископаемые останки гоминидов, поскольку думал, они будут наиболее интересны вам, но можно найти аналогичные останки из любой группы позвоночных, которую вы назовете.

Венди: Но я думаю, я вернусь к вопросу, почему для вас так важно, чтобы все верили в эволюцию....

Ричард: мне не нравится слово "верили". Я предпочел бы просто попросить, чтобы люди посмотрели на

свидетельства, и я прошу вас посмотреть на свидетельства. ... Я хочу, чтобы вы сходили в музеи и посмотрели на факты, и не верили тому, что вам сказали, что нет свидетельств. Просто сходите и посмотрите на свидетельства.

Венди (смеется): Да, и что я скажу....

Ричард: Это не смешно. Я имею в виду, на самом деле, сходите, сходите. Я рассказал вам о ископаемых гоминидах, и вы можете сходить посмотреть эволюцию лошади, вы можете сходить посмотреть эволюцию ранних млекопитающих, вы можете сходить посмотреть эволюцию рыб, вы можете сходить посмотреть на переход от рыб к наземным амфибиям и рептилиям. Любое из этого вы найдете в любом хорошем музее. Просто откройте глаза и посмотрите на факты.

Венди: И я скажу, откройте ваши глаза и посмотрите на сообщества, построенные теми, кто верит в любящего Бога, кто создал каждого из нас...

Может показаться, что я в этом обмене был ненужно настойчивым в забивании молотком просьбы, чтобы она пошла в музей и посмотрела, но я реально это имел это в виду. Эти люди были натренированы говорить "Нет ископаемых, покажите мне свидетельства, покажите мне хоть одно ископаемое...", и они так часто это говорят, что начинают этому верить. Поэтому, я попробовал в качестве эксперимента назвать три или четыре ископаемых этой женщине и не давать ей отделаться, просто их игнорируя. Результат удручающий, и это очень хороший пример частой тактики отрицателей истории, когда им представляют свидетельства истории, а именно, просто игнорировать их и повторять как мантру "Покажите мне ископаемые? Где ископаемые?"

Ископаемых нет. Просто покажите мне одно переходное ископаемое, все чего я прошу..."

Другие запутывают себя именами и неизбежной склонностью имен создавать ложные разделения там, где их нет. Каждое ископаемое, потенциально способное быть переходным, в любом случае классифицируется либо как человек, либо как австралопитек. Ни одно не классифицируется как промежуточное. Поэтому промежуточных нет. Но, как я объяснил выше, это неизбежное последствие соглашений зоологической номенклатуры, а не факт реального мира. Даже самое безупречное промежуточное звено, которое можно представить, обнаружится втиснутым либо в [род] Homo, либо в [род] Australopithecus. На самом деле оно, вероятно, будет именоваться Homo половиной палеонтологов и Australopithecus другой половиной. И, к несчастью, вместо того, чтобы вместе согласиться, что спорные промежуточные ископаемые - это именно то, чего следует ожидать по эволюционной теории, палеонтологи практически обеспечивают создание совершенно ложного впечатления тем, что доходят почти до драки по терминологическим разногласиям.

Это немного похоже на законодательное различие между взрослым и ребенком. Для правовых нужд и для решения, достаточно ли человек взрослый, чтобы голосовать и служить в армии, надо проводить разграничение. В 1969 году возраст голосования в Британии был снижен с 21 до 18 лет (в 1971 году то же самое сделали в США). Теперь обсуждается снижение его до 16 лет. Но, каким бы ни был возраст голосования, никто всерьез не думает, что наступление полуночи на 18-ый (или 21-ый) день рождения, на самом деле превращает вас в другого человека. Никто всерьез не верит, что есть два типа людей, взрослые и дети, "без промежуточных форм". Очевидно, мы все понимаем, что весь период взросления - это длинное упражнение в промежуточности. Некоторые из нас, можно сказать, никогда не взрослеют. Схожим образом, человеческая

эволюция, от чего-то вроде *Australopithecus afarensis* к *Homo sapiens*, состояла из непрерываемой серии родителей, дающих рождение детям, кто наверняка был бы помещен современным таксономистом в тот же вид, как и его родители. В ретроспективе, по причинам, которые не так далеки от правовых, современные таксономисты настаивают на снабжении каждого ископаемого ярлыком, который бы гласил нечто вроде *Australopithecus* или *Homo*. Музейным ярлычкам определенно не разрешается говорить "На пол пути между *Australopithecus africanus* и *Homo habilis*". Отрицатели истории хватаются за эти соглашения именования, как будто они являются свидетельством отсутствия промежуточных звеньев в реальном мире. Точно так же можно сказать, что нет такой вещи, как подросток, поскольку каждый человек, на кого ни глянь, оказывается либо голосующим взрослым (18 и старше) или неголосующим ребенком (до 18 лет). Это равноценно заявлению, что правовые нужды для возрастного порога голосования доказывают, что подростков не существует.

Но снова к ископаемым. Если креационистские апологеты правы, *Australopithecus* - это только человекообразная обезьяна, и ее предшественники не имеют значения при поисках "недостающих звеньев". Тем не менее, мы можем посмотреть и на них. Существует несколько, хотя и довольно обрывочных, следов. *Ardipithecus*, живший 4-5 млн лет назад, известен преимущественно по зубам, но было найдено достаточно черепных костей и костей ступни, чтобы по крайней мере большинство исследовавших их анатомов предположили, что он был прямоходящим. Практически то же самое заключение было выведено открывателями двух еще более древних ископаемых, Оррорина ("Человека Тысячелетия") и *Sahelanthropus* ("Тумая", ниже).

Sahelanthropus примечателен своим большим возрастом (6 млн лет, близко ко времени общего предка с шимпанзе) и тем, что обнаружен западнее Рифтовой Долины (в Чаде, где его прозвище "Тумай" значит

"надежда жизни"). Другие палеонтологи скептически относятся к заявлениям о двуногости, сделанным относительно Оrrorина и Сахелантропа их открывателями. И, как циник может заметить, некоторые скептики в отношении каждого такого проблемного ископаемого являются открывателями других!



Sahelanthropus

Палеоантропология, более чем другие области науки, выраженно заражена (или может оживлена?) соперничеством. Мы должны признать, что летопись ископаемых, соединяющая прямоходящую обезьяну австралопитека с (предположительно) четвероногим предком, общим с шимпанзе, до сих пор бедна. Мы не знаем, как наши предки встали на задние лапы. Нам нужно больше ископаемых. Но давайте, по крайней мере, порадуемся хорошей ископаемой летописи, которую мы, в отличие от Дарвина, можем использовать, показывающую эволюционные переходы от австралопитеков с их мозгом размером с мозг шимпанзе к современному Homo sapiens с нашим черепом, раздутым как воздушный шар, и большим мозгом.

На протяжении этого раздела я воспроизвел картинки черепов и убеждал вас сравнить их. Возможно, вы заметили, например, выдающуюся морду у некоторых ископаемых, или бровные дуги.

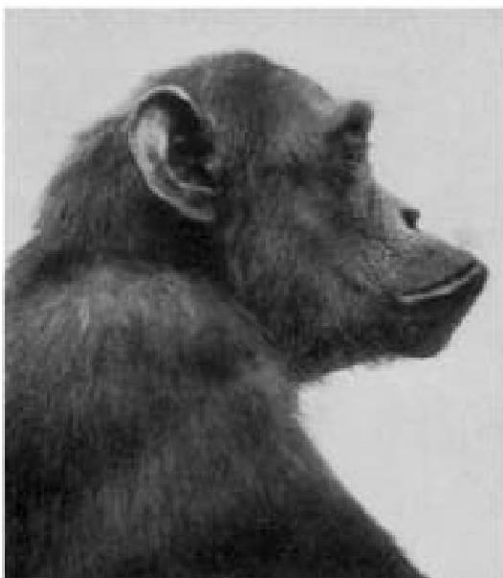
Временами различия едва заметны, что помогает оценить постепенный переход от одного ископаемого к более позднему. Но я хочу ввести небольшое усложнение, которое разовьется в интересный сам по себе момент. Изменения, имеющие место по мере взросления в течение жизни одного индивида, в любом случае выражены более драматично, чем изменения, которые мы видим, сравнивая взрослых в последовательных поколениях.



Шимпанзе до рождения

Череп ниже принадлежит шимпанзе незадолго до рождения. Он, очевидно, совершенно отличается от черепа взрослого шимпанзе, изображенного на странице 187, и он гораздо более человеческий (более похожий на череп взрослого человека, как и на череп ребенка). Есть широко тиражируемая картинка (снова воспроизведенная на обороте) детеныша и взрослого шимпанзе, которая часто используется для иллюстрации интересной идеи, что в эволюции человека юные черты сохранились до взрослого возраста (или, что может быть не обязательно совсем то же, что мы становимся

половозрелыми, когда наши тела все еще юные). Я думал, картинка слишком хороша, чтобы быть правдой, и послал ее своему коллеге, Десмонду Моррису, для получения его экспертного мнения. Может ли это быть подделкой, спросил я его? Видел ли он когда-либо молодого шимпанзе, выглядящего так по-человечески? Доктор Моррис скептически оценивает спину и плечи, но удовлетворен головой самой по себе. "Шимпанзе характерно сутулятся, а этот имеет восхитительно прямую шею. Но если взять только голову, картинке можно доверять." Шейла Ли, редактор рисунков от издательства для этой книги, отследила начальный источник этой знаменитой фотографии к экспедиции в Конго в 1909 году, снаряженной Американским Музеем Естественной Истории. В момент фотографирования животные были мертвы, и она указывает, что фотограф Герберт Ланг, был также таксидермистом. Есть искушение предположить, что необычно человеческая поза детеныша шимпанзе обусловлена набивкой, не будь факта, что, согласно утверждению музея, Ланг сфотографировал образцы до их набивки. Тем не менее, поза мертвого шимпанзе может быть подлажена так, как поза живого не может. Заключение Десмонда Морриса, кажется, подтверждается. По-человечески выглядящая осанка плеч детеныша шимпанзе может быть под подозрением, но голова достоверна.



Фотографии Ланга младенческих и взрослых шимпанзе

Принимая голову за подлинную, даже несмотря на то, что плечи не вполне выдерживают груз аутентичности, можно сразу увидеть, как сравнение взрослых ископаемых черепов может вводить нас в заблуждение. Или, излагая более конструктивно, выраженные различия между взрослыми и молодыми головами показывает, как легко черта, такая как выпячивание морды, может меняться в нужном направлении, чтобы стать более - или на самом деле менее - человеческой. Эмбриология шимпанзе "знает" как сделать человекоподобную голову, поскольку она делает это у каждого шимпанзе, когда тот проживает свои младенческие годы. Кажется весьма правдоподобно, что австралопитек эволюционировал через различные переходные формы в *Homo sapiens*, укоротив морду по пути, и сделал это очевидным путем сохранения младенческих характеристик во взрослом [животном] (процесс, называемый неотенией, упомянутый в главе 2). В любом случае, большая часть эволюционных изменений состоит из изменений в скорости роста определенных частей тела относительно других. Это именуется

гетерохронным ("различающийся во времени") ростом. Полагаю, то, что я хочу сказать - что эволюционные изменения - это сущий пустяк, если вы признаете наблюдаемые факты эмбриологических изменений. Эмбрионы формируются дифференциальным ростом - различные их участки растут с разными скоростями. Череп детеныша шимпанзе меняется во взрослый череп через относительно быстрый рост костей челюстей и морды относительно других костей черепа. Повторю, каждое животное каждого вида меняется за время своего эмбриологического развития гораздо выразительнее, чем типичная взрослая форма меняется от поколения к поколению по мере хода геологического времени. И это намек на главу об эмбриологии и ее значении для эволюции.

ГЛАВА 8 ВЫ СДЕЛАЛИ ЭТО ЗА ДЕВЯТЬ МЕСЯЦЕВ САМИ

ЭТОТ вспыльчив гений Дж. Б. С. Холдейн, который сделал так много помимо того, что был одним из трех ведущих архитекторов неodarвинизма, однажды получил вызов от леди после общественной лекции. Есть устная история, и Джон Мейнард Смит, к сожалению, не может подтвердить точность слов, но разговор был приблизительно таким:

Скептик эволюции: профессор Холдейн, даже с учетом миллиардов лет, которые, как вы говорите, были доступны для эволюции, я просто не могу поверить, что можно перейти от одной клетки к сложным человеческим телам, с их триллионами клеток, организованных в кости и мускулы, и нервы, сердце, которое качает, не прекращая, в течение многих десятилетий, мили и мили кровеносных сосудов и почечных трубочек, и мозг, способный к размышлению, и разговору, и чувству.

Дж. Б. С. Холдейн: Но мадам, вы сделали это сами. И вам потребовались только девять месяцев.

Спросившая была, возможно, на мгновение ошарашена неожиданностью ответа Холдена. Выбить почву из-под ног - показалось бы преуменьшением. Но, возможно, возражение Холдейна оставило ее без удовлетворения. Я не знаю, спросила ли она дополнительно, но, если это так, это могло бы идти в таком направлении:

"Скептик эволюции: Ах да, но развивающийся эмбрион следует генетическим инструкциям. Эта инструкция по

созданию сложного тела, как вы, профессор Холдейн, утверждаете, эволюционировала путем естественного отбора. И мне до сих пор трудно поверить, даже с учетом миллиардов лет, предоставленных для эволюции.

Возможно, она была права. И даже если божественный разум действительно, в конечном счете, окажется ответствен за проектирование сложности живого, определенно не верно, что он вылепливает живые организмы в форме глиняных или подобных моделей, в которых плотники, гончары, портные или производители автомобилей решают свои задачи. Мы можем быть "чудесно развитыми", но не "чудесно сделанными". Когда дети поют, "Он сделал их яркие краски / Он сделал их крошечные крылья", они произносят по-детски очевидную неправду. Чем бы ни занимался Бог еще, он, конечно, не делает ярких красок и крошечные крылья. Если бы он вообще делал что-нибудь, это должно было бы контролировать эмбриональное развитие существ, например, сшивая вместе последовательность генов, которые направляют процесс автоматизированного развития. Крылья не сделаны, они растут - постепенно - из почек конечностей в яйце.

Бог, повторю этот важный момент, который должен был бы быть очевидным, но не очевиден, никогда не делал крошечное крыло за всю свою вечную жизнь. Если он и сделал что-нибудь (по моему мнению, он не делал, но давайте это пропустим; это не то, о чем я веду речь здесь), то, что он сделал, был эмбриологический рецепт или что-то вроде компьютерной программы для управления эмбриональным развитием крошечного крыла (плюс также многих других вещей). Конечно, Бог мог бы претендовать на то, что разработать рецепт или программу для крыла - это столь же умно, точно такое же захватывающее дух достижение мастерства, как и сделать крыло. Но в данный момент я лишь хочу рассмотреть различие между созданием чего-то подобного крылу, и тем, что действительно происходит в эмбриологии.

БЕЗ ХОРЕОГРАФА

Ранняя история эмбриологии была расколота на две противостоящие доктрины, названные преформизм и эпигенез. Различие между ними не всегда четко понимают, поэтому я должен потратить немного времени, объясняя эти два термина. Преформисты полагали, что яйцеклетка (или сперматозоид, поскольку преформисты подразделялись на "овистов" и "спермистов") содержит крошечного миниатюрного младенца или "гомункулуса". Все части младенца точно размещались на своих местах, правильно расположенные друг относительно друга, ожидая только раздувания, подобно поделенному на секции воздушному шару. Это вызывает очевидные проблемы. Во-первых, по крайней мере в своей ранней наивной форме, это подразумевает то, что как всем известно, является неправдой: что мы наследуем только от одного родителя - от матери у овистов, от отца у спермистов. Во-вторых, преформисты такого рода должны были столкнуться с проблемой бесконечного регресса в стиле матрешки из гомункулов внутри гомункулов - или, если не бесконечно, то, по крайней мере, достаточно долго, чтобы довести нас назад к Еве (Адаму у спермистов). Единственным спасением от регресса будет построение гомункула заново в каждом поколении через искусное сканирование взрослого тела предыдущего поколения. Этого "наследования приобретенных признаков" не происходит - иначе еврейские мальчики рождались бы без крайней плоти, а часто посещающие спортзал культуристы (но не их близнецы-диванные овощи) зачинали бы младенцев с кубиками пресса, плеч и ягодич.

Чтобы быть справедливым к преформистам, они действительно встречали, честно и прямо, эту логическую необходимость регресса, как бы абсурдно это казалось. По крайней мере некоторые из них действительно полагали, что первая женщина (или мужчина)

содержала миниатюрных эмбрионов всех ее потомков, вложенных друг в друга, как матрешки. И в некотором смысле они должны были верить в это: смысл, который стоит отметить, поскольку он предвосхищает суть этой главы. Если Вы уверены, что Адам был "сделан", а не родился, вы подразумеваете, что Адам не имел генов - или по крайней мере не нуждался в них, чтобы развиваться. Адам не имел никакой эмбриологии, но просто возник. Смежный логический вывод привел Викторианского автора Филипа Госса (отца в "Отец и сын" Эдмунда Госса) к написанию книги под названием "Омфал" (от греческого "пуп") утверждавшей, что у Адама, должен был быть пуп, даже при том, что он никогда не был рожден. Более сложным следствием "омфалогических" рассуждений было бы то, что звезды, расстояние до которых от нас - больше чем несколько тысяч световых лет, должно быть, были созданы с готовыми лучами света, простирающимися почти всю дорогу к нам - иначе мы не смогли бы увидеть их до момента в далеком будущем! Высмеивание омфалогии кажется легкомысленным, существует серьезный момент в эмбриологии, который и является предметом этой главы. Это довольно сложный для понимания момент - на самом деле, я сам в процессе постижения - и я приближаюсь к нему с различных сторон.

По изложенным причинам, преформизм, по крайней мере в его оригинальной версии "матрешки", всегда был обречен на неудачу. Существует ли вариант преформизма, в котором он смог бы возродиться сегодня, в эпоху ДНК? Возможно, но я сомневаюсь, что сможет. Учебники биологии повторяют снова и снова, что ДНК - "чертёж" для строительства тела. Это не так. Настоящий чертёж, скажем, автомобиля или дома воплощает соответствие один-к-одному бумаги и готового изделия. Из этого следует, что чертёж является обратимым. Столь же легко перейти от дома к чертежу, как и наоборот, именно потому, что это соответствие один-к-одному. На самом деле это еще проще, поскольку дом надо строить, но вам надо сделать только несколько замеров, чтобы затем нарисовать чертёж. Если вы возьмете тело животного, не важно сколько подробных

замеров вы произведете, вы не сможете восстановить его ДНК. Это то, что делает ложным высказывание, что ДНК представляет собой чертёж.

Теоретически можно вообразить – возможно, это происходит на некоторой чужой планете - что ДНК может быть закодированным описанием тела: своего рода трехмерной картой, представленной в линейном коде "букв" ДНК. Так оно действительно было бы обратимо. Сканирование тела, чтобы сделать генетический чертёж, не является совершенно нелепой идеей. Если бы ДНК работала так, мы могли бы представить это как своего рода нео-преформизм. И это не вызывало бы призрак матрешек. Мне не ясно, вызывало ли бы это призрак наследования только от одного родителя. У ДНК есть потрясающе точный способ объединять половину отцовской информации с ровно половиной материнской информации, но как бы это происходило с соединением половины результатов сканирования тела матери и половины результатов сканирования тела отца? Не обращайтесь внимания: все это очень далеко от реальности.

Итак, ДНК решительно не является чертежом. В отличие от Адама, который был вылеплен непосредственно в его взрослой форме, все реальные тела развиваются и растут из единственной клетки через промежуточные стадии эмбриона, плода, младенца, ребенка и подростка. Возможно, в некотором ином мире живущие там существа собирают себя от макушек до пальцев ног, как упорядоченное множество трехмерных био-пикселей, вычитанных из закодированных сканирующих строк. Но это не тот способ, который работает на нашей планете, и на самом деле я думаю, что есть причины, которые я излагал в другом месте (и поэтому здесь не буду вдаваться в подробности), почему это невозможно ни на какой планете.

Исторической альтернативой преформизму является эпигенез. Если преформизм полностью связан с чертежами, то суть эпигенеза

заключается скорее в чем-то похожем на рецепт или компьютерную программу. Определение Малого оксфордского английского словаря довольно современно, и я не уверен, что Аристотель, который выдумал слово, узнал бы его:

эпигенез: теория развития организма через прогрессивное дифференцирование первоначально недифференцированного целого.

"Принципы развития" Льюиса Вольперта с коллегами описывает эпигенез как идею, что новые структуры возникают последовательно. Есть смысл, при котором эпигенез самоочевидно верен, но детали важны, и в этом клише кроется дьявол. Как организм может развиваться последовательно? Откуда первоначально недифференцированное целое "знает", как дифференцироваться постепенно, если не следуя чертежу? Различие, которое я хочу описать в этой главе, в значительной степени соответствует различию между преформизмом и эпигенезом, это различие между плановой архитектурой и самосборкой. Смысл плановой архитектуры для нас ясен, потому что мы видим ее вокруг себя в наших зданиях и других артефактах. Самосборка менее знакома и будет нуждаться в некотором пояснении. В области биологии развития самосборка занимает позицию, аналогичную естественному отбору в эволюции, хотя она и не является тем же процессом. Обе автоматическими, непреднамеренными, не спланированными средствами достигают результатов, выглядящих, при поверхностном взгляде, как-будто они были детально спланированы.

Дж. Холдейн высказал леди, задавшей вопрос, простую истину, но он не стал бы отрицать, что существует загадка, граничащая с чудом (но никогда вполне не становящаяся им) в том факте, что единственная клетка дает начало человеческому телу во всей его сложности. И загадка только немного проясняется тем, что это достигается с помощью инструкций ДНК. Причина, по которой сохраняется

загадка, состоит в том, что нам трудно вообразить даже в принципе, как мы могли бы приступить к написанию инструкции для строительства тела тем способом, каким оно фактически построено, а именно к тому, что я только что назвал "самосборкой", связанной с тем, что программисты иногда называют "восходящей" процедурой, в отличие от "нисходящей".

Архитектор проектирует великий храм. Затем, через иерархическую цепь команд, строительная операция разбивается на отдельные участки, которые разбивают ее дальше на под-участки, и так далее, пока, наконец, инструкции не розданы отдельным каменщикам, плотникам и стекольщикам, которые идут работать, пока не построен храм, выглядящий в значительной мере похожим на исходный чертеж архитектора. Это - нисходящее проектирование.

Восходящее проектирование работает совершенно иначе. Я никогда не верил этому, но существовал миф, что у некоторых из самых прекрасных средневековых соборов в Европе не было архитектора. Никто не проектировал собор. Каждый каменщик и плотник занимался, в соответствии со своей квалификацией, своим собственным небольшим уголком здания, обращая мало внимания на то, что делают другие, и не обращая внимания на какой-либо общий план. Так или иначе, из такой анархии, появлялся собор. Если так действительно происходило, это была восходящая архитектура. Если не брать в расчет миф, то, конечно, это не то, что происходило в случаях с соборами. Но это в значительной степени то, что происходит при строительстве термитника или муравейника - и при развитии эмбриона. Это - то, что делает эмбриологию настолько удивительно отличной от чего-либо, с чем мы, люди, знакомы в отношении строительства или производства.

Тот же принцип работает с определенными типами компьютерных программ, определенными типами поведения животных, и - сводя их воедино - с компьютерными программами, разработанными для

моделирования поведения животных Предположим, мы хотим понять стайное поведение скворцов. Существует несколько потрясающих фильмов доступных на YouTube, кадры из которых представлены на цветной странице 16. Эти балетные маневры были сфотографированы возле Отмура, поблизости Оксфорда, Диланом Винтером. Что поразительно в поведении скворцов, это то, что, несмотря на всю видимость, у них нет ни хореографа, ни, насколько нам известно, лидера. Каждая отдельная птица только следует локальным правилам.

Количество отдельных птиц в этих скоплениях может достигать тысяч, и все же они практически никогда не сталкиваются. Это только к лучшему, так как, учитывая скорость, с которой они летают, любое такое столкновение серьезно бы их ранило. Часто целое скопление, кажется, ведет себя как единый индивид, сворачивающий и описывающий виражи. Может выглядеть, как будто отдельные стаи движутся друг сквозь друга в противоположных направлениях, сохраняя нетронутым свое единство как отдельных стай. Это выглядит почти как чудо, но на самом деле стаи находятся на различных расстояниях от камеры и не буквально пролетают друг сквозь друга. Добавляет эстетическое удовольствие то, что края скоплений так резко очерчены. Они не плавно сходят на нет, а имеют резкую границу. Плотность птиц на границе не меньше, чем в середине скопления, в то время как она равна нулю за пределами границы. Как только вы подумаете об этом таким образом, разве это не крайне удивительно?

Все это могло бы послужить более чем элегантной экранной заставкой на компьютере. Вам бы не захотелось реального фильма скворцов, поскольку Ваш скринсейвер повторял бы одни и те же идентичные балетные движения снова и снова, и поэтому не нагружал бы все пиксели одинаково. То, чего вы хотели бы, это компьютерное моделирование стай скворцов; и, любой программист скажет Вам, есть правильный и неправильный способ сделать это. Не

попытайтесь поставить весь балет, это было бы ужасно плохим стилем программирования для такого рода задач. Следует поговорить о лучшем способе сделать это, потому что подобным образом, почти наверняка, запрограммированы сами птицы, в их мозгах. Главное - это большая аналогия с тем, как работает эмбриология.

Вот как следует программировать стайное поведение у скворцов. Посвятите почти все ваши усилия программированию поведения одной отдельной птицы. Встройте в вашего робо-скворца детализированные правила того, как лететь и как реагировать на присутствие соседних скворцов, в зависимости от их расстояния и относительного положения. Заложите в правилах, какую важность придавать поведению соседей и какую важность уделить индивидуальной инициативе в изменении направления. Этим типовым правилам помогли бы тщательные наблюдения реальных птиц в действии. Наделите свою киберптицу определенной тенденцией чередовать свои правила в случайном порядке. Теперь, когда вы написали сложную программу, чтобы задать правила поведения одного скворца, наступает определяющий момент, который я подчеркиваю в этой главе. Не пытайтесь программировать поведение целой стаи, как, возможно, делало предыдущее поколение программистов. Вместо этого клонируйте того одного компьютерного скворца, которого вы запрограммировали. Сделайте тысячу копий своей робо-птицы, возможно, одинаковых, или, возможно, с некоторыми небольшими случайными различиями в правилах поведения. И теперь "выпустите" тысячи моделей скворцов в вашем компьютере, так чтобы они могли свободно взаимодействовать друг с другом, подчиняясь все тем же правилам.

Если у вас будут поведенческие правила для одного скворца, то тысяча компьютерных скворцов, каждый из которых - точка на экране, будут вести себя как реальные скворцы, собирающиеся в стаи зимой. Если стайное поведение не вполне правильно, Вы можете вернуться и поправить поведение отдельного скворца, возможно, в

свете дальнейших исследований поведения реальных скворцов. Теперь клонируйте новый вариант тысячу раз вместо той тысячи, которая работала не безупречно. Продолжайте переделывать Вашу программу одного клонированного скворца, пока стайное поведение тысяч их на экране не будет убедительной, реалистичной заставкой. Крейг Рейнольдс написал программу по типу этой (не конкретно для скворцов) в 1986 году, назвав ее "Boids".

Ключевым моментом является то, что нет никакого хореографа и никакого лидера. Порядок, организация, структура – все это появляется как побочный продукт правил, соблюдаемых локально и много раз, не глобально. И именно так работает эмбриология. Все делается по локальным правилам на различных уровнях, но особенно на уровне отдельной клетки. Нет хореографа. Нет дирижера у этого оркестра. Нет централизованного планирования. Нет архитектора. В области биологии развития или в производстве эквивалентом этого вида программирования является самосборка.

Тело человека, орла, крота, дельфина, гепарда, лягушки леопарда, ласточки: все они так красиво собраны, кажется, невозможно поверить, что гены, программирующие их развитие, функционируют не как чертеж, проект, генеральный план. Но нет: как и с компьютерными скворцами, все это делается отдельными клетками, подчиняющимися локальным правилам. Красиво "спроектированное" тело появляется как следствие правил, локально выполняемых отдельными клетками, без обращения к чему-либо, что можно было бы назвать всеобщим глобальным планом. Клетки развивающегося эмбриона поворачиваются и танцуют друг вокруг друга, как скворцы в гигантских стаях. Есть отличия, и они важны. В отличие от скворцов, клетки физически соединены друг с другом в пласты и блоки: их "стаи" называют "тканями". Когда они вертятся и танцуют как миниатюрные скворцы, следствием является то, что формируются трехмерные формы, поскольку ткани впячиваются в ответ на движения клеток; или раздуваются или сморщиваются из-за

локальных особенностей роста и смерти клеток. Мне нравится аналогия этого в виде искусства оригами, предложенная выдающимся эмбриологом Льюисом Уолпертом в его книге "Триумф эмбриона"; но прежде чем перейти к ней, я должен убрать с пути некоторые альтернативные аналогии, которые могли бы прийти на ум – аналогии из числа человеческих ремесел и производственных процессов.

АНАЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ

Удивительно трудно найти хорошую аналогию для развития живой ткани, но Вы можете найти частичные сходства с определенными аспектами процесса. Рецепт отражает часть истины, и это - аналогия, которую я иногда использую, чтобы объяснить, почему "чертёж" неуместен. В отличие от чертежа, рецепт необратим. Если Вы будете следовать рецепту пирога шаг за шагом, то Вы получите пирог. Но Вы не можете взять пирог и восстановить рецепт – определенно, не точные слова рецепта – хотя, как мы видели, Вы можете взять дом и восстановить что-то близкое к оригинальному чертежу. Причина в соответствии один-к-одному между частями дома и частями чертежа. С очевидными исключениями, такими как вишенка сверху, нет никакого соответствия один-к-одному между частями пирога и словами, скажем, или предложениями из его рецепта.

Какие могут быть другие аналогии с человеческим производством? Скульптура - в основном полностью мимо цели. Скульптор начинает с куска камня или дерева и придает ему форму удалением, откалывая до тех пор, пока все, что осталось, не будет требуемой формой. Существует, признаю, довольно точное подобие одному особому процессу в эмбриологии, называемому апоптоз. Апоптоз - запрограммированная клеточная смерть, и он задействован, например, в развитии пальцев рук и ног. В человеческом эмбрионе

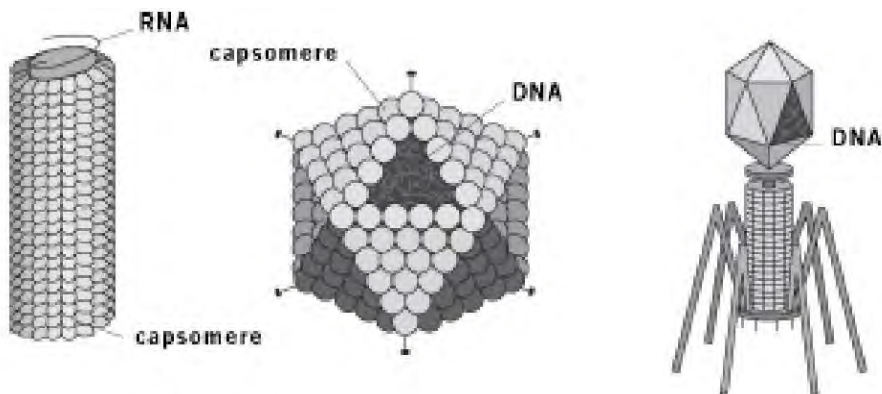
все пальцы рук и ног объединены. В матке Вы и я имели перепончатые ноги и руки. Перепонки исчезли (у большинства людей: есть редкие исключения) из-за запрограммированной смерти клеток. Это немного напоминает способ, которым скульптор вырезает форму, но он не столь распространен или достаточно важен, чтобы отражать то, как обычно работает эмбриология. Эмбриологи могут ненадолго вспомнить о "ваянии скульптора", но они не позволяют этой мысли надолго задерживаться.

Некоторые скульпторы работают, не удаляя высеканием, а взяв ком глины или мягкий воск, и вылепливая в форму (которая может впоследствии быть отлита, в бронзе, например). Это опять-таки не удачная аналогия для эмбриологии. Также неудачной является искусство покроя или пошива одежды. Уже существующие ткани разрезаются, формируя расположение по заранее спланированному шаблону, затем сшиваются с другими вырезанными формами. Они часто потом выворачиваются наизнанку, чтобы скрыть швы - и это неточная но, по крайней мере, хорошая аналогия с определенными частями эмбриологии. Но в целом, эмбриология не более похожа на пошив, чем на ваяние скульптуры. Вязание может быть лучше в том смысле, что все формы свитеров, скажем, строятся из многочисленных отдельных стежков, как отдельных клеток. Но есть лучшие аналогии, как мы увидим.

Как насчет сборки автомобиля, или другой сложной машины на заводском конвейере: это - хорошая аналогия? Как ваяние и пошив, монтаж готовых деталей - эффективный способ сделать что-нибудь. На автомобильном заводе части имеются уже изготовленными предварительно, часто путем отливки в формы в литейном цехе (и есть, я думаю, нечто отдаленно напоминающее литье в эмбриологии). Затем готовые части соединяются на конвейере и привинчиваются, приковываются, свариваются или склеиваются, шаг за шагом, согласно точно начерченному чертежу. Еще раз, у эмбриологии нет ничего напоминающего ранее начерченный чертёж. Но есть сходство

с упорядоченным склеиванием предварительно собранных частей, как в сборочном цехе автомобильного завода ранее произведенные карбюраторы, и распределительные головки, и ремни вентилятора, и головки цилиндра сводятся воедино и соединяются в правильном положении.

Ниже приведены три вида вируса. Слева - вирус табачной мозаики (ВТМ), которая паразитирует на растениях табака и других представителях семейства пасленовых, таких, как помидоры. В середине аденовирус, который поражает дыхательную систему многих животных, включая нас. Справа бактериофаг Т4, который паразитирует на бактерии. Он похож на лунный посадочный модуль, и он ведет себя довольно схоже, "приземляясь" на поверхность бактерии (которая намного больше), потом становясь на свои "паучьи ноги", затем проталкивая зонд в середине сквозь клеточную стенку бактерии и впрыскивая внутрь свою ДНК. Вирусная ДНК затем захватывает оборудование бактерии, производящее белки, которое перенастраивается для создания новых вирусов. Другие два вируса на картинке делают что-то подобное, хотя они не выглядят или не ведут себя как лунные аппараты. Во всех случаях их генетический материал захватывает производящий белки аппарат клетки-хозяина и переключает ее молекулярную производственную линию для изготовления в большом количестве вирусов вместо ее нормальных продуктов.



Три вида вируса

Большая часть того, что вы видите на картинках, является белковым контейнером для генетического материала, а в случае Т4 ("лунного посадочного модуля") - оборудованием для заражения хозяина. Интересен способ, которым этот белковый аппарат собирается. Он действительно самосборный. Каждый вирус собирается из нескольких ранее произведенных молекул белка. Каждая молекула белка, способом, который мы увидим, ранее самособралась в характерную "третичную структуру" в соответствии с законами химии, с учетом его конкретной последовательности аминокислот. И затем в вирусе молекулы белка соединяются друг с другом, чтобы сформировать так называемую "четвертичную структуру", снова следуя локальным правилам. Не существует никакого глобального плана, никакого чертежа.

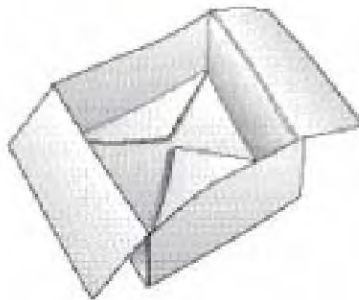
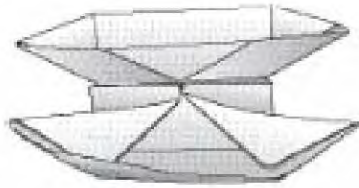
Субблоки белка, которые соединяются как кирпичи Lego, в форме четвертичной структуры, называют капсомерами. Обратите внимание, как геометрически совершенны эти маленькие конструкции. Аденовирус в середине имеет ровно 252 капсомера, нарисованные здесь как маленькие шарики, расположенные в виде икосаэдра. Икосаэдр является платоновской совершенной объемной фигурой, которая имеет 20 треугольных граней. Капсомеры расположены икосаэдром не по какому-либо генеральному плану или

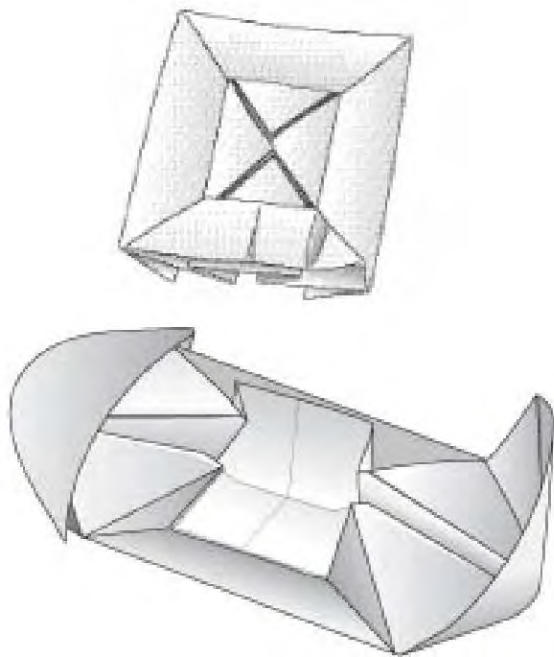
чертежу, а просто каждый из них локально повинуется законам химического притяжения, когда наталкивается на других подобных ему. Это тоже, что и формирование кристаллов, и, по сути, аденовирус может быть описан как очень маленький полый кристалл. "Кристаллизация" вирусов - особенно красивый пример "самосборки", который я рекламирую как главный принцип, посредством чего собираются живые существа. "Лунный посадочный модуль", фаг Т4 также имеет икосаэдр в своем основном хранилище ДНК, но его самоорганизующаяся четвертичная структура является более сложной, включающей дополнительные единицы белка, собранные в соответствии с другими локальными правилами в аппарате инъекции и "ногах", прикрепленных к икосаэдру.

Возвращаясь от вирусов к эмбриологии более крупных существ, я прихожу к моей любимой аналогии с человеческой техникой конструирования: оригами. Оригами - это искусство конструктивного сворачивания бумаги, развитого на наиболее продвинутом уровне в Японии. Единственным оригами, которое я знаю как собрать, является "Китайская джонка". Я выучился этому от моего отца, изучавшему его при повальном увлечении, которое прокатилось по его школе в 1920-ых. Одна биологически реалистичная особенность состоит в том, что "эмбриология" китайской джонки проходит через несколько промежуточных "личиночных" стадий, которые сами по себе являются привлекательными творениями, так же как гусеница - красивое, работоспособное промежуточное звено на пути к бабочке, которую она едва напоминает вообще. Начав с простого квадратного листка бумаги, и просто сворачивая его - никогда не разрезая, никогда не склеивая и никогда не внося какие-либо другие части, процедура проходит у нас через три узнаваемых "личиночных" стадии: "катамаран", "ящик с двумя крышками" и "картину в раме" до достижения кульминации во "взрослой" китайской джонке. В пользу аналогии с оригами, когда вас впервые учат, как сделать китайскую джонку, не только сама джонка, но и каждая из трех "личиночных" стадий - катамаран, ящик, рамка картины - возникает

неожиданно. Ваши руки могут это складывать, но Вы решительно не следуете чертежу китайской джонки или любой из личиночных стадий. Вы следуете ряду правил складывания, у которых, кажется, нет никакой связи с конечным продуктом, пока он наконец не появляется как бабочка из своей куколки. Таким образом, аналогия оригами отражает нечто вроде важности "локальных правил", в отличие от глобального плана.

Также в пользу аналогии оригами, складывание, сворачивание и выворачивание наизнанку являются частью излюбленных уловок, используемых эмбриональными тканями при создании тела. Аналогия особенно хорошо работает на ранней эмбриональной стадии. Но она имеет свои недостатки, и вот два очевидных. Во-первых, для складывания необходимы человеческие руки. Во-вторых, развивающийся бумажный "эмбрион" не становится больше. Он заканчивает, веся ровно столько, как и вначале. Чтобы удостовериться различие, я буду иногда упоминать биологическую эмбриологию как "раздувающееся оригами", а не просто "оригами".





**Китайское оригами с тремя "личиночными стадиями":
"катамаран", "коробка с двумя крышками" и "картинка в рамке"**

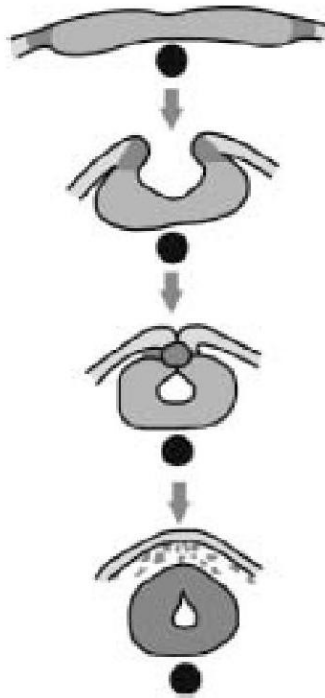
Фактически, эти два недостатка отчасти уравнивают друг друга. Листки тканей, сгибающиеся, сворачивающиеся и выворачивающиеся наизнанку в развивающемся эмбрионе, действительно растут, и это тот самый рост, обеспечивающий часть движущей силы, которая в оригами вводится человеческой рукой. Если вы хотите сделать модель оригами из листа живой ткани вместо мертвой бумаги, существует, по крайней мере, существенный шанс, что, если лист будет расти только правильным способом, не однородно, а быстрее в некоторых частях листа, чем в других, то это может автоматически заставить лист принимать определенную форму - и даже складываться, сворачиваться или выворачиваться наизнанку определенным способом - не требуя рук для деформации и складывания, и не требуя какого-либо глобального плана, а лишь

локальных правил. И на самом деле это больше, чем просто существенный шанс, поскольку это действительно происходит. Давайте назовем это "авто-оригами". Как практически авто-оригами работает в эмбриологии? Оно работает, потому что то, что происходит в реальном эмбрионе, когда растет слой ткани - это деление клеток. И неодинаковый рост различных частей слоя ткани в каждой части слоя достигается клетками, делящимися со скоростью, определяемой локальными правилами. Так, окольными путями, мы возвращаемся к фундаментальной важности превосходства восходящих снизу-вверх локальных правил, в противоположность нисходящим сверху-вниз глобальным правилам. Существует целый ряд (гораздо более сложных) версий этого простого принципа, на самом деле происходящих на ранних стадиях эмбрионального развития.

Вот как работает оригами на ранних стадиях развития позвоночных. Единственная оплодотворенная яйцеклетка делится, создавая две клетки. Затем эти две делятся, создавая четыре. И так далее, с быстро удваивающимся и удваивающимся числом клеток. На данном этапе нет никакого роста, никакого раздувания. Первоначальный объем оплодотворенной яйцеклетки буквально разделен на части, как при разрезании пирога, и мы заканчиваем сферическим шаром клеток, имеющим те же размеры, что и первоначальное яйцо. Это не сплошной шар, а полый, и его называют бластулой. Следующая стадия, гастрюляция, является предметом известного остроумного выражения Льюиса Уолперта: "Не рождение, свадьба, или смерть, а гастрюляция является действительно самым важным временем в Вашей жизни". Гастрюляция - своего рода микрокосмическое землетрясение, которое несетя по поверхности бластулы и полностью изменяет всю ее форму. Ткани эмбриона сильно перестраиваются.

Гастрюляция обычно подразумевает вдавливание полого шара, являющегося бластулой, так, что он становится двухслойным с

отверстием во внешний мир (см. стр. с компьютерной симуляцией). Внешний слой этой "гастроулы" называют эктодермой, внутренний слой - энтодермой, и есть также некоторые клетки, попадающие в пространстве между эктодермой и энтодермой, которые называют мезодермой. Каждый из этих трех первичных слоев предназначен для создания крупнейших частей тела. Например, внешняя кожа и нервная система образуются из эктодермы; кишечник и другие внутренние органы образуются из энтодермы; а мезодерма обеспечивает мышцы и кости.



Neurulation

Следующую стадию в оригами эмбриона называют нейруляцией. На схеме справа показано поперечное сечение середины спины нейрулирующего эмбриона земноводного (это могла быть или лягушка, или саламандра). Черный круг - "нотохорда", придающий

жесткость стержень, который действует как предшественник позвоночника. Нотохорда является отличительной особенностью типа хордовых, к которому принадлежим мы и все позвоночные животные (хотя у нас, как и у большинства современных позвоночных животных, она есть только у эмбрионов). В нейруляции, как и в гастрюляции, инвагинация [впячивание] очень показательна. Вы помните, я говорил, что нервная система происходит из эктодермы. Ну так вот как это происходит. Участок эктодермы впячивается (все дальше назад вдоль тела как застежка-молния), свертывается в трубку, и стягивается там, где стороны трубки "застегиваются на молнию", так что оказывается проходящим вдоль всего тела между внешним слоем и нотохордой. Этой трубке предстоит стать спинным мозгом, главным нервным стволом тела. Передний конец ее набухает и становится мозгом. А все остальные нервы получаются из этой первичной трубки благодаря последующему делению клеток.

Я не хочу вдаваться в детали гастрюляции или нейруляции, только скажу, что они замечательны, и что метафора оригами вполне прилично сохраняется в обеих. Я рассмотрел общие принципы, благодаря которым эмбрионы становятся более сложными с помощью раздувающегося оригами. Ниже приведена одна из тех вещей, которую слои клеток, как было подмечено, делают в течение эмбрионального развития, например во время гастрюляции. Вы можете легко увидеть, как такая инвагинация могла быть полезным действием для раздувающегося оригами, и она действительно играет крупнейшую роль в гастрюляции, и в нейруляции.



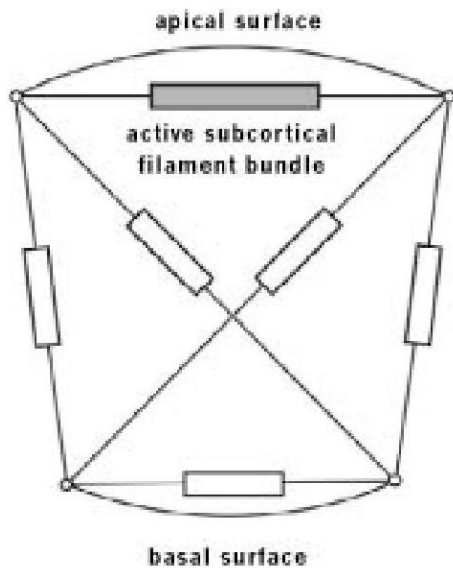
Внедрение в листе клеток

Гастрюляция и нейруляция завершаются в раннем развитии, и они затрагивают всю форму эмбриона. Инвагинация и другие маневры "раздувающегося оригами" обеспечивают эти стадии ранней эмбриологии, и они, и подобные уловки также участвуют позднее в развитии, когда создаются специализированные органы, такие как глаза и сердце. Но, если нет рук для сворачивания, какой механический процесс обеспечивает эти динамичные перемещения? Отчасти, как я уже сказал, простое расширение. Клетки размножаются по всему слою ткани. Его площадь, следовательно, увеличивается и, за неимением пространства, у него мало выбора, кроме как скручиваться или впячиваться. Но этот процесс более управляем, и он был расшифрован группой ученых, объединенных блестящим математическим биологом Джорджем Остером из Калифорнийского университета в Беркли.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛЕТОК ПОДОБНО СКВОРЦАМ

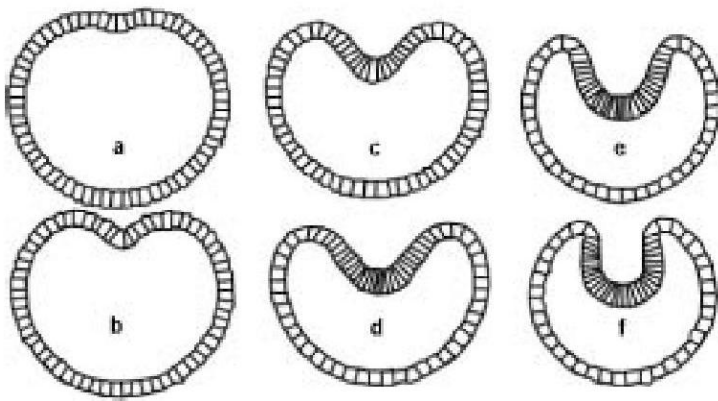
Остер и его коллеги использовали ту же стратегию, которую мы рассматривали ранее в этой главе для компьютерного моделирования стай скворцов. Вместо того, чтобы программировать поведение всей бластулы, они запрограммировали единственную клетку. Затем они "клонировали" много клеток, все время наблюдая за тем, что происходило, когда эти клетки собрались вместе на компьютере. Когда я говорю, что они запрограммировали поведение единственной клетки, будет лучше сказать, что они запрограммировали математическую модель единственной клетки, собрав в этой модели некоторые известные факты об одиночной клетке, но в упрощенной форме. В частности, известно, что внутренние пространства клеток пересекаются микронитями: своего рода миниатюрными резинками,

но с дополнительным свойством - способностью активно сокращаться, как сжимаются мышечные волокна. На самом деле, микронити используют тот же принцип сокращения, что и мышечные волокна. Модель Остера упростила клетку до двух измерений, для того чтобы изобразить ее на экране компьютера, и всего лишь с полудюжиной нитей, стратегически размещенных в клетке, как Вы видите на диаграмме выше. В компьютерной модели всем микронитям дали определенные количественные свойства с названиями, которые что-то означают для физиков: "коэффициент вязкостного демпфирования" и "постоянная упругой пружины". Не важно, что они в точности подразумевают: они являются теми вещами, которые физикам нравится измерять у пружин. Хотя надо полагать, что в реальной клетке многие нити были бы способны сокращаться, Остер и его коллеги упростили дело, снабдив только одну из шести нитей этой способностью. Если бы они смогли бы получить реалистичные результаты даже после того, как откинули некоторые из известных свойств клетки, по-видимому, было бы возможно добиться не менее хороших результатов с более сложной моделью, в которой эти свойства сохранялись. Вместо того, чтобы позволять одной сокращающейся нити в их модели произвольно сокращаться, они встроили свойство, распространенное в определенного рода мышечных волокнах: растянутое сверх определенной критической длины, волокно реагировало, сокращаясь до намного меньшей длины, чем его нормальная равновесная длина.



Микронити в модельной камере Остера

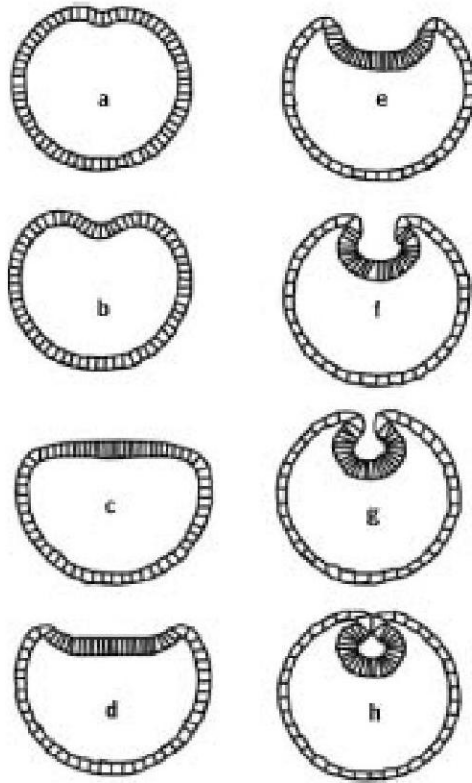
Итак, у нас есть своя модель единственной клетки: очень упрощенная модель, состоящая из двумерного контура, в котором натянута шесть упругих пружин, у одной из которых есть особое свойство реагировать на приложенное извне растягивание активным сокращением. Это первый этап процесса моделирования. Во второй стадии Остер и его коллеги клонировали несколько дюжин своих моделируемых клеток и расположили их по кругу, подобно (двумерной) бластуле. Затем они взяли одну клетку и подрегулировали ее сокращающуюся нить, чтобы побудить ее к сокращению. То, что затем произошло, едва ли не слишком замечательно. Моделируемая бластула гастрюлировала! Вот шесть скриншотов, показывающих, что произошло (от а до f ниже). Волна сокращений распространилась в стороны от возбужденной клетки, и шар клеток самопроизвольно вогнулся.



Остеровская модельная blastula gastrulating

То к чему идет - еще лучше. Остер и его коллеги поставили эксперимент на своей компьютерной модели, в котором понизили "порог срабатывания" сокращающихся нитей. Результатом была волна инвагинации, которая пошла дальше и фактически отщипила нервную трубку (скриншоты от а до h на обороте). Важно понять, чем реально является модель, такая как эта. Она - не точное представление нейруляции. Помимо того факта, что она является двумерной и упрощенной во многих других отношениях, шар клеток, который нейрулировал (скриншот а), не был двухслойной "гастролой", как это должно было быть. Это была все та же бластулоподобная исходная позиция, какая была у нас в модели гастрюляции выше. Это не имеет значения: не следует думать, что модели должны быть абсолютно точны во всех деталях. Модель, тем не менее, показывает, как легко воспроизвести различные аспекты поведения клеток в раннем эмбрионе. Факт, что двумерный "шар" клеток самопроизвольно отреагировал на стимул, даже при том, что модель более проста, чем реальная ситуация, делает ее более сильным свидетельством. Он убеждает нас, что эволюция различных процедур раннего эмбрионального развития не обязана быть такой уж сложной. Заметьте, что простой является модель, а не явление,

которое она демонстрирует. Это является признаком хорошей научной модели.



Формирование 'нервной трубки' в модели Остера

Моя цель разъяснения моделей Остера состояла в том, чтобы показать общий принцип, благодаря которому отдельные клетки могут взаимодействовать друг с другом, строя тело без какого-либо чертежа, отображающего целое тело. Подобно складыванию оригами, инвагинация и отделение в стиле [эксперимента] Остера являются лишь некоторыми из самых простых уловок для построения эмбрионов. Другие, более сложные, играют роль позже в эмбриональном развитии. Например, изобретательные эксперименты показали, что нервные клетки, когда растут от спинного или

головного мозга, находят дорогу к своему конечному органу, не следуя какого-либо рода общему плану, а благодаря химическому привлечению, почти как пес вынюхивает, выискивая суку в период течки. Ранний классический эксперимент Нобелевского лауреата, эмбриолога Роджера Сперри отлично иллюстрирует этот принцип. Сперри с коллегой взяли головастика и удалили крошечный квадратик кожи со спины. Они удалили другой квадратик, такого же размера, с живота. Затем они пересадили эти два квадратика, но каждый на место другого: кожа живота была пересажена на спину, а кожа спины - на живот. Когда головастик вырос в лягушку, результат был довольно симпатичен, как часто бывает с экспериментами в эмбриологии: имелась аккуратная почтовая марка белой кожи живота посреди темной, пестрой спины, а другая аккуратная почтовая марка темной пятнистой кожи - посреди белого живота. А теперь - главное в этой истории. Обычно, если пощекотать спину лягушки щетинкой, лягушка будет чесать это место лапой, как будто отгоняя раздражающую муху. Но когда Сперри щекотал своей экспериментальной лягушке белую "почтовую марку" на спине, она чесала живот! А когда Сперри щекотал ей темную почтовую марку на животе, лягушка чесала свою спину.

В нормальном эмбриональном развитии, согласно интерпретации Сперри, произошло следующее: аксоны (длинные "провода", каждый - узкий, трубчатый выступ отдельной нервной клетки) вырастают из спинного мозга в поисках кожи живота, вынюхивая ее как собака. Другие аксоны растут из спинного мозга, вынюхивая кожу спины. И обычно это дает правильный результат: щекотание спины ощущается, как если бы оно было на спине, в то время как щекотание живота ощущается, как если бы оно было на животе. Но у экспериментальной лягушки Сперри некоторые из нервных клеток, вынюхивающих кожу живота, нашли почтовую марку кожи живота пересаженной на спину, по-видимому, потому что она правильно пахла. И наоборот. Люди, которые верят в своего рода теорию *tabula rasa* (чистой доски), согласно которой мы все рождены с разумом в

виде с чистого листа, и заполняем его опытом, должны быть удивлены результатом Сперри. Они должны ожидать, что лягушки будут учиться на опыте разбираться с ощущениями их собственной кожи, связывая правильные чувства с правильными местами на коже. Вместо этого кажется, что каждая нервная клетка в спинном мозге помечена, скажем, как нервная клетка живота или нервная клетка спины, даже прежде, чем она вступит в контакт с соответствующей кожей. Позже она найдет свой назначенный, целевой пиксель кожи, где бы он ни был. Если бы муха проползла вдоль ее спины, лягушка Сперри, по-видимому, испытала бы иллюзию, что муха внезапно перепрыгнула со спины на живот, проползла немного дальше, а затем мгновенно перепрыгнула снова на спину.

Подобные эксперименты вынудили Сперри сформулировать свою гипотезу "хемо-афинности", согласно которой нервная система монтируется, не следуя всеобщему чертежу, а благодаря тому, что каждый отдельный аксон, ищет конечные органы, с которыми у него есть особое химическое средство. Еще раз, у нас есть маленькие, локальные единицы, придерживающиеся локальных правил. Клетки обычно изобилуют "ярлыками", химическими значками, которые позволяют им найти своих "партнеров". И мы можем вернуться к аналогии оригами, чтобы найти другое место, где принцип маркировки оказывается полезным. В человеческом бумажном оригами не используется клей, хотя мог бы. А в оригами эмбриона, в соответствии с которым собираются тела животных, действительно использует что-то аналогичное клею. Скорее клеям, потому что их существует много, и именно здесь маркировка торжествующе получает должное признание. У клеток есть сложный ассортимент "молекул адгезии" на их поверхностях, посредством которых они липнут к другим клеткам. Это клеточное слипание играет важную роль в эмбриональном развитии во всех частях тела. Тем не менее, есть существенное отличие от клеев, с которыми мы знакомы. Для нас клей является всего лишь клеем. Некоторые клеи сильнее других, некоторый из клеев схватываются быстрее других, некоторые клеи

больше подходят, скажем, для дерева, в то время как другие лучше работают с металлами или пластмассами. Но это, пожалуй, и все относительно разнообразия среди клеев.

Молекулы клеточной адгезии работают намного более тонко. Можно сказать, они более разборчивы. В отличие от наших искусственных клеев, которые будут клеить большинство поверхностей, молекулы клеточной адгезии связываются только с другими особыми молекулами клеточной адгезии в точности правильной разновидности. Один класс адгезивных молекул у позвоночных, кадгерины, имеется в приблизительно восьмидесяти известных в настоящее время специфичных разновидностях. За некоторыми исключениями, каждый из этих приблизительно восьмидесяти кадгеринов свяжется только со своей собственной разновидностью. Забудьте на минутку клей: лучшей аналогией могла бы быть игра на детском празднике, где каждому ребенку назначают животное, и все они должны, кружа по комнате, производить звуки, как отведенные им животные. Каждый ребенок знает, что только одному из других детей назначили то же животное, что и ему, и он должен найти своего партнера, слушая какофонию, имитирующую фермерский двор. Подобно работают и кадгерины. Возможно, как и я, Вы смутно можете представить, как толковое добавление конкретных кадгеринов на поверхности клеток в стратегически важных местах могло бы улучшить и усложнить принципы самосборки оригами эмбриона. Заметьте, снова же, что это подразумевает не какой бы то ни было всеобщий план, а скорее разрозненную коллекцию локальных правил.

ФЕРМЕНТЫ

Видя, как целые слои клеток играют в игру оригами при формировании эмбриона, давайте теперь погрузимся в отдельную

клетку, где мы обнаружим тот же принцип самосворачивания и самосгибания, но в намного меньшем масштабе, масштабе отдельной молекулы белка. Белки крайне важны по причинам, разъяснению которых мне следует уделить время, начиная с дразнящего рассуждения, превозносящего уникальную важность белков. Я люблю размышлять о том, насколько причудливо отличной, следует ожидать, будет жизнь в другом месте вселенной, но есть одна или две вещи, которые, я подозреваю, универсальны везде, где бы ни была обнаружена жизнь. Все живое окажется эволюционировавшим благодаря процессу, имеющему отношение к дарвиновскому естественному отбору генов. И она будет сильно опираться на белки – или молекулы, которые, как белки, способны сворачиваться в огромное разнообразие форм. Молекулы белка - виртуозы автооригамного искусства, в масштабе, намного меньшем, чем масштаб слоев клеток, с которыми мы пока что имели дело. Молекулы белка - поразительный образец того, что может быть достигнуто при следовании локальным правилам в локальном масштабе.

Белки - цепочки меньших молекул, называемых аминокислотами, и эти цепочки, подобно слоям клеток, которые мы рассматривали, также сворачиваются весьма строго заданным способом, но в намного меньшем масштабе. В белках, встречающихся в природе (это - один факт, который, по-видимому, будет другим в инопланетных мирах) есть только двадцать разновидностей аминокислот, и все белки являются цепочками, собранными лишь из этого ассортимента двадцати, выделенного из намного большего набора возможных аминокислот. Теперь - к автооригамии. Белковые молекулы, просто следуя законам химии и термодинамики, спонтанно и автоматически скручиваются в трехмерные конфигурации точной формы – я почти сказал "узлы", но, в отличие от миксин (если я могу необоснованно сообщить не относящийся к делу, но занимательный факт), белки не завязываются буквально в узлы. Трехмерная структура, в которую загибается и скручивается цепочка белка, является "третичной

структурой", с которой мы кратко познакомились, рассматривая самосборку вирусов. Любая конкретная последовательность аминокислот диктует специфическую схему сворачивания. Последовательность аминокислот, в свою очередь определяемая последовательностью букв в генетическом коде, определяет форму третичной структуры. Форма третичной структуры, в свою очередь, имеет чрезвычайно важные химические последствия.

Авто-оригами, в соответствии с которым сворачиваются и закручиваются цепочки белка, управляются при помощи законов химической притягательности и законов, определяющих углы, под которыми атомы связаны друг с другом. Вообразите ожерелье из магнитов необычной формы. Это ожерелье не висело бы грациозно прогибающейся линией вокруг грациозной шеи. Оно приняло бы какую-то другую форму, став запутанным, поскольку магниты удерживали бы друг друга и нашли бы друг у друга уголки и щели в различных местах вдоль цепочки. В отличие от случая с цепочкой белка, точная форма переплетения не была бы предсказуемой, потому что любой магнит притягивает любой другой. Но она иллюстрирует, как цепочки аминокислот могут спонтанно формировать сложную узловатую структуру, которая может быть не похожа на цепь или ожерелье.

Подробности того, как законы химии определяют третичную структуру белка, полностью еще не поняты: химики еще не могут установить во всех случаях, как свернется данная последовательность аминокислот. Однако есть хорошие свидетельства, что третичная структура в принципе выводима из последовательности аминокислот. Нет ничего таинственного во фразе "в принципе". Никто не может предсказать, как упадет игральная кость, но все мы верим, что это всецело определено точными деталями того, как она брошена, плюс некоторыми дополнительными фактами о сопротивлении воздуха и так далее. Проверенный факт, что определенная последовательность аминокислот всегда сворачивается в определенную форму или одну

из дискретного набора альтернативных форм (см. длинную сноску напротив). И – важный вопрос для эволюции – сама последовательность аминокислот полностью определена, через применение правил генетического кода, последовательностью (триплетами) "букв" в гене. Даже при том, что смертным химикам нелегко предсказать, какое изменение в форме белка будет следствием конкретной генетической мутации, тем не менее, существует факт, что, как только мутация произошла, итоговое изменение формы белка будет в принципе предсказуемо. Один и тот же мутантный ген надежно произведет одну и ту же измененную форму белка (или дискретное меню альтернативных форм). И это – все, что имеет значение для естественного отбора. Естественному отбору не нужно понимать, почему генетическое изменение имеет определенное последствие. Достаточно, что оно есть. Если это последствие влияет на выживание, то сам измененный ген погибнет или уцелеет при конкуренции за доминирование в генофонде, независимо от того, понимаем ли мы точный путь, которым ген влияет на белок.

Учитывая, что форма белков очень разнообразна, и учитывая, что она определена генами, почему она так в высшей степени важна? Частично, потому что некоторые белки играют в теле непосредственно структурную роль. Фибриллярные белки, такие как коллаген, объединяются в крепкие веревки, которые мы называем связками и сухожилиями. Но большинство белков не является фибриллярными. Вместо этого они сворачиваются в свою характерную шаровидную форму с едва уловимыми впадинами, и эта форма определяет характерную роль белка как фермента, то есть катализатора.

Катализатор – химическое вещество, которое ускоряет, в миллиарды или даже триллионы раз, химическую реакцию между другими веществами, в то время как сам катализатор выходит из процесса, невредимым и готовым катализировать снова. Ферменты, которые

являются белками-катализаторами - чемпионы среди катализаторов благодаря своей специфичности: они очень разборчивы в отношении того, какие химические реакции они ускоряют. Или, пожалуй, можно сказать: химические реакции в живых клетках очень разборчивы в отношении ускоряющих их ферментов. Многие реакции в клеточной химии настолько медленны, что без подходящего фермента практически не происходят вообще. Но с нужным ферментом они протекают очень быстро и могут производить продукты в большом количестве.

Вот как мне нравится это выражать. В химической лаборатории на полках есть сотни бутылок и банок, каждая содержит различные чистые вещества: соединения и элементы, растворы и порошки. Химик, желающий произвести определенную химическую реакцию, выбирает две или три бутылки, берет порцию из каждой, смешивает их в пробирке или колбе, возможно, нагревает, и происходит реакция. Другие химические реакции, которые могли бы произойти в лаборатории, не происходят, потому что стеклянные стенки бутылок и колб препятствуют встрече компонентов. Если Вы хотите другую химическую реакцию, Вы смешиваете другие компоненты в другой колбе. Повсюду есть стеклянные барьеры, сохраняющие вещества чистыми, отдельными друг от друга в бутылках или колбах, и содержащие комбинации реагентов отдельно друг от друга в пробирках, или колбах, или мензурках.

Живая клетка также является большой химической лабораторией, и в ней есть такой же большой запас химикатов. Но они не хранятся в отдельных бутылках и банках на полках. Они все перемешаны. Это как если бы вандал, химический владыка хаоса, вошел бы в лабораторию, схватил все бутылки на всех полках и опрокинул их с разнузданной импульсивностью в один большой котел. Ужасно? Что ж, было бы ужасно, если бы все они прореагировали вместе, во всех возможных комбинациях. Но они не реагируют. Или если они и реагируют, то скорость, с которой они это делают, настолько мала,

что с тем же успехом они могли бы не реагировать вообще. Кроме как – и в этом вся суть – если присутствует фермент. Нет никакой надобности в стеклянных бутылках и колбах, чтобы содержать вещества отдельно, потому что в любом случае они не будут реагировать вместе как попало – пока не появится подходящий фермент. Эквивалентом хранения химикатов в закупоренных бутылках, прежде чем Вы захотите смешать отдельную пару, скажем А и В, является смешивание всех сотен веществ в большом ведьмином вареве, но с добавкой только фермента, нужного чтобы катализировать реакцию между А и В, и никакую другую комбинацию. На самом деле метафора склонных к беспорядочности опрокинутых бутылок заходит слишком далеко. Клетки в действительности содержат инфраструктуру мембран, между которыми, и в пределах которых, и происходят химические реакции. До некоторой степени эти мембраны играют роль стеклянных перегородок между пробирками и колбами.

Суть этого раздела этой главы в том, что "правильный фермент" достигает своей "правильности" в значительной степени вследствие своей физической формы (и это важно, потому что физическая форма определяется генами, и это - гены, чьим вариациям, в конечном счете, благоприятствует или не благоприятствует естественный отбор). Молекулы в большом количестве дрейфуют, вертятся и кружат в бульоне, омывающем внутренности клетки. Молекула вещества А могла бы быть счастлива прореагировать с молекулой вещества В, но только если им доведется столкнуться, будучи повернутыми в строго правильном направлении друг относительно друга. Важно то, что это редко случается – если в процесс не вступает подходящий фермент. Точная форма фермента, форма, в которую он свернулся как магнитное ожерелье, оставляет его изрытым впадинами и вмятинами, у каждой из которых есть своя точная форма. У каждого фермента есть так называемый "активный центр", который обычно представляет собой специфическую впадину или карман, чья форма и химические свойства придают ферменту его специфику. Слово

"впадина" недостаточно передает особенность, точность, этого механизма. Возможно, лучшее сравнение с электрической розеткой. В том, что мой друг зоолог Джон Кребс назвал "великим штепсельным заговором", различные страны во всем мире, что раздражает, приняли разные произвольные соглашения для штепселей и розеток. Британские штепсели не будут подходить к американским или французским розеткам, и так далее. Активные центры на поверхности молекул белка - розетки, которым будут отвечать только определенные молекулы. Но если великий штепсельный заговор ведет только к полудюжине отдельных форм во всем мире (вполне достаточно, чтобы создать постоянные неудобства путешественнику), различные виды розеток, представляемых ферментами, намного более многочисленны.

Представьте себе конкретный фермент, который катализирует химическую комбинацию двух молекул, P и Q, создавая соединение PQ. Одна половина активного центра "розетки" как раз подходит, чтобы в нем устроилась молекула типа P, как часть пазла. Другая половина той же розетки столь же точно приспособлена, чтобы в нее вставлялась молекула Q – обращенная в точности в правильном направлении, чтобы химически соединиться с молекулой P, уже находящейся там. Находясь в одной впадине, твердо удерживаемые как раз под нужным углом друг к другу сводящей молекулой фермента, P и Q объединяются. Новое соединение, PQ теперь отделяется в бульон, оставляя активную впадину в молекуле фермента готовой примирять другую P и другую Q. Клетка может быть заполнена роем идентичных молекул фермента, продолжающих работать как роботы на автомобильном заводе, производя в большом количестве PQ в клеточном аналоге промышленных количеств. Поместите другой фермент в одну и ту же клетку, и он произведет в большом количестве другой продукт, возможно PR, или QS или YZ. Конечные продукты различны, даже при том, что доступное сырье - одно и то же. Другие типы ферментов заняты не созданием новых соединений, а расщеплением старых. Некоторые из этих ферментов

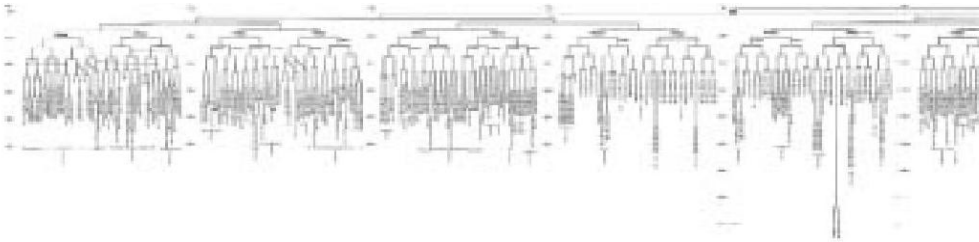
вовлечены в переваривание пищи, и они используются также в "биологических" стиральных порошках. Но, так как эта глава о строительстве эмбрионов, мы здесь рассматриваем главным образом строительные ферменты, которые посредничают в синтезе новых химических соединений. Один такой процесс показан в действии на цветной странице 12.

Проблема могла прийти Вам в голову. Все это очень хорошо, говорить о пазле впадин и розеток, высокоспецифичных активных центрах, способных ускорить конкретную химическую реакцию в триллионы раз. Но разве это не звучит слишком хорошо, чтобы быть правдой? Как молекулы фермента как раз нужной формы эволюционировали из менее совершенных начал? Какова вероятность, что у розетки, сформированной случайным образом, будет как раз нужная форма и как раз нужные химические свойства, чтобы обеспечить соединение между двумя молекулами, P и Q, ловко устраивая их столкновение под точно правильным углом? Не очень большая, если Вы представите себе "законченный пазл" – или, на самом деле, если Вы представите себе "великий штепсельный заговор". Вместо этого Вы должны представить себе "плавный градиент усовершенствования". Поскольку нередко, когда мы сталкиваемся с загадкой, как сложные и невероятные вещи могут явиться результатом эволюции, ошибочно предполагать, что итоговое совершенство, которое мы видим сегодня, было всегда. Полностью сформированные, сильно эволюционировавшие молекулы фермента обеспечивают увеличение в триллион раз скорости реакций, которые они катализируют, и они делают это за счет своей красивой, как раз подходящей формы. Но Вам не нужно увеличение скорости в триллион раз, чтобы вам благоприятствовал естественный отбор. Вполне устроит и в миллион раз! Подойдет и тысяча раз. И даже в десять или в два раза было бы достаточно естественному отбору для надлежащего закрепления. Есть плавный градиент усовершенствования эффективности фермента на всем протяжении от почти полного отсутствия впадины, через впадину

грубой формы, до розетки совершенно правильной формы и химических деталей. "Градиент" означает, что каждый шаг является заметным усовершенствованием, каким бы небольшим он ни был, относительно предыдущего. И "заметное" для естественного отбора может означать усовершенствование, меньшее, чем тот минимум, который был бы необходим нам, чтобы его заметить.

Итак, Вы видите, как это работает. Изящно! Клетка - переналаживаемая химическая фабрика, способная выплевывать в массовых количествах широкое разнообразие различных веществ, выбранных под влиянием того, какой присутствует фермент. И как делается этот выбор? В соответствии с тем, какой ген включен. Так же как клетка является чаном, заполненным большим количеством химикатов, только меньшая часть которых реагирует друг с другом, так же и каждое клеточное ядро содержит весь геном, но только меньшая часть генов включена. Когда ген включен, скажем, в клетке поджелудочной железы, его последовательность кодовых букв непосредственно определяет последовательность аминокислот в белке; а последовательность аминокислот определяет (помните образ магнитного ожерелья?) форму, в которую сворачивается белок; а форма, в которую сворачивается белок, определяет точную форму впадин, которые соединяют вещества, дрейфующие вокруг в клетке. Каждая клетка, за очень немногими исключениями, такими как красные кровяные тельца, не имеющие ядра, содержит гены для того, чтобы производить все ферменты. Но в любой клетке только несколько генов будут включены в любое конкретное время. Скажем, в клетках щитовидной железы гены, которые продуцируют ферменты, подходящие для катализа производства гормонов щитовидной железы, включены. И соответственно для всех различных видов клеток. Наконец, химические реакции, протекающие в клетке, определяют форму клетки, и особенность ее поведения, и то, как она участвует в взаимодействиях в стиле оригами с другими клетками. Таким образом, всем течением эмбрионального развития управляют, через запутанную

последовательность событий, гены. Это гены, которые определяют последовательности аминокислот, которые определяют третичные структуры белков, которые определяют розеткоподобные формы активных центров, которые определяют химию клетки, которые определяют "подобное скворцам" поведение клетки в эмбриональном развитии. Так различия в генах могут служить причиной, в начальном конце сложной цепи событий, различий в том, как развивается эмбрион и, следовательно, различий в форме и поведении взрослых. Выживание и репродуктивный успех этих взрослых в таком случае действуют обратной связью в выживании в генофонде генов, определивших разницу между успехом и неудачей. И это - естественный отбор.



Клеточная родословная *Caenorhabditis elegans*

Эмбриология кажется сложной – является сложной – но легко понять важную суть, состоящую в том, что мы на всем пути имеем дело с локальными процессами самосборки. Отдельный вопрос, учитывая, что (почти) все клетки содержат все гены, как определяется, какие гены включаются в каждом различном виде клеток. Теперь я должен кратко рассмотреть этот вопрос.

ЗАТЕМ ПОСТАРАЮТСЯ ЧЕРВИ

Включен ли данный ген в данной клетке в данное время, часто определяется посредством каскада других генов, названных генами

переключателями или регуляторными генами, под влиянием химического окружения клетки. Клетки щитовидной железы весьма отличаются от мышечных клеток и т. д., даже при том, что их гены - одни и те же. Все это очень хорошо, Вы можете сказать, если только развитие эмбриона идет полным ходом, и различные виды тканей, такие как щитовидная железа и мышцы, уже существуют. Но каждый эмбрион начинает свою жизнь как одна клетка. Клетки щитовидной железы и клетки мышц, клетки печени и клетки костей, клетки поджелудочной железы и клетки кожи, все происходят от одной оплодотворенной яйцеклетки через ветвящееся генеалогическое дерево. Это генеалогическое дерево клеток, берущее начало не далее чем в момент оплодотворения, не имеет ничего общего с эволюционным деревом, берущим начало миллионы лет назад, которое продолжает появляться в других главах. Позвольте мне показать Вам, например, полное генеалогическое дерево всех 558 клеток недавно рожденной личинки червя нематоды, *Caenorhabditis elegans* (ниже: пожалуйста, обратите особое внимание на каждую деталь этой диаграммы). Между прочим, я не знаю, что совершил этот крошечный червь, чтобы заработать свое видовое название *elegans*, но я могу подумать о серьезном основании, почему он мог его заслужить ретроспективно. Я знаю, что не всем моим читателям нравятся мои отступления, но исследование, которое было сделано на *Caenorhabditis elegans* является таким звучным триумфом науки, что Вам меня не остановить.

Caenorhabditis elegans был выбран в 1960-ых как идеальное экспериментальное животное потрясающе блистательным южноафриканским биологом Сиднеем Бреннером. Он недавно закончил свою работу с Фрэнсисом Криком и другими в Кембридже по расшифровке генетического кода и искал, какую бы новую большую проблему решить. Его вдохновенный выбор и его собственное исследование в области генетики и нейроанатомии привели к международному сообществу исследователей *Caenorhabditis*, которое разрослось до тысяч. Было бы некоторым

преувеличением сказать, что мы теперь знаем все о *Caenorhabditis elegans*! Мы знаем весь его геном. Мы знаем точно, где каждая из его 558 клеток (в личинке; 959 во взрослой гермафродитной форме, не считая репродуктивных клеток), находится в теле, и мы знаем точную "семейную историю" каждой из этих клеток на протяжении эмбрионального развития. Мы знаем о большом количестве мутантных генов, которые производят неправильных червей, и мы знаем точно, где мутация действует в теле и точную клеточную историю того, как аномалия развивается. Это небольшое животное известно от начала до конца, известно наизнанку, известно от головы до хвоста и всех промежуточных станций, известно вдоль и поперек ("О замечательный день!"). Бреннер был с запозданием удостоен Нобелевской премии по физиологии в 2002 году, а родственник вид назвали в его честь, *Caenorhabditis brenneri*. Его постоянная рубрика в журнале "Current Biology", подписываемая "Дядя Сид", является образцом интеллектуального и непочтительного научного остроумия – столь же изящного, как международные усилия в исследовании *C. elegans*, которые он вдохновил. Я бы хотел, чтобы молекулярные биологи поговорили бы с некоторыми зоологами (как сам Бреннер) и научились бы не называть *Caenorhabditis* просто нематода или даже просто червь, как если бы не было никаких других.

Конечно, Вы не можете прочитать названия типов клеток у основания диаграммы (потребовалось бы семь страниц, чтобы распечатать все это разборчиво), но они перечисляют такие вещи как "глотка", "кишечная мышца", "мышца тела", "мышца сфинктера", "кольцевой ганглий", "люмбальный ганглий". Клетки всех этих типов являются буквально кузенами друг друга: кузенами по своему происхождению за время жизни отдельного червя. Например, я смотрю на особую мышечную клетку тела, названную MSpppprra, которая является родной сестрой другой мышечной клетки тела, двоюродной сестрой еще двух мышечных клеток тела, племянницей еще двух мышечных клеток тела, троюродной сестрой шести клеток глотки, четвероюродной сестрой семнадцати клеток глотки... и так

далее. Не удивительно ли, что мы можем фактически использовать такие слова как "троюродная племянница", с предельной точностью и уверенностью, чтобы указывать на проименованные и однозначно идентифицируемые клетки тела животного? Число "поколений" клеток, отделяющее ткани от первоначального яйца, не особенно велико. В конце концов, в этом теле всего лишь 558 клеток, и Вы можете теоретически создать $1\ 024$ (2 в 10 степени) за десять поколений клеточного деления. Число поколений для клеток человека было бы намного большим. Однако теоретически можно было бы сделать подобное генеалогическое дерево для каждой из триллиона с лишним Ваших клеток (в отличие от 558 клеток личинки самки *C.elegans*), прослеживая родословную каждой назад к одной оплодотворенной яйцеклетке. У млекопитающих, однако, невозможно идентифицировать конкретные, однозначно проименованные клетки. У нас больше имеют место статистические популяции клеток, чьи детали различны у разных людей.

Я надеюсь, мое эйфорическое отступление к элегантности исследования *Caenorhabditis* не слишком нас отвлекло от проводимого мною рассуждения о том, как меняются типы клеток по своей форме и характеру по мере их ответвления друг от друга в эмбриональном генеалогическом дереве. В точке ветвления между клоном, которому предстоит стать клетками глотки, и "клон-кузеном", которому предстоит стать клетками кольцевого ганглия, должно быть нечто, что отличало бы их, иначе как бы они сумели включить различные гены? Ответ в том, что когда последний общий предок двух клонов разделился, две половины клетки перед делением были различными. Поэтому, когда клетка разделилась, две дочерних клетки, хотя идентичные в своих генах (каждая дочерняя клетка получает полный комплект генов), не были идентичны в окружающих химикатах. И это означает, что были включены не одни и те же гены, что изменило судьбу их потомков. Тот же принцип применяется сплошь в эмбриологии, включая самое ее начало.

содержат одни и те же гены. У большинства животных, конечно, гораздо больше клеток, чем 558 клеток *Caenorhabditis*, и их эмбриональное развитие в большинстве случаев менее жестко детерминировано. В частности, как мне любезно напомнил сэр Джон Салстон, и как я уже вкратце упомянул, у млекопитающего "генеалогические деревья" наших клеток различны для каждой особи, тогда как в *Caenorhabditis* они почти идентичны (кроме особей-мутантов). Однако принцип остается одним и тем же. У любого животного клетки отличаются друг от друга в различных частях тела, даже хотя они и генетически идентичны, из-за их истории асимметричного клеточного деления во время короткого курса эмбрионального развития.

Послушаем же окончание всей этой истории. Нет никакого всеобщего плана развития, никакого чертежа, никакого архитектурного плана, никакого архитектора. Развитие эмбриона и, в конечном счете, взрослого достигается благодаря локальным правилам, применяемым клетками, взаимодействующими с другими клетками на локальной основе. То, что происходит внутри клеток, подобным же образом управляется локальными правилами, которые касаются молекул, особенно белковых молекул, внутри клеток и в клеточных мембранах, взаимодействующих с другими такими молекулами. Снова же, все правила являются локальными, локальными, локальными. Никто, читая последовательность букв в ДНК оплодотворенного яйца, не смог бы предсказать форму животного, в которую оно собирается вырасти. Единственный способ узнать это - вырастить яйцо естественным способом и увидеть то, во что оно превратится. Никакой электронный компьютер не смог бы решить это, если он не был непосредственно запрограммирован моделировать естественный биологический процесс, и в этом случае Вы могли бы с тем же успехом обойтись без электронной версии и использовать развивающийся эмбрион как его собственный компьютер. Этот способ образовывать большие и сложные структуры лишь выполняя локальные правила, очень отличается от метода

делать вещи по чертежу. Если бы ДНК была некоторым линеаризованным чертежом, то было бы относительно тривиальной задачей запрограммировать компьютер, чтобы прочесть буквы и начертить животное. Но было бы совсем нелегко – в действительности могло бы быть невозможно – для животного эволюционировать изначально.

И теперь, чтобы эта глава об эмбрионах не заканчивалась как простое отступление в книге по эволюции, я должен вернуться к подлинной дилемме спросившей Холдейна леди. Учитывая, что гены управляют процессами эмбрионального развития, а не взрослой формой; учитывая, что естественный отбор – подобно Богу – не строит крошечные крылья, а эмбриология строит; как естественный отбор воздействует на животных, формируя их тела и их поведение? Другими словами, как естественный отбор воздействует на эмбрионы, перестраивая их так, что они становятся все более искусными в построении успешных тел, с крыльями или плавниками, листьями или броневой защитой, жалами или щупальцами, или чем бы то ни было, что требуется для выживания?

Естественный отбор - различное выживание успешных генов по сравнению с альтернативными, менее успешными генами в генофондах. Естественный отбор не выбирает гены непосредственно. Вместо этого он выбирает их полномочных представителей, тела особей; и эти особи выбираются – явно и автоматически, и без умышленного вмешательства – тем, выживают ли они, чтобы воспроизвести копии тех самых генов. Выживание гена тесно переплетается с выживанием тел, которые он помогает строить, потому что он ездит в этих телах и умирает с ними. Любой конкретный ген может рассчитывать оказаться, в форме своих копий, едущим в большом количестве тел одновременно в популяции современников, по мере того как одно поколение сменяет другое. Статистически, поэтому, ген, склонный в среднем оказывать положительный эффект на перспективы выживания тел, в которых он

оказывается, будет иметь тенденцию увеличивать свою частоту в генофонде. Так, в среднем, гены, с которыми мы встретим в генофонде, будут как правило теми генами, которые хорошо строят тела.

Эта глава была о процедурах, посредством которых гены строят тела. Собеседница Холдейна нашла неправдоподобным, что естественный отбор мог составить, скажем, за миллиард лет генетический рецепт для ее построения. Я нахожу это правдоподобным, хотя, конечно, ни я, ни кто-либо еще не можем сообщить Вам детали того, как это случилось. Причина, вероятно, именно в том, что это все сделано по локальным правилам. В любом акте естественного отбора мутация, которая была отобрана, имела – в большом количестве клеток и в большом количестве особей параллельно – очень простое влияние на форму, в которую спонтанно свертывается цепочка белка. Та, в свою очередь, через каталитическое действие, ускорила, скажем, конкретную химическую реакцию во всех клетках, в которых включен этот ген. Эти, возможно, изменяет скорость роста эмбрионального зачатка челюсти. А это имеет важное влияние на форму всего лица, возможно, сокращая морду и придавая ей более человеческий и менее обезьяноподобный профиль. Теперь давления естественного отбора, благоприятствующие или неблагоприятствующие гену, могут быть сколь угодно сложными. Они могут включать половой отбор, возможно, эстетический отбор высокого порядка потенциальными половыми партнерами. Или изменение в форме челюсти могло бы оказать тонкий эффект на способность животного раскалывать орехи или его способность бороться с конкурентами. Некоторая чрезвычайно сложная комбинация давлений отбора, противостоя друг другу и приходя к компромиссу с приводящей в замешательство сложностью, может влиять на статистический успех этого конкретного гена, по мере того, как он размножается в генофонде. Но ген об этом ничего не знает. Все, что он делает, в различных телах и в сменяющих друг друга поколениях, это перестраивает тщательно профилированную впадину

в молекуле белка. Остаток истории следует автоматически, в ветвящихся каскадах локальных последствий, из которых, в конечном счете, появляется целое тело.

Еще более сложной, чем давления отбора в экологической, половой и социальной среде животных, является фантазмагорическая сеть влияний, которая распространяется внутри и среди развивающихся клеток: влияний генов на белки, генов на гены, белков на экспрессию генов, белков на белки; мембраны, химические градиенты, физические и химические направляющие в эмбрионах, гормоны и другие посредники действия на расстоянии, помечающие клетки, ищут другие, с идентичными или комплементарными метками. Никто не понимает картину в целом, и никто не должен понимать ее, чтобы признать изящное правдоподобие естественного отбора. Естественный отбор благоприятствует выживанию в генофонде генетических мутаций, ответственных за создание ключевых изменений в эмбрионах. Целая картина возникает как следствие сотен тысяч маленьких, локальных взаимодействий, каждое в принципе постижимо (хотя разгадать на практике может быть слишком трудно или отнимать слишком много времени) для любого, кто с достаточным терпением их исследует. На практике целое может быть непонятным и таинственным, но нет никакой тайны в принципе, ни в самой эмбриологии, ни в эволюционной истории, в результате которой регуляторные гены достигли выдающегося положения в генофонде. Сложность накапливалась постепенно в течение эволюционного времени: каждый шаг лишь чуточку отличался от предыдущего, и каждый шаг был достигнут благодаря маленьким, едва уловимым изменениям в действующих локальных правилах. Когда у Вас есть достаточное число маленьких единиц – клеток, молекул белка, мембран – каждая на своем собственном уровне повинуете локальным правилам и влияет на другие – тогда конечные последствия впечатляющи. Если гены выживают или не терпят неудачу в выживании в результате их влияния на такие локальные единицы и их поведение, то естественный отбор

успешных генов – и появление их успешных продуктов – последует неизбежно. Задавая вопрос Холдейну была неправа. В принципе не трудно сделать что-то вроде нее.

И, как сказал Холдейн, на это требуется только девять месяцев...

ГЛАВА 9 КОВЧЕГ КОНТИНЕНТОВ

Представьте себе мир без островов.

Биологи часто используют слово "остров", для обозначения кое-чего другого, чем просто участка земли, окруженного водой. С точки зрения пресноводной рыбы, озеро - остров: остров пригодной для жизни воды, окруженный неприветливой землей. С точки зрения Альпийского жука, неспособного процветать ниже определенной высоты, каждый высокий пик - остров, с почти непроходимыми долинами между ними. Есть крошечные черви нематоды (родственные обыкновенным *Caenorhabditis*), живущие в листьях (не менее чем по 10 000 в одном сильно зараженном листе), проникающие в них через устьица - микроскопические отверстия, через которые листья получают углекислый газ и выпускают кислород. Для живущего в листе червя-нематоды, такого как *Aphelencoides*, отдельная наперстянка является островом. Для вши отдельная человеческая голова или промежность могли бы быть островом. Должно быть много животных и растений, расценивающих оазис в пустыне как прохладный, зеленый остров, пригодный для обитания, окруженный враждебным морем песка. И, тогда как мы даем повторное определение словам с точки зрения животного, учитывая, что архипелаг - цепь или группа островов, Я предполагаю, что пресноводная рыба могла бы определить архипелаг как цепь или группу озер, таких как озера вдоль Великой Рифтовой Долины в Африке. Альпийский сурок мог бы охарактеризовать цепь горных вершин, отделенных долинами, как архипелаг. Насекомое-листоед могло бы рассматривать аллею деревьев как архипелаг. Овод мог бы расценивать стадо коров как движущийся архипелаг.

Теперь, после переопределения слова "остров" (день субботний был сделан для человека, не человека для дня субботнего), позвольте мне

возвратиться к моему вступлению. Представьте себе мир без островов.

Карту кормчий добыл: было море на ней Без намека на землю и мели; Как всегда, угодил он команде своей: В карте все разобраться сумели! [прим. Пер.: Льюис Кэрролл, "Охота на Снарка".]

Мы не будем заходить так далеко как Глашатай, но вообразите, будто вся суша собрана в один большой континент посреди лишнего примечательностей моря. Нет никаких островов в открытом море, никаких озер или горных цепей на суше: ничего, что бы нарушало монотонные просторы гладкого однообразия. В этом мире животное может легко пойти откуда угодно куда угодно, ограничиваемое лишь одним только расстоянием, не беспокоясь о неприветливых барьерах. Это - не мир, благоприятный для эволюции. Жизнь на Земле была бы чрезвычайно скучной, если бы не было никаких островов, и я хочу начать эту главу объяснением почему.

КАК РОЖДАЮТСЯ НОВЫЕ ВИДЫ

Каждый вид - кузен любого другого. Любые два вида происходят от предкового вида, расколовшегося надвое. Например, общий предок людей и волнистых попугайчиков жил приблизительно 310 миллионов лет назад. Предковый вид раскололся надвое, и эти две линии шли своими отдельными путями в течение остального времени. Я выбрал человека и волнистого попугайчика, чтобы придать красочности, но тот же самый предковый вид является общим для всех млекопитающих с одной стороны этого раннего раздела и всех рептилий (зоологически говоря, птицы являются рептилиями, как мы видели в Главе 6) с другой стороны. В маловероятном случае, если когда-либо отыщется ископаемое этого

предкового вида, оно будет нуждаться в названии. Давайте назовем его *Protamnio darwinii*. Мы не знаем о нем никаких подробностей, и подробности вообще не имеют значения для этих рассуждений, но мы не сильно ошибемся, если вообразим его как вытянутое, подобное ящерице существо, суетливо ловящее насекомых. Теперь к сути. Когда *Protamnio darwinii* раскололся на две субпопуляции, они выглядели бы почти точным аналогом друг друга и могли бы успешно скрещиваться друг с другом; но одной группе было суждено дать начало млекопитающим, а другой суждено дать начало птицам (и динозаврам, и змеям, и крокодилам). Этим двум субпопуляциям *Protamnio darwinii* предстояло расходиться [по чертам] друг с другом в течение очень долгого времени и с очень существенными результатами. Но они не могли бы расходиться, если бы продолжали скрещиваться друг с другом. Эти два генофонда непрерывно затопляли бы друг друга генами. Таким образом, любая тенденция к расхождению была бы пресечена на корню, затопляемая потоком генов из другой популяции.

Что в действительности произошло при этом грандиозном разделении путей, никто не знает. Это случилось очень давно, и мы понятия не имеем где. Но современная эволюционная теория уверенно реконструировала бы нечто похожее на следующую историю. Две субпопуляции *Protamnio darwinii* тем или иным образом оказались изолированы друг от друга, наиболее вероятно, географическим барьером, таким как полоса моря, отделяющая два острова или отделяющая остров от материка. Это могла быть горная цепь, которая разделила две долины, или река, разделяющая два леса: два "острова" в общем смысле, который я определил. Имеет значение только то, что эти две популяции были изолированы друг от друга довольно долго, таким образом, когда время и стечение обстоятельств, в конечном счете, воссоединили их, они обнаружили, что разошлись настолько, что не могли больше скрещиваться. Как долго это "довольно долго"? Что ж, если бы они подверглись сильным и противоположным давлениям отбора, то это могли бы

быть всего несколько столетий или даже меньше. Например, на острове могло не быть прожорливых хищников, которые рыскали по материку. Или популяция острова могла бы переключиться с насекомоядной на вегетарианскую диету, подобно Адриатическим ящерицам Главы 5. Еще раз, мы не можем знать подробностей того, как раскололся *Protamnio darwinii*, и мы не нуждаемся в них. Свидетельства современных животных дают нам все основания думать, что нечто похожее на историю, которую я только что рассказал, случилось в прошлом для каждого из расхождений между предками любого одного животного с любым другим.

Даже если условия с обеих сторон барьера идентичны, то два географически разделенных генофонда одного и того же вида в конечном счете разойдутся друг от друга до точки, где они больше не смогут скрещиваться, когда географическая изоляция наконец закончится. Случайные изменения в этих двух генофондах будут постепенно накапливаться до точки, где, если самец и самка от этих двух сторон встретятся, их геномы будут слишком различны, чтобы объединиться и создать способное к размножению потомство. По вине ли одного только случайного дрейфа, или при помощи дифференциального естественного отбора, однажды эти два генофонда достигли точки, где они больше не нуждались в географической изоляции, чтобы остаться генетически обособленными, мы называем их двумя различными видами. В нашем гипотетическом случае, возможно, популяция острова изменилась бы больше, чем материковая популяция, из-за отсутствия хищников и переключения на более вегетарианскую диету. И зоолог того времени мог бы признать, что популяция острова стала новым видом и дать ему новое название, скажем, *Protamnio saugrops*, в то время как старое название, *Protamnio darwinii*, могло бы продолжать служить для материковой популяции. В нашем гипотетическом сценарии, возможно, островной популяции было суждено привести к возникновению завропсидов (это все те, кого мы называем

нынешними рептилиями плюс птицы), в то время как материковая популяция в конечном счете дала бы начало млекопитающим.

Снова я должен подчеркнуть, детали моей небольшой истории - чистый вымысел. С тем же успехом популяция острова могла дать начало млекопитающим. "Остров" мог бы быть оазисом, окруженным пустыней, а не сушей, окруженной водой. И конечно, мы не имеем ни малейшего представления, где на поверхности Земли имело место это великое разделение - в самом деле, карта мира должна была выглядеть настолько другой, что этот вопрос едва ли что-либо значит. Не является вымыслом главный урок: большая часть, если не все, из миллионов эволюционных расхождений, заселивших Землю таким обильным разнообразием, начались со случайного разделения двух субпопуляций одного вида, часто, хотя не всегда, по разные стороны географического барьера, такого как море, река, горная цепь или пустынная долина. Биологи используют слово "видообразование" для раскола вида на два дочерних. Большинство биологов скажет Вам, что географическая изоляция - типичная прелюдия к видообразованию, хотя некоторые, особенно энтомологи, могут возразить, что "симпатрическое видообразование" также может быть важным. Симпатрическое видообразование также требует, чтобы некоторая изначальная, случайная изоляция запустила процесс, но она - нечто другое, чем географическое разделение. Это могло быть локальное изменение микроклимата. Я не буду вдаваться в детали, но только скажу, что симпатрическое видообразование, кажется, особенно важно для насекомых. Однако для простоты дела я буду в оставшейся части этой главы допускать, что начальная изоляция, предшествующее видообразованию, обычно является географической. Вы, может быть, помните, что, в обсуждении выведения домашних собак в Главе 2 я уподобил действие правил, установленных племенными селекционерами, созданию "виртуальных островов".

"МОЖНО БЫЛО БЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ПРЕДСТАВИТЬ..."

Как в таком случае две популяции вида оказываются на противоположных сторонах географического барьера? Иногда сам барьер является новосозданным. Землетрясение разверзает непроходимое ущелье или изменяет течение реки, и вид, бывший единой популяцией, оказывается разделенным надвое. Чаше бывает, что барьер существовал всегда, и это сами животные пересекали его в редких случаях. Это должно происходить редко, иначе не стоило бы называть это барьером вообще. До 4 октября 1995 года на карибском острове Ангилья не было представителей вида игуана обыкновенная, *Iguana iguana*. В этот день популяция этих больших ящериц внезапно появилась на восточной стороне острова. К счастью, их прибытие было замечено. Они цеплялись за спутанные бревна и корни деревьев, некоторые более 30 футов длиной, дрейфующие от соседнего острова, вероятно, Гваделупы, что на расстоянии 160 миль. В предыдущем месяце два урагана, Луис 4-5 сентября и Мэрилин две недели спустя, пронеслись через эту область и могли легко выкорчевать деревья вместе с игуанами, обычно проводящими время на деревьях. Новая популяция на Ангильи все еще сохранялась в 1998 году, и доктор Элен Ченски, руководившая первым исследованием, сообщила мне, что они процветают по сей день, по-видимому даже больше, чем другие виды игуан, которые жили на Ангильи до того, как прибыли новые интервенты.

Главное в таких необычных случаях расселения - что они должны быть достаточно часты, чтобы объяснить видообразование, но не слишком частыми. Если бы они были слишком частыми – если бы, скажем, игуаны дрейфовали с острова Гваделупа до Ангильи каждый год – то популяция, из которой зарождался вид, непрерывно затоплялся бы поступающим на Ангилью потоком генов, и поэтому не могла бы отклониться от популяции острова Гваделупа. Между

прочим, пожалуйста, не будьте введены в заблуждение использованием мною такой фразы как "должны быть достаточно часты". Она может быть неправильно понята, как будто подразумевает, что были предприняты определенного рода шаги, обеспечивающие островам как раз нужное расстояние друг от друга, чтобы облегчить видообразование! Конечно, это помещает телегу перед лошадью. Скорее везде, где оказывается, что есть острова (острова в широком смысле, как обычно), отстоящие на расстояниях, подходящих для облегчения видообразования, там видообразование и произойдет. И подходящее расстояние будет зависеть от того, насколько легко путешествовать животным, которым это предстоит. Те 160 миль, что отделяют остров Гваделупа от Ангильи, были бы детской игрушкой для любой сильной летающей птицы, такой как буревестник. Но морская переправа даже через несколько сотен ярдов могла бы быть достаточно трудной, чтобы помочь рождению нового вида, скажем, лягушки или бескрылого насекомого.

Галапагосский архипелаг отделен от материка Южной Америки примерно 600 милями открытой воды, почти в четыре раза больше, чем проплыли в Ангилью те игуаны на своем выкорчеванном плоту. Все острова вулканические и молодые по геологическим меркам. Ни один из них никогда не был связан ни с каким материком. Вся фауна и флора островов должна была перебраться туда, по-видимому, с материка Южная Америка. Даже при том, что маленькие птицы могут летать, 600 миль достаточно, чтобы сделать переправу выюрков очень редким событием. Однако не настолько редким, чтобы этого не могло случиться, и на Галапагосах есть вьрки, предки которых в какой-то момент истории были, по-видимому, принесены туда, вероятно, необычным штормом. Все эти выюрки - узнаваемо южноамериканского типа, хотя сами виды уникальны для Галапагосских островов. Посмотрите на карту Дарвина, которую я выбрал по сентиментальным причинам и потому что он использовал великолепно по-морскому звучащие английские названия для островов, а не современные испанские названия. Заметьте, что 60-

мильный масштаб - приблизительно одна десятая расстояния, которое животное должно было преодолеть, чтобы изначально прибыть на архипелаг с материка. Сами острова лишь в десятках миль друг от друга, но в сотнях миль от материка. Какой замечательный рецепт для видообразования. Было бы упрощением сказать, что вероятность того, чтобы быть случайно пригнанным ветром или переправленным на плоту через морскую преграду на остров обратно пропорциональна ширине преграды. Однако будет отчетливая обратная корреляция некоторого рода между расстоянием и вероятностью переправы. Различие между средним межостровным расстоянием в несколько десятков миль и 600-мильным расстоянием до материка является настолько большим, что можно ожидать, что архипелаг будет генератором видообразования. И так оно и есть, как понял в конечном счете Дарвин, хотя лишь после того, как он уехал с островов, чтобы никогда не вернуться.



Карта Дарвина Островов Галапагос с английскими именами, теперь редко используемыми

Это несоответствие между расстоянием в десятки миль между островами в пределах архипелага и расстоянием в сотни миль от всего архипелага до материка заставляет эволюциониста ожидать, что различные острова могли бы предоставить жилище видам, довольно подобным друг другу, но более отличающимся от своих двойников на материке. И именно это мы и обнаруживаем. Сам Дарвин хорошо об этом выразился, языком, очень близким к эволюционному, даже раньше, чем он должным образом сформулировал свои идеи. Я поместил ключевую фразу курсивом, и повсюду ее повсюду в этой главе в различных контекстах.

Видя эту градацию и разнообразие состава в одной маленькой, тесно связанной группе птиц, можно было бы действительно представить, что из первоначального скудного числа птиц на этом архипелаге один вид был взят и модифицирован для различных целей. В подобной манере можно себе представить, что птица, первоначально канюк, была вынуждена здесь взять на себя обязанности кормящегося падалью *Polybori* американского континента.

Последнее предложение - ссылка на галапагосского канюка, *Buteo galapagoensis*, еще один вид, обнаруженный только на Галапагосах, но несколько напоминающий виды на материке, особенно *Buteo swainsoni*, который, на самом деле, ежегодно мигрирует между Северной и Южной Америкой и, возможно, был унесен с курса в одном или двух необычных случаях. В настоящее время мы должны были бы назвать галапагосского канюка и нелетающего баклана "эндемичными" для этих островов, подразумевая, что это - единственное место, где они найдены. Сам Дарвин, полностью еще не принявший эволюции, использовал тогдашнюю общепотребительную фразу "исконные создания", которая означала,

что Бог создал их здесь и нигде больше. Он использовал ту же самую фразу относительно гигантских сухопутных черепах, которые тогда имелись в большом количестве на всех островах, а также относительно двух видов игуан: галапагосского конолофа (галапагосской сухопутной игуаны) и галапагосской морской игуаны. Морские игуаны - действительно замечательные существа, весьма отличающиеся от всего того, что мы видим где-либо еще в мире. Они ныряют к морскому дну и щиплют водоросли, которые, похоже, являются их единственной пищей. Они - грациозные пловцы, хотя , по откровенному мнению Дарвина, некрасивы на вид:

Это отвратительно выглядящее существо грязного черного цвета, глупое и медлительное в своих движениях. Обычная длина взрослого - около ярда, но есть некоторые целых четырех футов длиной... их хвосты сбоку приплюснуты, и все четыре лапы частично перепончатые... Когда в воде эта ящерица плавает с прекрасной непринужденностью и быстротой благодаря змеиным движениям ее тела и уплощенного хвоста – лапы неподвижны и плотно прижаты по сторонам.

Так как морские игуаны настолько хороши в плавании, можно было бы предположить, что они, а не сухопутные игуаны, совершили длительную переправу с материка и впоследствии образовали в архипелаге новые виды, приведя к возникновению сухопутной игуаны. Однако, это почти наверняка не так. Галапагосская сухопутная игуана не слишком отличается от игуан, все еще живущих на материке, тогда как морские игуаны уникальны для Галапагосского архипелага. Ни одна ящерица с тем же морским образом жизни никогда не была обнаружена где-либо еще в мире. Мы в настоящее время уверены, что сначала именно сухопутная игуана прибыла с южноамериканского материка, возможно, перевезенная на плоту из деревьев, как современные игуаны с острова Гваделупа, унесенные к Ангилье. На Галапагосах они

впоследствии образовали новые виды, приведя к возникновению морской игуаны. И почти наверняка географическая изоляция, обеспеченная мозаикой разбросанных островов, сделала возможным начальное разделение между предковыми сухопутными игуанами и только что отделившимся видом морских игуан. По-видимому некоторые сухопутные игуаны случайно переплыли на плотках на остров, где до того времени игуан не было, и там приобрели морские повадки, избавленные от загрязнения генами, поступавшими от сухопутных игуан на исходном острове. Намного позже они распространились на другие острова, в конечном счете вернувшись на остров, с которого их сухопутные предки первоначально произошли. К настоящему времени те больше не могли скрещиваться с ними, и их генетически унаследованные морские повадки были избавлены от опасности загрязнения генами сухопутных игуан.

В очередном примере Дарвин заметил ту же самую вещь. Животные и растения каждого острова Галапагосов в значительной степени эндемичны для этого архипелага ("исконные создания"), но в деталях они также по большей части уникальны от острова к острову. В этом отношении он был особенно впечатлен растениями:

Следовательно у нас есть действительно замечательный факт, что на острове Джеймс [Сантьяго] из тридцати восьми галапагосских растений, или из растений, что не найдены ни в какой другой части мира, тридцать ограничены исключительно этим островом; и на Албемарле [Исабела], из двадцати шести исконных галапагосских растений двадцать два ограничены этим островом, то есть только четыре, как в настоящее время известно, растут на других островах архипелага; и так далее... с растениями с островов Чатема [Сан-Кристоваль] и Чарльза [Флорена].

Он отметил ту же вещь с распределением на островах пересмешников.

Мое внимание впервые полностью пробудилось при сравнении между собой многочисленных экземпляров дроздов-пересмешников, застреленных мною и некоторыми другими членами команды на борту, когда, к моему удивлению, я обнаружил, что все дрозды-пересмешники с острова Чарльза принадлежали к одному виду (*Mimus trifasciatus*); все с Албемарла к *M. parvulus*; и все с островов Джеймса и Чатем (между которыми расположены два других острова как связующие звенья) принадлежали к *M. melanotis*.

И так во всем мире. Фауна и флора конкретной области именно такова, как мы должны были бы ожидать, если, цитируя Дарвина относительно вьюрков, которые теперь носят его имя, "один вид был взят и модифицирован для различных целей".

Вице-губернатор Галапагосских островов, мистер Лоусон, заинтриговал Дарвина, сообщив ему, что

черепашки отличались на различных островах, и что сам он мог с уверенностью сказать, с какого острова любая из них была привезена. Я в течение некоторого времени не обращал достаточного внимания на это утверждение и уже частично перемешал коллекции с двух островов. Я никогда не думал, что острова на расстоянии приблизительно пятьдесят или шестьдесят миль друг от друга, и большинство из них в поле зрения друг друга, сформированные точно из одних и тех же пород, расположенные в весьма подобном климате, возвышающиеся почти на равную высоту, будут по-разному заселены.

Все галапагосские гигантские сухопутные черепахи похожи на определенный вид материковой сухопутной черепахи, *Geochelone chilensis*, которая меньше любой из них. В некоторый момент в течение тех немногих миллионов лет, когда острова существовали, одна или несколько из этих материковых сухопутных черепах по неосторожности упала в море и пересекла его. Как они смогли пережить длинную и несомненно трудную переправу? Конечно, большинство из них не смогло. Но потребовалась бы лишь одна самка, чтобы совершить этот трюк. И черепахи удивительно хорошо приспособлены, чтобы пережить переправу.

Ранние китобои вывозили тысячи гигантских черепах с Галапагосских островов на своих кораблях в качестве продовольствия. Чтобы держать мясо свежим, черепах не убивали до тех пор, пока не понадобится, но их не кормили и не поили, пока те ожидали забоя. Их просто переворачивали на спину, иногда складывали по несколько в штабель, так чтобы они не могли уползти. Я рассказываю эту историю не для того, чтобы ужаснуть (хотя я должен сказать, что такая варварская жестокость действительно меня ужасает), но чтобы высказать аргумент. Черепахи могут выжить в течение многих недель без пищи или пресной воды, достаточно долго, чтобы доплыть в Потоке Гумбольта из Южной Америки до Галапагосского архипелага. И [сухопутные] черепахи действительно плавают.

Достигнув и размножившись на своем первом Галапагосском острове, черепахи сравнительно легко – снова по случайности – совершали прыжки с острова на остров через намного более короткие расстояния на остальную часть архипелага тем же способом. И они сделали то, что делают многие животные, когда прибывают на остров: они эволюционировали и стали крупнее. Это - давно замеченное явление островного гигантизма (может сбить с толку, что существует столь же известное явление островной карликовости).

Если бы черепахи следовали схеме известных дарвиновских вьюрков, то они эволюционировали бы в различные виды на каждом из островов. Затем, после последующей случайной переправы на плотках с острова на остров, они были неспособны скрещиваться (вспомните, это определение отдельного вида), и могли свободно эволюционно приобрести различные образы жизни, не загрязняемые генетическим затоплением.

Можно сказать, что несовместимые повадки спаривания и предпочтения различных видов представляют собой своего рода генетическую замену географической изоляции отдельных островов. Хотя они и перекрываются географически, они теперь изолированы на отдельных "островах" исключительности спаривания. Таким образом, они могут разойтись еще дальше. Большой [толстоклювый], Средний и Малый Земляной Вьюрок первоначально расходились [генетически] на различных островах; теперь эти три вида сосуществуют на большинстве Галапагосских островов, никогда не скрещиваясь, и каждый специализируется на питании различными разновидностями семян.

Сухопутные черепахи сделали нечто подобное, эволюционно приобретя отличительные формы панцирей на различных островах. Виды на больших островах имеют высокие купола. У видов на меньших островах панцири в форме седла, имеющие окно с высокими краями спереди для головы. Похоже, причиной для этого служит то, что большие острова достаточно влажные, чтобы выросла трава, а черепахи травоядные. Меньшие острова в основном слишком сухие для травы, и черепахи прибегают к ошипыванию кактусов. Седловидный панцирь с высоко загнутыми краями позволяет шее доставать до кактусов, которые, в свою очередь, становятся выше в эволюционной гонке вооружений против объедающих их черепах.

История черепах добавляет к модели вьюрков дальнейшее усложнение, что для черепах вулканы - острова внутри островов.

Вулканы предоставляют высокие, прохладные, влажные, зеленые оазисы, окруженные на малых высотах сухими плато застывшей лавы, которые для травоядных гигантских черепах образуют враждебные пустыни. На каждом из меньших островов есть один большой вулкан и свой собственный отдельный вид (или подвид) гигантских черепах (кроме тех немногих островов, на которых их нет вообще). Большой остров Исабела ("Альбемарль" по Дарвину) состоит из вереницы пяти крупных вулканов, и на каждом вулкане есть свой собственный вид (или подвид) черепах. Действительно, Исабела - архипелаг внутри архипелага: система островов внутри острова. И принцип островов в буквальном географическом смысле, заложивший начало для эволюции островов в метафорическом смысле генетики видов, никогда не демонстрировался более изящно, чем здесь, на архипелаге благословенной молодости Дарвина.

Острова не намного более изолированы, чем остров Святой Елены, единственный вулкан в Южной Атлантике приблизительно в 1 200 милях от побережья Африки. На нем растет около 100 эндемичных растений (молодой Дарвин назвал бы их "исконными созданиями", а более старший Дарвин сказал бы, что они там эволюционировали). Среди них лесные деревья, принадлежащие к семейству сложноцветных (или принадлежавших, поскольку некоторые из них являются теперь исчезнувшими).

Эти деревья напоминают по внешнему виду деревья на африканском материке, с которым они не связаны близким родством. Родственные им материковые растения являются травами или мелким кустарником. Должно было случиться так, что несколько семян маленьких трав или кустарника случайно были перенесены через тысячемильное пространство из Африки, поселились на Святой Елене и, поскольку ниша лесных деревьев была не занята, эволюционно развили большие и более древоподобные стволы, пока не стали настоящими деревьями. Схожие древоподобные

сложноцветные эволюционировали независимо на Галапагосском архипелаге. Есть такие же закономерности на островах во всем мире.



Лесные деревья на острове св. Елены

В каждом из Великих Африканских озер есть своя собственная уникальная фауна рыб, в которой преобладает группа, названная цихлиды. Фауна цихлид озер Виктория, Танганьика и Малави, каждая численностью в несколько сотен видов, совершенно отличны друг от друга. Они, очевидно, эволюционировали отдельно в этих трех озерах, и еще более очаровательными их делает то, что во всех трех они сходились на одном и том же ряде "профессий". В каждом озере кажется, как будто бы один или два вида-основателя каким-то образом пробили себе дорогу, вероятно, изначально из рек. И в каждом озере эти основатели образовывали все новые и новые виды, заселяя озеро сотнями видов, которые мы видим сегодня. Как в пределах озера перспективные виды достигали начальной географической изоляции, которая позволила бы им расколоться?

Представляя острова, я объяснил, что с точки зрения рыбы озеро, окруженное сушей, является островом. Немного менее очевидно, что даже остров в обычном смысле, суша окруженная водой, может быть "островом" для рыбы, особенно для рыбы, которая живет только на мелководье. В море вспомните о рыбах кораллового рифа, которые никогда не отваживаются плыть на глубоководье. С их точки зрения, мелкая окраина кораллового острова - "остров", а Большой Барьерный риф - архипелаг. Нечто подобное может происходить

даже в озере. В пределах озера, особенно большого, обнаженная скала может быть "островом" для рыбы, чей образ жизни ограничивает ее мелководьем. Это почти несомненно то, как по крайней мере некоторые из цихлид в Великих Африканских озерах достигли своей начальной изоляции. Большинство особей было ограничено мелководьем вокруг островов, или в заливах и бухтах. Эта достигнутая частичная изоляция от других таких очагов мелководья, соединяемая случайными пересечениями более глубокой воды между ними, формирует водный аналог "архипелага", подобного Галапагосскому.

Есть хорошие свидетельства (например, пробы осадочных отложений), что уровень озера Малави (его называли озером Ньяса, когда я провел свои первые каникулы "на море" на его песчаных берегах) резко повышался и падал в течение столетий и достиг низкой точки в восемнадцатом веке, более чем на 100 метров ниже нынешнего уровня. Многие из его островов были в течение того времени вообще не островами, а холмами на суше вокруг тогдашнего меньшего озера. Когда уровень озера повысился в девятнадцатом и двадцатом веке, холмы стали островами, цепи холмов стали архипелагами, и набрал обороты процесс видообразования среди живущих на мелководье цихлид, известных в этих краях как Мбуна. "Почти возле каждого обнажения горных пород и каждого острова есть уникальная фауна Мбуна с нескончаемыми разноцветными формами и видами. Так как многие из этих островов и обнажений были суходолом в течение прошлых 200-300 лет, становление фауны произошло в течение этого времени.

Такое быстрое видообразование - это то, в чем рыбы цихлиды чрезвычайно хороши. Озера Малави и Озеро Танганьика старые, но Озеро Виктория чрезвычайно молодо. Бассейн озера был сформирован лишь приблизительно 400 000 лет назад, и он пересыхал с тех пор несколько раз, последний раз приблизительно 17 000 лет назад. Это, похоже, означает, что его эндемичная фауна из

приблизительно 450 видов рыб цихлид эволюционировала за времена столетий, а не миллионов лет, которые мы обычно связываем с эволюционным расхождением в этом грандиозном масштабе. Цихлиды Африканских озер сильно впечатляют нас тем, что эволюция может сделать за короткий период времени. Они почти подходят, чтобы включить их в главу "Прямо у нас на глазах".

В лесах и рощах Австралии всецело господствуют деревья единственного рода, *Eucalyptus*, и существует более 700 их видов, заполняющих огромный диапазон ниш. Снова же, высказывание Дарвина о вьюрках может быть кооптировано: можно почти представить, что один вид эвкалипта был "взят и модифицирован для различных целей". И, проводя параллели, еще более известный пример - австралийская фауна млекопитающих. В Австралии есть, или были до недавних вымираний, возможно, вызванных прибытием людей-аборигенов, экологические аналоги волков, кошек, кроликов, кротов, землероек, львов, белок-летяг и многих других. Но все они - сумчатые, весьма отличающиеся от волков, кошек, кроликов, кротов, землероек, львов и белок-летяг, с которыми мы знакомы в остальном мире, так называемых плацентарных млекопитающих. Все австралийские аналоги произошли от всего лишь нескольких или даже одного предкового сумчатого вида, "взятого и модифицированного для различных целей". Эта красивая сумчатая фауна имеет в своем составе также произведенных существ, для которых тяжелее найти аналог вне Австралии. Многие виды кенгуру большей частью заполняют антилопоподобные ниши (или обезьяно-, или лемуриноподобные ниши в случае древесного кенгуру), но передвигаются прыжками вместо галопа. Они покрывают спектр от большого рыжего кенгуру (и некоторых еще больших вымерших, включая внушающего страх скачущего хищника) до маленького кенгуру-валлаби и древесных кенгуру. Существовало гигантское сумчатое размером с носорога, *Diprotodonts*, связанное близким родством с современными вомбатами, но 3 ярда длиной, 6 футов

высотой в холке и весом в 2 тонны. Я вернусь к сумчатым Австралии в следующей главе.

Это почти нелепо упоминать, но я боюсь, что должен, потому что есть более 40 процентов американского населения, которые, как я жаловался в Главе 1, воспринимает Библию буквально: подумайте, на что должно быть похоже географическое распространение животных, если бы все они разбрелись от Ноева Ковчега. Разве не должно быть некоего рода закономерности уменьшения разнообразия видов при удалении от эпицентра – возможно, горы Арарат? Нет надобности говорить Вам, что это не то, что мы видим.

Почему все сумчатые – от крошечных сумчатых мышей, через коал и бандикутов, до гигантских кенгуру и двурезцовых – почему все эти сумчатые, но совсем никто из плацентарных, массово мигрировали с горы Арарат в Австралию? Каким маршрутом они следовали? И почему ни один их представитель не отстал от бредущего каравана, остановившись по пути, и не обосновываются, возможно, в Индии, или Китае, или в каком-нибудь пристанище вдоль Великого Шелкового Пути? Почему весь отряд неполнозубых (все двадцать видов броненосцев, включая вымершего гигантского броненосца, все шесть видов ленивцев, включая вымершего гигантского ленивца, и все четыре вида муравьедов) без исключений удалились в Южную Америку, не оставив следа, не оставив ни шкур, ни шерсти, ни бронированной чешуйки переселенцев где-нибудь по дороге? Почему к ним присоединился весь инфраряд кавиоморфных грызунов, включая морских свинок, агути, паки, мары, капибар, шиншилл и многих других, большая группа типично южноамериканских грызунов, не встречающихся больше нигде? Почему весь подотряд обезьян, широконосые обезьяны, очутился в Южной Америке и больше нигде? Не должны ли по крайней мере некоторые из них присоединиться к остальным обезьянам, узконосым обезьянам, в Азии или Африке? И не должен ли был по крайней мере один вид узконосых оказаться в Новом Свете, вместе с широконосыми?

Почему все пингвины пустились вразвалку на юг к Антарктике, и ни один из них - к столь же гостеприимной Арктике?

Предковый лемуру, снова же, вполне возможно, лишь один вид, оказался на Мадагаскаре. Сейчас существует тридцать семь видов лемуру (плюс несколько вымерших). Они различаются по размеру от карликового мышиногo лемуру, меньшего, чем хомяк, до гигантского лемуру, большего, чем горилла и схожего с медведем, который вымер совсем недавно. И все они, все без исключения, на Мадагаскаре. Нет ни одного лемуру где-либо еще в мире, а на Мадагаскаре нет ни одной обезьяны. Как же, по мнению 40 процентов отрицающих историю, случилось такое положение вещей на Земле? Все тридцать семь с лишним видов отряда лемуру построились в полном составе, спустившись по Ноеву трапу, и помчались (буквально в случае кошачьего лемуру) на Мадагаскар, не оставляя ни одного отставшего у обочины нигде по всей длине и ширине Африки?

Еще раз, я сожалею, что взял кувалду для столь маленького и хрупкого ореха, но я должен сделать это, потому что более 40 процентов американцев верят буквально в историю Ноева Ковчега. Мы должны быть способны игнорировать их и заниматься нашей наукой, но мы не можем это себе позволить, потому что они контролируют школьные советы, они обучают дома своих детей, чтобы лишить их доступа к настоящим учителям естественных наук, и они имеют в своем составе многих членов Конгресса Соединенных Штатов, некоторых губернаторов и даже кандидатов в президенты и вице-президенты. У них есть деньги и власть, чтобы строить институты, университеты, даже музеи, где дети катаются верхом на механических, в натуральную величину, моделях динозавров, которые, как им торжественно говорят, существовали одновременно с людьми. И как показали недавние опросы, Британия не сильно отстает (или следует читать "опережает"?) вместе с частью Европы и большинством исламского мира.

Даже если мы оставим гору Арарат в стороне; даже если мы воздерживаемся от высмеивания тех, кто принимает миф о Ноевом Ковчеге буквально, подобные проблемы относятся к любой теории отдельного сотворения видов. Почему всемогущий создатель решил поселить свои старательно смастеренные виды на островах и континентах по точно подходящей схеме, чтобы непреодолимо внушать мысль, что они эволюционировали и распространились от места своей эволюции? Зачем бы ему помещать лемуру на Мадагаскаре и больше нигде? Почему он поместил широконосых обезьян только в Южной Америке, а узконосых обезьян только в Африке и Азии? Почему нет никаких млекопитающих в Новой Зеландии, кроме летучих мышей, которые смогли бы туда прилететь? Почему животные на цепочках островов наиболее близко напоминают животных на соседних островах, и почему они почти всегда похожи – не так сильно, но все еще явно – на животных с ближайшего континента или большого острова? Почему создатель поместил в Австралии только сумчатых млекопитающих, снова же, кроме летучих мышей, которые могли туда прилететь, и тех, кто мог бы прибыть в созданном человеком каноэ? Факт в том, что если мы рассмотрим каждый континент и каждый остров, каждое озеро и каждую реку, каждую горную вершину и каждую альпийскую долину, каждый лес и каждую пустыню, единственный имеющий логику способ интерпретировать распределения животных и растений состоит в том, чтобы снова последовать за догадкой Дарвина относительно галапагосских вьюрков: "можно было бы действительно представить, что из первоначального малого количества... один вид был взят и модифицирован для различных целей".

Дарвин был очарован островами, и он исходил вдоль и поперек порядочно островов во время путешествия "Бигля". Он даже раскрыл удивительную правду о том, как сформировались острова одной крупнейшей категории, построенные животными, называемыми кораллами. Дарвин позже пришел к тому, чтобы признать

первостепенную важность островов и архипелагов для его теории, и он поставил несколько экспериментов, чтобы решить вопросы относительно теории географической изоляции как предпосылки для видообразования (он не использовал это слово). Например, во многих экспериментах он держал семена в морской воде в течение долгого периода и продемонстрировал, что некоторые сохранили способность прорасти даже после погружения на долгое время, достаточное, чтобы быть перенесенными течением с континентов на соседние острова. С другой стороны, он обнаружил, что икру лягушек морская вода немедленно убивала, и он умело использовал это, чтобы объяснить замечательный факт географического распределения лягушек:

Относительно отсутствия целых отрядов на океанских островах, Бори Сен-Венсан давно заметил, что *Batrachians* (лягушки, жабы, тритоны) никогда не были обнаружены ни на одном из многих островов, которыми утыканы большие океаны. Я старался изо всех сил проверить это утверждение, и нашел его абсолютно верным. Меня заверяли, однако, что лягушки существуют в горах большого острова Новой Зеландии; но я подозреваю, что это исключение (если информация окажется правильной) может быть объяснено действием ледника. Это повсеместное отсутствие лягушек, жаб, и тритонов на очень многих океанских островах не может объясняться их физическими условиями; действительно кажется, что острова особенно хорошо приспособлены для этих животных; поскольку лягушки были ввезены в Мадейру, Азорские острова, и Маврикий, и так размножились, что стали помехой. Но раз этих животных и их икру, как известно, немедленно убивает морская вода, на мой взгляд, мы можем видеть, что были бы большие трудности в их транспортировке через море, поэтому они не существуют ни на одном океанском острове. Но почему,

по теории сотворения, они не должны были быть созданы там, очень трудно объяснить.

Дарвин хорошо знал о значении географического распределения видов для его теории эволюции. Он отмечал, что большинство фактов можно объяснить, если предположить, что животные и растения эволюционировали. Исходя из этого, мы должны ожидать – и мы обнаруживаем – что современные животные имеют тенденцию жить на том же самом континенте, что и ископаемые, которые могли бы правдоподобно быть их предками, или близкими к их предкам. Мы должны ожидать, и мы обнаруживаем, что животные живут на одном и том же континенте с видами, похожими на них. Вот что писал Дарвин по этому вопросу, обращая особое внимание на животных Южной Америки, которых он знал так хорошо:

натуралист, странствуя, например, с севера на юг, всегда поражается тем, как группы отличающихся в деталях, но явно близких существ замещают друг друга. Он слышит, о близких, но все-таки различающихся видах птиц, весьма схожих голосах, видит, что их гнезда сконструированы очень схожим образом, хотя и не вполне одинаковым, и с яйцами, окрашенными почти одинаково. Равнины, расстилающиеся у Магелланова пролива, населены одним видом Rhea (американского страуса), а лежащие севернее равнины Ла Платы – другим видом того же рода, но не настоящим страусом и не эму, как те, что обнаруживаются в Африке и Австралии на той же широте. На тех же равнинах Ла Платы мы видим агути и вискашу – животных, очень сходных по своему образу жизни с нашими зайцами и кроликами, ...но с резко выраженным американским типом организации. Поднимаясь на высокие пики Кордильеров, мы находим альпийский вид вискаши; в водах вместо бобра и выхухоли мы встречаем коипу и канибару – грызунов южноамериканского типа.

Это - главным образом простой здравый смысл, и Дарвин был в состоянии с его помощью объяснить огромный ряд наблюдений. Но есть определенные факты в географическом распространении животных и растений и распространении пород, которые нуждаются в другого рода объяснениях: тех, которые вовсе не являются простым здравым смыслом, и которые поразили бы Дарвина, если бы он только знал о них.

ДВИГАЛАСЬ ЛИ ЗЕМЛЯ?

Во времена Дарвина все думали, что карта мира была в значительной степени неизменной. Некоторые из современников Дарвина действительно допускали возможность больших мостов суши, ныне погруженных в воду, для объяснения, например, общих черт между флорой Южной Америки и Африки. Сам Дарвин отнюдь не был в восторге от идеи моста суши, но он, конечно, был бы восхищен современным свидетельством, что все континенты, передвигаются по лицу Земли. Это обеспечивает гораздо лучшее объяснение некоторых крупных фактов распространения животных и растений, особенно ископаемых. Например, есть сходства между ископаемыми Южной Америки, Африки, Антарктиды, Мадагаскара, Индии и Австралии, которые в настоящее время мы объясняем, утверждая существование некогда большого южного континента Гондваны, объединявшей все эти современные куски суши. Еще раз, наш запоздало прибывший детектив вынужден заключить, что эволюция - факт.

Теория "дрейфа континентов", как она раньше называлась, была впервые выдвинута немецким климатологом Альфредом Вегенером (1880-1930). Вегенер не был первым, кто, глядя на карту мира, заметил, что форма континента или острова часто соответствует береговой линии, находящейся напротив, как будто эти два массива суши были частями пазла, даже когда расположенная напротив

береговая линия далеко. Я не говорю о небольших частных примерах, таких как аккуратная увязка острова Уайт с Гэмпширским побережьем, почти как будто бы Солента не было вовсе. Вегенер и его предшественники заметили, что нечто подобное, казалось, было справедливо в отношении целых противолежащих сторон гигантских континентов Африки и Америки. Бразильское побережье выглядит точно скроенным под выпуклость Западной Африки, в то время как северная часть африканского выступа хорошо соответствует североамериканскому побережью от Флориды до Канады. Мало того, что формы приблизительно подходят: Вегенер также указал на совпадение геологических формаций повсюду в восточной части Южной Америки и в соответствующей части западной стороны Африки. Немного менее очевидно, западное побережье Мадагаскара формирует довольно хорошее соответствие с восточным побережьем Африки (не участку южноафриканского побережья, который лежит напротив него сейчас, а побережью Танзании и Кении дальше на север), в то время как длинная, прямая линия восточной стороны Мадагаскара сопоставима с прямой кромкой западной Индии. Вегенер также указал, что древние ископаемые, найденные в Африке и Южной Америке, более схожи, чем можно было бы ожидать, если бы карта мира всегда была такой как сегодня. Как это могло быть, учитывая ширину южной части Атлантического океана? Были ли эти два континента когда-то намного ближе, или даже соединялись? Идея была волнующей, но опережающей свое время. Вегенер также заметил соответствие между ископаемыми Мадагаскара и Индии. И есть в равной степени красноречивые сходства между ископаемыми севера Северной Америки и Европы.

Такие наблюдения заставили Вегенера предложить свою смелую еретическую гипотезу дрейфа континентов. Он предположил, что все большие континенты мира были когда-то соединены в гигантском суперконтиненте, который он назвал Пангея. Учитывая огромный промежуток геологического времени, он предположил, что Пангея постепенно раскололась, сформировав континенты, известные

сегодня, которые затем медленно дрейфовали в их нынешние положения и продолжают дрейфовать до сих пор.

Можно почти слышать скептических современников Вегенера, задающихся вопросом, используя сегодняшнюю уличную лексику, чем он обкурился. И все же мы теперь знаем, что он был прав. Или почти прав. Каким бы дальновидным и наделенным воображением не был Вегенер, я должен пояснить, что его гипотеза дрейфа континентов значительно отличалась от нашей современной теории тектоники плит. Вегенер думал, что континенты бороздили океаны как гигантские суда, не совсем плавая в воде, как полый остров Попсипетл доктора Дулитла, а плавая на полужидкой мантии планеты. Достаточно резонно другие ученые воздвигли крепость скептицизма. Какие колоссальные силы могли бы сдвинуть объект размером с Южную Америку или Африку на тысячи миль? Я объясню, чем современная теория тектоники плит отличается от теории Вегенера, прежде чем дойду до свидетельств в ее поддержку.



Карикатура о теории 'дрейфа континентов' Вегенера

В теории тектоники плит поверхность всей Земли, включая дно различных океанов, состоит из ряда перекрывающихся скальных плит, как доспехи. Континенты, которые мы видим, являются утолщениями этих плит, поднимающимися над уровнем моря. Большая часть площади каждой плиты находится ниже уровня моря. В отличие от континентов Вегенера, плиты не плывут через море и не бороздят поверхность Земли, они и есть поверхность Земли. Не думайте, как Вегенер, о самих континентах как о пазлах, собирающихся вместе или растягиваемых в стороны друг от друга; это не так. Вместо этого подумайте о плитах как о непрерывно изготавливаемых на растущем краю в замечательном процессе, названном спредингом [расширением океанического дна], который я

объясню через мгновение. На других краях плита может подвергаться "субдукции" [нырянию] под соседнюю плиту. Или соседние плиты могут скользить друг вдоль друга. Рисунок на цветной странице 17 показывает часть разлома Сан-Андреас в Калифорнии, который является местом, где края Тихоокеанской и Североамериканской плиты сдвигаются друг вдоль друга. Сочетание спрединга океанического дна и субдукции означает, что между плитами нет зазоров. Вся поверхность планеты покрыта плитами, каждая как правило исчезает за счет субдукции под соседней плитой с одной стороны, или скользит мимо другой плиты и в то же время вырастает из океанического дна в зоне спрединга в другом месте.

Вдохновляет мысль об огромной рифтовой долине, которая должна была когда-то змеиться на юг по континенту Гондвана между будущей Африкой и будущей Южной Америкой. Без сомнения, она была сначала усеяна озерами, как нынешняя рифтовая долина в Восточной Африке. Позже она заполнилось морской водой, по мере того как Южная Америка отодвигалась, отрываемая в тектонической агонии. Представьте себе вид, который открылся какому-нибудь отважному динозаврийскому Кортесу, когда он пристально глядел через длинные, узкие проливы на медленно отступающую "Западную Гондвану". Вегенер был прав, что пазловая взаимодополняемость их форм не случайна. Но он был неправ, представляя себе континенты как гигантские плиты, бороздящие просторы океанов между ними. Южная Америка и Африка, и их континентальные шельфы, являются всего лишь утолщенными областями двух плит, большая часть скалистой поверхности которых находится под водой. Плиты составляют твердую литосферу – буквально, "сферу камня" – которая плавает над горячей, полурасплавленной астеносферой – "сферой слабости". Астеносфера слаба в том смысле, что она не является твердой и хрупкой, как скальные плиты литосферы, а ведет себя отчасти подобно жидкости: растекаясь, как замазка или ириска, хотя и не обязательно жидкая. Немного сбивает с толку, что это различие между двумя концентрическими сферами не вполне соответствует

более знакомому различию (основанному на химическом составе, а не физической прочности) между "корой" и "мантией".

Большинство плит состоит из двух различных видов литосферных пород. Глубокое океаническое дно покрыто довольно однородным слоем очень плотной магматической породы, приблизительно 10 километров толщиной. Над этим вулканическим слоем лежит наносной слой осадочных пород и грязи. Континент, повторю, является областью плиты, видимой над уровнем моря, возвышающейся до этой высоты, там где плита утолщена дополнительными слоями менее плотной породы. Подводные части плит непрерывно создаются на их краях – восточный край в случае южноамериканской плиты, западный - в случае африканской. Эти два края включают в себя Срединно-Атлантический хребет, который змеится посредине Атлантики от Исландии (действительно являющейся единственной существенной частью горного хребта, достигающей поверхности) до мест далеко на юге.

Подобные подводные горные хребты выкатывают другие плиты в других частях мира (см. цветные страницы 18–19). Эти подводные горные хребты работают как вытянутые родники (в медленном геологическом масштабе времени), изливающие расплавленную породу в процессе, как я уже упомянул, названном спредингом океанического дна. Горный хребет расширяющегося океанского дна в центральной Атлантике, похоже, толкает африканскую плиту в восточном направлении, а южноамериканскую плиту на запад. Был предложен образ пары шведских бюро, разворачивающихся в противоположных направлениях, и он передает идею, если помнить, что все это происходит в масштабе времени слишком медленном, чтобы люди могли его видеть. Действительно, скорость, с которой растаскиваются Южная Америка и Африка, была памятно уподоблена – настолько памятно, что это стало почти клише – скорости, с которой растут ногти. Факт, что они теперь на расстоянии тысячи миль друг от друга, является дополнительным

свидетельством огромного и небиблейского возраста Земли, сопоставимым со свидетельством от радиоактивности, которое мы встретили в Главе 4.

Я только что использовал фразу, "похоже, толкает" и должен поспешить отступиться. Заманчиво представить себе эти поднимающиеся из глубин "шведские бюро" как подталкиваемые сзади своими соответствующими континентальными плитами. Это нереально; не тот масштаб. Тектонические плиты слишком массивны, чтобы быть подталкиваемыми сзади поднимающимися из глубин вулканическими силами вдоль срединно-океанического хребта. Плавающий головастик мог бы с тем же успехом попытаться подвинуть супертанкер. Но теперь, ключевой момент. В астеносфере, с ее качествами квазижидкости, есть потоки конвекции, которые простираются всюду по всей ее поверхности, под всей площадью плит. В любой зоне астеносфера медленно перемещается в соответствующем направлении, а затем по кругу в противоположном направлении вниз, в свои более глубокие слои. Верхний слой астеносферы под южноамериканской плитой, например, непреклонно перемещается на запад. И в то время как немислимо, чтобы у поднимающегося из глубин "шведского бюро" могла быть сила, чтобы толкать целую южноамериканскую плиту перед собой, отнюдь не столь немислимо, чтобы поток конвекции медленно и неуклонно перемещаясь в соответствующем направлении под всей нижней поверхностью плиты, мог нести с собой свой "плавучий" груз континентов. Мы теперь не говорим о головастиках. Супертанкер в течении Гумбольдта с выключенными двигателями действительно будет плыть по течению.

Такова, вкратце, современная теория тектоники плит. Я должен теперь обратиться к свидетельству того, что она верна. Фактически, как обычно бывает с установленными научными фактами, есть много различных видов свидетельств, но я собираюсь говорить только о наиболее удивительно изящной их разновидности. Это -

свидетельства от возраста пород, и в частности от магнитных полос в них. Они почти слишком хороши, чтобы быть правдой, прекрасная иллюстрация моего "детектива, появляющегося позже на месте преступления", и неумолимо приводящие лишь к одному заключению. У нас даже есть нечто выглядящее в точности как отпечатки пальцев: гигантские магнитные отпечатки пальцев в породах.

Мы будем сопровождать своего метафорического детектива в путешествии через Южную Атлантику в построенной на заказ субмарине, способной противостоять ошеломительному давлению морских глубин. Субмарина оборудована, чтобы бурить скалы для взятия образцов через поверхностные отложения морского дна, в глубины, непосредственно к вулканическим породам литосферы, и на ней также есть бортовая лаборатория для того, чтобы радиометрически датировать горные образцы (см. Главу 4). Детектив устанавливает курс прямо на восток от бразильского порта Масейо на 10 градусах широты к югу от экватора. Пропутешествовав на 50 километров или около того через мелкие воды континентального шельфа (который для данной задачи считаем частью Южной Америки), мы задраиваем люки высокого давления и погружаемся (какое сдержанное высказывание!), погружаемся вниз, в глубины, где обычно единственный видимый свет является случайной искрой зеленоватой люминесценции гротескных существ, населяющих этот чуждый мир.

Когда мы достигаем дна почти на 20 000 футов (3 000 полных морских саженей), мы бурим до вулканической литосферы и берем пробу скальной породы. Бортовая радиационная лаборатория датирования приступает к работе и докладывает возраст нижнего Мелового периода, приблизительно 140 миллионов лет. Субмарина упорно продолжает двигаться в восточном направлении вдоль десятой параллели, беря образцы пород через короткие интервалы. Возраст каждого образца тщательно измеряется, и детектив детально

изучает датировки, ища систему. Он не должен далеко искать. Даже доктор Ватсон не мог бы пропустить это. По мере нашего путешествия на восток вдоль великих равнин морского дна, породы явно становятся моложе и моложе, постоянно моложе. Приблизительно на 730 километре нашего путешествия образцы пород принадлежат к позднему Меловому периоду, приблизительно 65 миллионов лет, который имел место, когда вымерли последние из динозавров. Тенденция ко все младшим и младшим породам продолжается, когда мы приближаемся к середине Атлантики, и прожекторы субмарины начинают выхватывать предгорья гигантской подводной горной цепи. Это – Срединно-Атлантический хребет (см. цветные страницы 18–19), на который наша субмарина должна теперь начать взбираться. Мы ползем вверх и вверх, все еще беря образцы пород, и все еще замечая, что породы становятся моложе и моложе. К тому времени, когда мы достигаем пиков горного хребта, породы столь молоды, они вполне могли излиться только что как свежая лава из вулканов. Действительно, в значительной степени так и происходило. Остров Вознесения - часть Срединно-Атлантического хребта, который высунулся над уровнем моря в результате недавнего ряда извержений – скажем так, недавнего: возможно 6 миллионов лет назад; это является недавним по меркам тех пород, которые мы брали на пробы вдоль нашего подводного пути.

Теперь мы спешим к Африке, по другую сторону горного хребта, вниз к глубоким равнинам на дне восточной Атлантики. Мы продолжаем брать образцы пород и – Вы догадались – скальные породы теперь становятся неуклонно старше по мере продвижения к Африке. Они - зеркальное отражение картины, которую мы отмечали прежде чем мы достигли Срединно-Атлантического хребта. Детектив нисколько не сомневается в объяснении. Эти две плиты расходятся прочь от хребта по мере расширения океанического дна. Вся новая порода, которая добавляется к двум расходящимся плитам, непосредственно появляется в результате вулканической активности горного хребта, а затем уносится в противоположных направлениях

тем или другим из гигантских шведских бюро, которые мы называем африканской и южноамериканской плитой. Искусственные цвета на рисунках на цветных страницах 18–19, иллюстрирующих этот процесс, обозначают возраст пород, красный - самая молодая. Вы можете видеть как превосходно возраста рельефа по обеим сторонам Срединно-Атлантического хребта отражают друг друга.

Какая прекрасная история! Но она становится лучше. Детектив замечает более тонкий рисунок в образцах пород по мере их обработки в бортовой лаборатории. Скальные пробы, поднятые из глубокой литосферы, слабо намагничены, как стрелки компаса. Это явление хорошо изучено. Когда расплавленная порода затвердевает, магнитное поле Земли отпечатывается в ней в форме поляризации мелких кристаллов, из которых состоит магматическая порода. Кристаллы ведут себя как крошечные застывшие стрелки компаса, застопоренные в направлении, которое они указывали в тот момент, когда расплавленная лава затвердевала. Далее, долгое время было известно, что магнитный полюс Земли не неподвижен, а блуждает, вероятно, из-за медленно текущих потоков смеси расплавленного железа и никеля в ядре планеты. В настоящее время магнитный север находится около острова Элсмир в северной Канаде, но он не будет там оставаться. Чтобы определить истинный север, используя магнитный компас, моряки должны искать поправочный коэффициент, и поправочный коэффициент изменяется из года в год по мере колебания магнитного поля планеты.

Коль скоро наш детектив методично записывает точный угол, под которым располагались его пробы при их высверливании, застывшее магнитное поле в каждой пробе сообщает ему положение магнитного поля Земли в день, когда порода застыла из лавы. А теперь, на закуску. Оказывается, что через нерегулярные интервалы в десятки или сотни тысяч лет магнитное поле Земли полностью меняет направление на обратное, по-видимому, из-за значительных сдвигов в расплавленном железо-никелевом ядре. То, что было магнитным

севером, перескакивает в место недалеко от истинного Южного полюса, а что было магнитными южным полюсом перескакивает на север. И конечно, горные породы фиксируют положение магнитного севера в день, когда они застывают из лавы, изливающейся из глубины морского дна. Поскольку полярность меняет направление на обратное каждые несколько десятков тысяч лет, магнитометр может обнаружить полосы, идущие вдоль скального дна: полосы, в которых магнитные поля образцов пород все указывают в одном направлении, чередуются с полосами, в которых магнитные поля все указывают в противоположном направлении. Наш детектив раскрашивает их черным и белым на карте. И когда он смотрит на полосы на карте, подобно отпечаткам пальцев, он замечает не подлежащую сомнениям систему. Как и с полосами псевдоцветов, обозначающих абсолютный возраст пород, отпечатки пальцев магнитных полос на западной стороне Срединно-Атлантического хребта - прекрасное зеркальное отображение полос на восточной стороне. Именно то, чего можно ожидать, если бы магнитная полярность пород фиксировалась, когда лава впервые застывала в горном хребте, а затем медленно перемещалась от хребта в противоположных направлениях с постоянной и очень маленькой скоростью. Элементарно, мой дорогой Ватсон.

Возвращаясь к терминологии Главы 1, трансформация гипотезы Вегенера о дрейфе континентов в современную теорию тектоники плит – хрестоматийный пример кристаллизации предварительной гипотезы в общепринятую теорему или факт. Перемещения тектонических плит важны в этой главе, потому что без них мы не можем полностью понять распределение животных и растений по континентам и островам мира. Когда я говорил о первоначальном географическом барьере, который отделял два зарождающихся вида, я представил землетрясение, изменяющее русло реки. Я мог бы также упомянуть силы тектонических плит, раскалывающие континент надвое, и переправляющие эти два гигантских обломка в

противоположных направлениях вкупе с животными и растительными пассажирами – ковчег континентов.

Мадагаскар и Африка были когда-то частью большого южного континента Гондваны, вместе с Южной Америкой, Антарктидой, Индией и Австралией. Гондвана начала распадаться – мучительно медленно по меркам нашего восприятия – приблизительно 165 миллионов лет назад. В этот момент Мадагаскар, пока еще соединенный с Индией, Австралией и Антарктидой в Восточную Гондвану, отделился от восточной стороны Африки. Приблизительно в то же самое время Южная Америка отделилась от Западной Африки в другом направлении. Сама Восточная Гондвана распалась позднее, и Мадагаскар, наконец, оказался отделенным от Индии приблизительно 90 миллионов лет назад. Каждый из осколков старой Гондваны нес с собой свой груз животных и растений. Мадагаскар был настоящим "ковчегом", а Индия - другим. Возможно, например, что предки страусов и слоновых птиц произошли в Мадагаскаре/Индии, когда они были все еще объединены. Позже они раскололись. Те, которые остались на гигантском плоту под названием Мадагаскар, эволюционировали, став слоновыми птицами, в то время как предки страусов отплыли на корабле Индия, и впоследствии – когда Индия столкнулась с Азией и подняла Гималаи – были выпущены на азиатский материк, откуда они, в конечном счете, добрались до Африки, их главного места топтания на сегодня (да, самцы действительно топают своими ногами, чтобы произвести впечатление на самок). Слоновых птиц, увы, мы больше не видим (или не слышим, к большому сожалению, поскольку, если они топали, дрожала земля). Намного более крупные, чем самые большие страусы, эти мадагаскарские гиганты - вероятный источник легендарной "птицы Рух", которая описывалась во "Втором путешествии Синдбада-Морехода". Хотя достаточно большие, чтобы человек мог их оседлать, они не имели крыльев, поэтому не смогли бы унести Синдбада в небо, как было разрекламировано.

Сейчас твердо доказанная теория тектоники плит не только объясняет многочисленные факты в распределении ископаемых и живых существ, она также предоставляет еще больше свидетельств чрезвычайной древности Земли. Поэтому это должно быть бельмом на глазу креационистов, по крайней мере креационистов-сторонников "молодой Земли". Как они справляются с этим? Действительно очень странным образом. Они не отрицают перемещения континентов, но они думают, что все произошло на высокой скорости совсем недавно, во время Потопа. Вы можете подумать, что поскольку они весьма легко списывают со счетов свидетельства, которые их не устраивают, в случае огромного количества и ассортимента свидетельств факта эволюции прибегнут к той же уловке и со свидетельствами в пользу тектоники плит. Но нет: странно, но они принимают как факт, что Южная Америка однажды уютно прилегала к Африке. Они, кажется, расценивают свидетельства этого как решающие, даже при том, что уж что-то, а свидетельства факта эволюции еще более сильны, но они их весело отрицают. Поскольку доказательства значат для них так немного, можно задастся вопросом, почему они не пошли до конца и просто не отрицают также и всю тектонику плит.

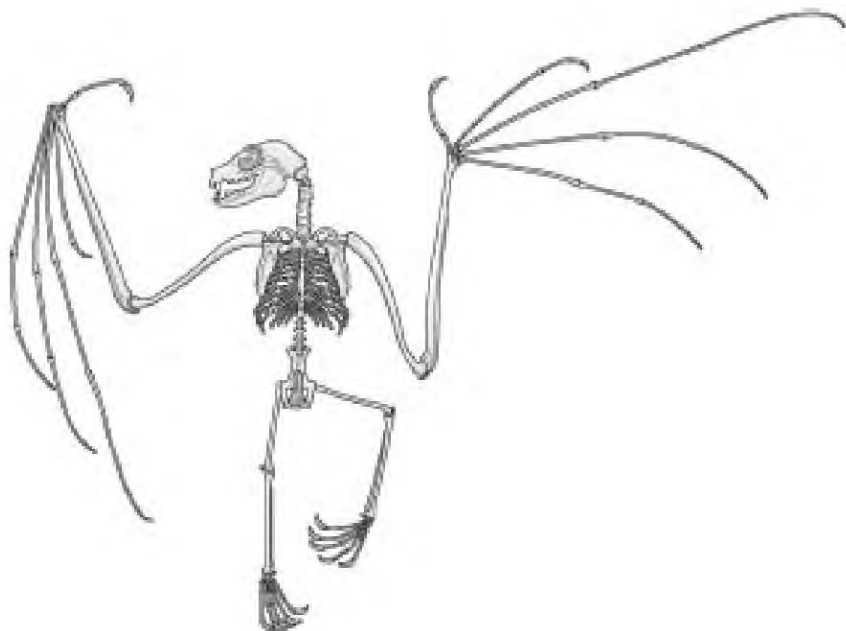
Джерри Койн в "Почему эволюция верна" предлагает виртуозную обработку свидетельств от географического распределения (как можно было ожидать от ведущего автора самой авторитетной последней книги по видообразованию). Он также попадает в самую точку относительно склонности креационистов к игнорированию свидетельств, когда те не подтверждают позицию, которая как они знают из Священного писания, должна быть верной: "Биогеографические свидетельства эволюции в настоящее время настолько сильны, что я не видел ни одной креационистской книги, статьи, или лекции, которая бы попыталась опровергать их". Креационисты просто делают вид, что этих свидетельств не существует. Креационисты ведут себя так, словно окаменелости являются единственным доказательством эволюции. Ископаемые свидетельства действительно очень сильны. Грузовики

окаменелостей были обнаружены со времен Дарвина, и все эти свидетельства активно подтверждают эволюцию или совместимы с ней. Более показательно, как я уже подчеркивал, ни одно ископаемое не противоречит эволюции. Несмотря на силу ископаемых свидетельств, я вновь хочу подчеркнуть, что они не самые сильные из имеющихся у нас. Даже если бы ни одна окаменелость никогда не была найдена, свидетельства от ныне живущих животных и без них всецело подталкивают к выводу, что Дарвин был прав. Детектив, прибывший на место преступления после события, может собрать выжившие улики, которые еще более неопровержимы, чем ископаемые. В этой главе мы увидели, что распределение животных на островах и континентах является именно таким, каким мы должны его ожидать, если все они являются родственниками, которые произошли от общих предков в течение очень длительного времени. В следующей главе мы будем сравнивать современных животных друг с другом, глядя на распределение характеристик в животном мире, и особенно сравнивая их последовательности генетического кода, и придем к такому же выводу ...

ГЛАВА 10 ДЕРЕВО РОДСТВА

КОСТЬ К КОСТИ

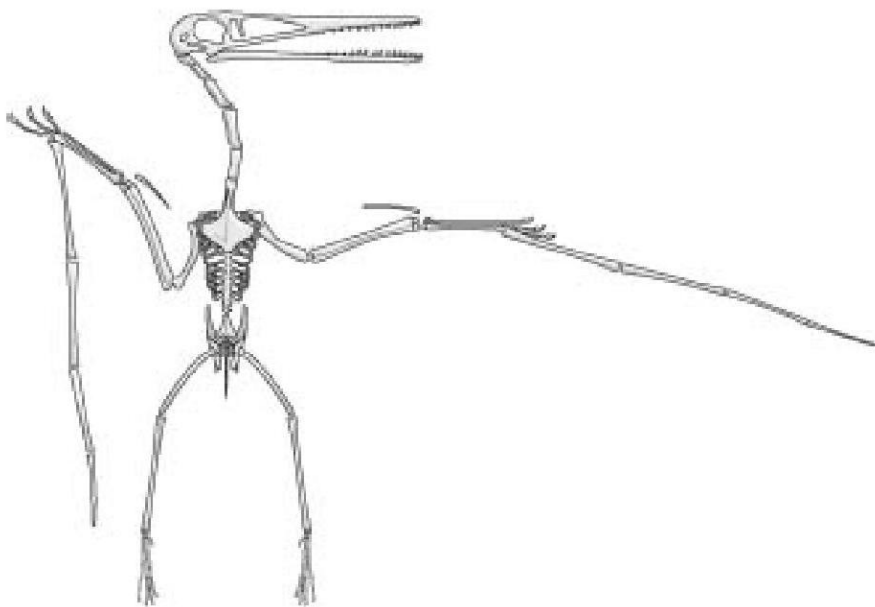
Что за шедевр - скелет млекопитающего. Я хочу сказать не то, что он красив сам по себе, хотя и думаю так. Я имею в виду факт, что мы вообще можем говорить о скелете млекопитающего как таковом: факт, что столь сложно взаимосвязанная вещь настолько чудесно различна между разными видами млекопитающих во всех своих деталях и в то же время настолько очевидно одна и та же у всех млекопитающих. Наш собственный скелет достаточно нам знаком, чтобы не нужно было картинки, но посмотрите на скелет летучей мыши. Не восхитительно ли, что каждая кость имеет свой узнаваемый аналог в человеческом скелете? Узнаваемый в силу порядка соединения друг с другом. Только пропорции различаются. Руки летучей мыши сильно увеличены (относительно ее размера, конечно), но никто не упустит соответствия между нашими пальцами и длинными костями в крыльях. Человеческая рука и рука летучей мыши очевидно - ни один здравомыслящий человек не станет отрицать это - две версии одной и той же вещи. Технический термин этого вида идентичности "гомология". Машущая рука летучей мыши и наша хватательная рука гомологичны. Руки нашего общего предка - и весь его остальной скелет - были взяты и вытянуты или сдавлены, часть за частью в разных направлениях и в разной степени, среди разных линий потомков.



Скелет летучей мыши

То же относится - хотя, снова же, в других пропорциях - к крыльям птеродактиля (не млекопитающего, но принцип сохраняется, что еще более впечатляет). Мембрана крыла птеродактиля в основном держится на одном пальце, том что мы назвали бы мизинцем. Я признаюсь, что ощущаю невроз, навеянным гомологией, что такой вес поддерживается мизинцем, поскольку у человека он кажется столь хрупким. Глупо конечно, потому как у птеродактиля мизинец, не только не мал, но имел длину большей части туловища, и, должно быть, казался таким же сильным и крепким, как наши руки для нас. И снова, он иллюстрирует положение, которое я излагаю. Мизинец модифицирован, чтобы нести мембрану крыла. Все детали стали другими, но он по-прежнему узнаваем в силу своего пространственного расположения относительно других костей скелета. Эта длинная, крепкая, поддерживающая крыло опора гомологична нашему мизинцу. Слово "мизинец" для птеродактиля значит "весьма мощная опора".

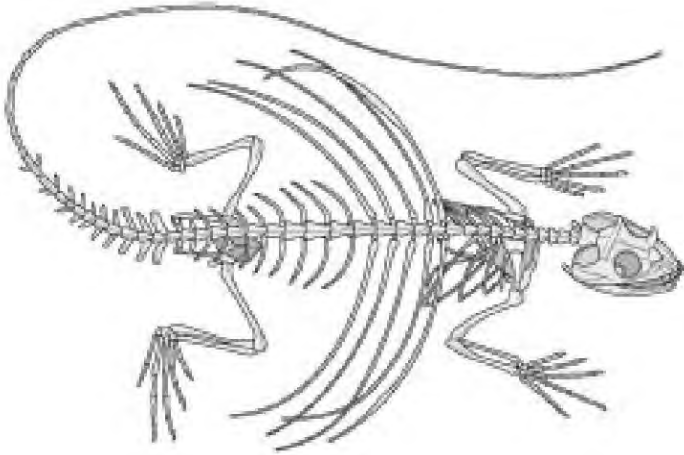
Вдобавок к настоящим летунам - птицам, летучим мышам, птерозаврам и насекомым - многие другие животные планируют: привычка, способная поведать нам нечто о происхождении настоящего полета. У них есть мембраны для планирования, которые требуют скелетной опоры; но это не обязательно должны быть кости пальцев, как у летучих мышей и птерозавров. Летучие белки (две независимые группы грызунов), и сумчатые летяги (австралийские сумчатые, выглядящие почти в точности как летучие белки, но не близко родственные им) натягивают кожную мембрану между руками и ногами. Отдельным пальцам не требуется нести большой нагрузки и они не увеличены. Я с моим мизиничным неврозом был бы более счастлив быть летучей белкой, чем птеродактилем, так как использовать целые руки и целые ноги для несения тяжелой нагрузки ощущается "правильным".



Скелет птеродактиля

На обороте представлен скелет так называемого летучего дракона, другого элегантного планера леса. Вы можете сразу увидеть, что его

ребра, а не пальцы или руки и ноги модифицировались для несения "крыльев" - летательной мембраны. И еще раз, похожесть скелета в целом на скелет другого позвоночного полностью очевидна. Можно пройти по всем костям одной за другой и идентифицировать, какая кость соответствует какой в человеческом, мышинном или птерозавровом скелете.



Скелет 'летающей ящерицы'

Так называемые, "летучие лемуры" [шерстокрылы] лесов юго-восточной Азии напоминают белок-летяг и сумчатых летяг всем, кроме того, что хвост, также как руки и ноги, включен в структуру, поддерживающую летательную мембрану. Не вызывает у меня ощущения правильности, поскольку я не могу представить, что такое иметь хвост вообще, хотя люди, как и другие бесхвостые человекообразные обезьяны, имеют рудиментарный хвост, копчик, скрытый под кожей. Для нас, почти бесхвостых обезьян, трудно себе представить, каково это быть паукообразной обезьяной, чей хвост преобладает над всем позвоночником. На рисунке на цветном листе 26 можно видеть, насколько он длиннее, даже чем длинные сами по себе руки и ноги. Как и среди многих других обезьян Нового Света (на самом деле, как и среди всех млекопитающих Нового Света

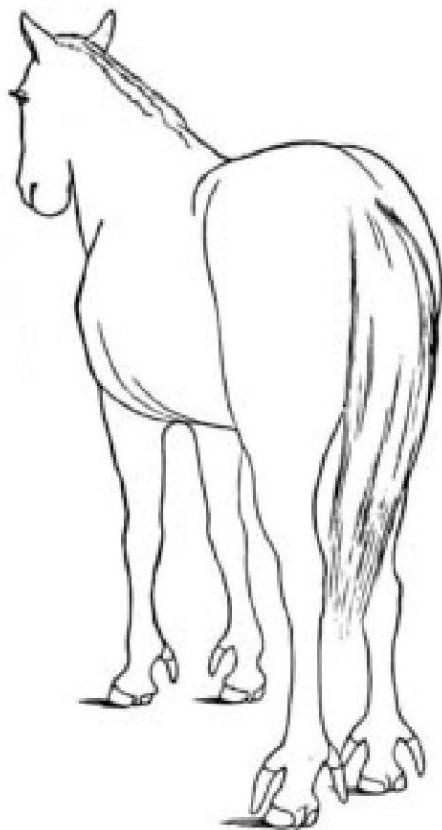
вообще, что представляется курьезом, трудным для объяснения), хвост паукообразной обезьяны "хватательный", что значит, что он модифицирован для хватания, и почти кажется, что он кончается дополнительной рукой, хотя он не гомологичен настоящей руке и не имеет пальцев. На самом деле, хвост паукообразной обезьяны выглядит очень похожим на дополнительную ногу или руку.

Мне, вероятно, не нужно разъяснять идею еще раз. Базовый скелет все тот же, как в хвосте у любого другого млекопитающего, но измененный, чтобы выполнять другую работу. Вернее, сам хвост - не совсем одинаков: у хвоста паукообразной обезьяны есть дополнительное количество позвонков, но сами позвонки - узнаваемо те же, что и позвонки в любом другом хвосте, включая наш собственный копчик. Вы можете вообразить себе, на что это похоже: быть обезьяной с пятью цепкими "руками" – по одной в конце каждой ноги, так же как в конце каждой руки, и хвост – на любой из которых Вы могли бы счастливо висеть? Я не могу. Но я знаю, что хвост паукообразной обезьяны гомологичен с моим копчиком, так же как чрезвычайно длинная и сильная кость крыла птеродактиля гомологична с моим мизинцем.

Вот еще один удивительный факт. Копыто лошади соответствует ногтю вашего среднего пальца руки (или ногтю вашего среднего пальца ноги). Лошади буквально ходят на цыпочках, в отличие от нас, когда мы ходим на том, что называем цыпочками. Они почти полностью потеряли другие пальцы. У лошади гомологи нашего указательного и безымянного пальца и их эквиваленты на задних ногах сохранились как крошечные грифельные косточки, соединенные с пястной/плюсневой костью среднего пальца, и невидимы снаружи шкуры. Пястная (плюсневая) кость лошади гомологична нашей средней пястной костью нашей руки (или плюсневой нашей ноги). Весь вес лошади – очень существенный в случае шайрской или клейдесдальской породы - держится на средних пальцах рук и ног. Гомологии, например, с нашими средними

пальцами или таковыми у летучей мыши, полностью очевидны. Ни у кого нет сомнений относительно них; и, как будто чтобы вдолбить эту мысль в голову, иногда рождаются аномальные лошади с тремя пальцами на каждой ноге, средний из которых служит в качестве нормальной "ноги", на двух боковых есть миниатюрные копыта (см. рисунок на обороте).

Вы видите, насколько она красива, эта идея почти неограниченной модификации в течение необъятного времени, когда каждая измененная форма сохраняет несомненные следы оригинала? Я упиваюсь литоптернами, вымершими южноамериканскими травоядными животными, не связанными близким родством ни с одним из современных животных и очень отличавшимися от лошадей – за исключением того, что у них были почти идентичные ноги и копыта. У лошадей (в Северной Америке) и литоптерн (в Южной Америке, которая была в те дни гигантским островом, Панамский перешеек был делом будущего) в ходе эволюции независимо произошла совершенно одинаковая редукция всех пальцев передних и задних ног, кроме средних, и образовались идентичные копыта на кончиках пальцев. По-видимому, у травоядного млекопитающего есть не так уж и много путей стать быстрым бегуном. Лошади и литоптерны обнаруживают один и тот же путь – редуцирования всех пальцев, кроме средних – и они достигли одного и того же результата. Коровы и антилопы нашли другое решение: редуцирование всех пальцев, кроме двух.

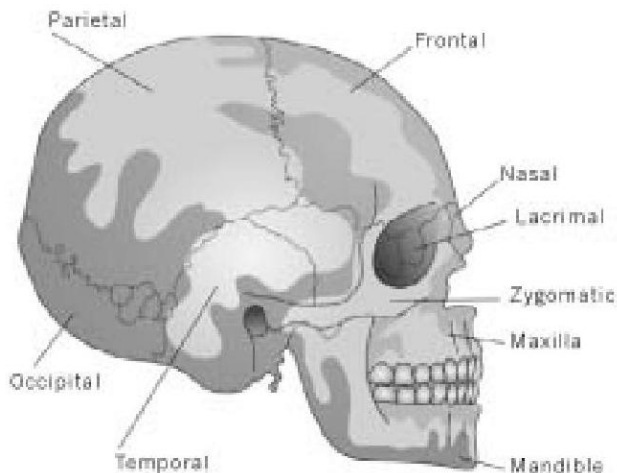


Многодактилическая лошадь

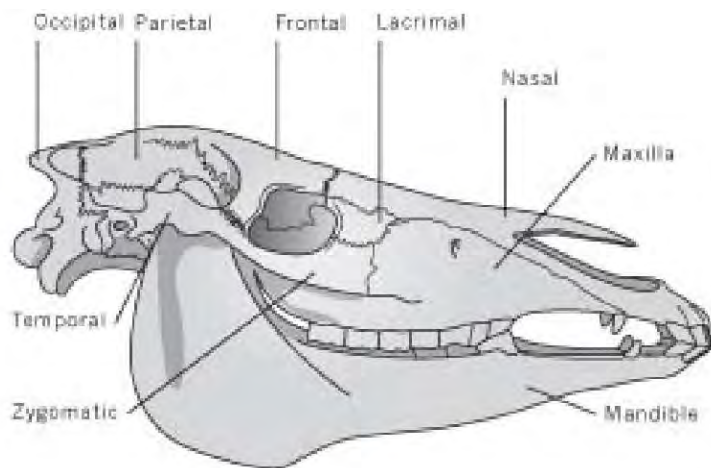
Следующее утверждение кажется парадоксальным, но можно понять, что оно логично, а также насколько оно важно как наблюдение. Скелеты всех млекопитающих идентичны, но их отдельные кости различны. Решение парадокса лежит в моем преднамеренном использовании "скелета" для совокупности костей, упорядоченно соединенных одна с другой. Форма отдельных костей, с этой точки зрения, не является свойством "скелета" вообще. "Скелет", в этом особом смысле, пренебрегает формой отдельных костей и затрагивает только порядок, в котором они соединяются: "кость с костью своею" по словам Иезекииля и, более живо, в песне, основанной на этой фразе:

Кость вашего пальца соединена с Костью вашей ступни,
Кость вашей ступни соединена с Костью вашей лодыжки,
Кость вашей лодыжки соединена с Костью вашей голени,
Кость вашей голени соединена с Костью вашего колена,
Кость вашего колена соединена с Костью вашего бедра,
Кость вашего бедра соединена с Вашей тазовой костью,
Ваша тазовая кость соединена с Вашей костью спины,
Ваша кость спины соединена с Вашей лопаткой, Ваша
лопатка соединена с Костью вашей шеи, Кость вашей шеи
соединена с Костью вашей головы, я слышу слово Бога!

Дело в том, что эту песню можно применить буквально к любому млекопитающему, безусловно, к любому наземному позвоночному животному, и гораздо более детально, чем предполагают эти слова. Например, Ваша "кость головы" или череп, содержит двадцать восемь костей, главным образом объединенных твердыми "швами", но с одной большой, подвижной костью (нижней челюстью). И замечательная вещь, что, плюс-минус случайная кость тут и там, один и тот же набор из двадцати восьми костей, которые могут быть четко обозначены одними и теми же названиями, обнаружены у всех млекопитающих.



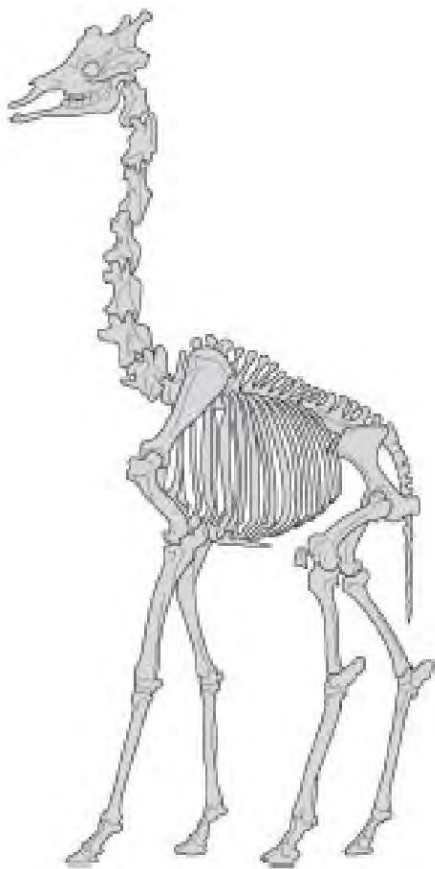
Человеческий череп



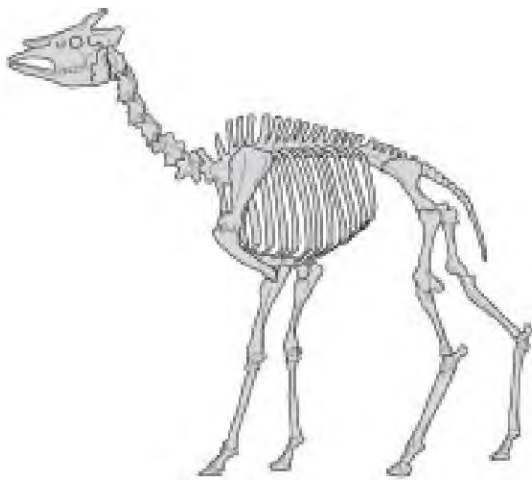
Череп лошади

Ваша кость шеи соединена с Вашей затылочной костью,
Ваша затылочная кость соединена с Вашей теменной костью,
Ваше темя соединено с Вашей лобной костью,
Ваша лобная кость соединена с Вашей носовой костью...
Ваша 27-ая кость соединена с Вашей 28-ой костью...

Все они одни и те же, независимо от факта, что форма отдельных костей радикально отличается от одного млекопитающего к другому.



Жираф



Окапи

Какой вывод мы сделаем из всего этого? Мы здесь ограничились современными животными, таким образом мы не видим эволюцию в действии. Мы - детективы, запоздало прибывшие на место события. И особенности схожести среди скелетов современных животных именно таковы, какие мы должны ожидать, если все они произошли от общего предка, одни раньше, другие позже. Предковый скелет постепенно изменялся с течением веков. Некоторые пары животных, например жирафы и окапи, объединяет недавний предок. Не очень правильно описывать жирафа как растянутого вертикально окапи, поскольку оба - современные животные. Но было бы обоснованным предположить (что, между прочим, подтверждается ископаемыми свидетельствами, но мы не говорим об ископаемых в этой главе), что их общий предок, вероятно, был больше похож на окапи, чем на жирафа. Точно так же импалы и гну - близкие кузены друг другу, и немного более дальние родственники жирафов и окапи. Все четверо - более дальние родственники другим парнокопытным, таким как свиньи и бородавочники (которые являются кузенами друг друга и пекари). Все парнокопытные - более дальние родственники лошадей и зебр (которые не имеют раздвоенных копыт и являются близкими кузенами друг друга). Мы можем продолжать сколько угодно,

заклячая в скобки пары кузенов в группах, и группируя группы кузенов, и (группы (групп (групп кузенов))). Я автоматически плавно перешел к использованию скобок, и Вы точно знаете, что они означают. Значение скобок в нижеследующем понятно сразу, потому что Вы уже знаете все о двоюродных братьях с общей бабушкой и дедушкой и троюродных братьях с общими прабабушкой и прадедушкой, и так далее:

{(лиса волк) (леопард лев)} {(жираф окапи) (гну импалы)}.

Все указывает на простое ветвящееся дерево происхождения – генеалогическое дерево.

Я подразумевал, что дерево подобий - на самом деле генеалогическое дерево, но напрашивается ли это заключение? Есть ли какие-нибудь альтернативные интерпретации? Ну, едва ли! Иерархическая схема подобий была замечена креационистами в додарвинистские времена, и у них действительно было неэволюционное объяснение, смущающе натянутое. Схемы подобия, на их взгляд, отражают темы в мыслях проектировщика. У него были различные идеи, как сделать животных. Его мысли вертелись вокруг темы млекопитающего, и, независимо, они вертелись вокруг темы насекомого. В теме млекопитающего идеи проектировщика были аккуратно и иерархически разделены пополам в подтемы (скажем, тема парнокопытного), и под-под-темы (скажем, тема свиньи). В этом есть весомый элемент специальных оговорок и принятия желаемого за действительное, и в настоящее время креационисты редко прибегают к этому. Действительно, как и в случае со свидетельством от географического распределения, которое мы обсуждали в последней главе, они редко обсуждают сравнительные свидетельства вообще, предпочитая придерживаться ископаемых, о которых их (неправильно) учили думать, как о многообещающей почве.

БЕЗ ЗАИМСТВОВАНИЯ

Чтобы подчеркнуть, насколько странная идея создателя, твердо придерживающегося "тем", подумайте, что любой разумный человеческий проектировщик весьма счастлив заимствовать идею одного из своих изобретений, если она принесла бы пользу другому. Возможно, есть "тема" дизайна самолета, отдельная от "темы" дизайна поезда. Но деталь самолета, скажем улучшенный дизайн для персональных лампочек над сидениями, вполне могла бы быть заимствована для использования в поездах. Почему бы и нет, если это служит одной и той же цели в обоих? Когда легковые автомобили впервые были изобретены, название "безлошадный вагон" говорило нам, откуда появилась часть вдохновения. Но гужевые транспортные средства не нуждаются в руле - Вы используете узды, чтобы править лошадьми - таким образом, у руля должен был быть другой источник. Я не знаю, откуда он взялся, но подозреваю, что он был заимствован из совершенно другой техники, техники судов. Прежде чем быть замененным рулем, который был введен приблизительно в конце девятнадцатого века, первоначальное устройство руления автомобиля было рукояткой, также заимствованной у судов, но перемещенное с зада на перед транспортного средства.

Если перья - хорошая идея в "теме" птиц, настолько, что они есть у каждой отдельной птицы без исключения, летает она или нет, почему ни у одного млекопитающего их нет? Почему проектировщик не заимствовал это остроумное изобретение, перо, хотя бы для одной летучей мыши? Ответ эволюциониста ясен. Все птицы унаследовали свои перья от их общего предка, у которого были перья. Ни одно млекопитающее не происходит от этого предка. Это так просто. Дерево подобий является генеалогическим деревом. Та же история с каждой ветвью, подветвью и под- под-ветвью дерева живого.

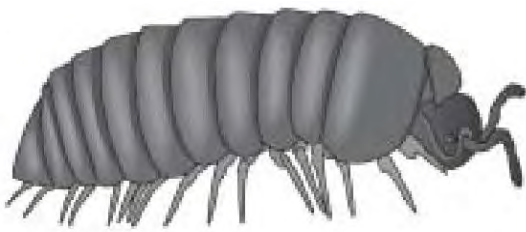
Теперь мы подошли к интересному моменту. Есть много красивых примеров, в которых на первый взгляд выглядит, как если идеи могли

быть "заимствованы" с одной части дерева и привиты на другую, как сорт яблок, привитый на стволе. Дельфин, являющийся маленьким китом, поверхностно напоминает различных больших рыб. Одну из этих рыб, дорадо (большая корифена, *Coelacanthus hippurus*) даже иногда называют "дельфином". Дорадо и настоящие дельфины имеют одну и ту же обтекаемую форму, подходящую для их сходного образа жизни быстрых охотников вблизи поверхности моря. Но их техника плавания, хотя на первый взгляд похожа, не была заимствована от одного другим, как Вы можете скоро увидеть, если посмотрите на детали. Хотя и те и другие получают скорость главным образом благодаря хвосту, дорадо, как все рыбы, двигает своим хвостом из стороны в сторону. А настоящий дельфин выдает свою историю млекопитающего, взмахивая хвостом вверх и вниз. Волна из-стороны-в-сторону, передающаяся вдоль предкового позвоночника рыбы, была унаследована ящерицами и змеями, которые фактически, можно сказать, "плавают" по суше. Сравните это с галопирующей лошадью или гепардом. Скорость создается благодаря изгибанию позвоночника, как у рыб и змей; но у млекопитающих позвоночник изгибается вверх и вниз, а не из стороны в сторону. Интересный вопрос, как был совершен этот переход в родословной млекопитающих. Возможно, была промежуточная стадия, которая едва сгибала свой позвоночник вообще в любом направлении, подобно лягушке. С другой стороны, крокодилы способны к галопирующей (устрашающе быстрой) походке, так же как к использованию походки, подобной ящерице, более обычной среди рептилий. Предки млекопитающих вовсе не были похожи на крокодилов, но, возможно, крокодилы показывают нам, как промежуточный предок мог комбинировать эти две походки.

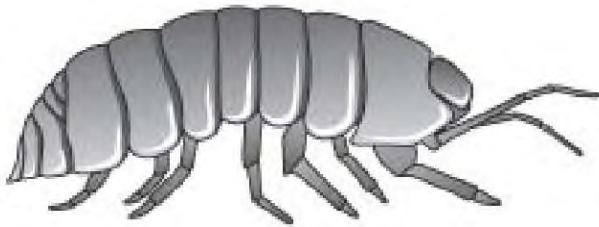
Как бы то ни было, предки китов и дельфинов были стопроцентными сухопутными млекопитающими, которые, конечно, галопировали через прерии, пустыни или тундры, изгибая позвоночник вверх-вниз. И когда они вернулись в море, они сохранили свое унаследованное движение спины вверх-вниз. Если змеи "плавают" на суше, дельфины

"галопируют" в море! Соответственно, хвост дельфина может поверхностно быть похожим на раздвоенный хвост дорадо, но он стоит горизонтально, тогда как хвостовой плавник дорадо расположен в вертикальной плоскости. Есть много других аспектов, в которых история дельфина написана повсюду в них, и я дойду до этого в главе с соответствующим названием.

Есть другие примеры, где поверхностное подобие настолько сильно, что кажется довольно трудно отвергнуть гипотезу "заимствования", но более близкое рассмотрение показывает, что мы должны это сделать. Животные могут выглядеть настолько подобными, что Вы ощущаете, что они должны быть связаны родством. Но затем оказывается, что сходства, хотя и впечатляющие, уступают различиям, если смотреть на все тело. "Свертывающиеся мокрицы" (см. выше) - знакомые маленькие существа с большим количеством ног, которые обычно сворачиваются в защитный шар, как броненосец. Действительно, это может быть источником латинского названия *Armadillidium*. Это название одной разновидности "свертывающихся мокриц", которая является ракообразным, точнее мокрицей, которая родственна креветкам, но живет на суше, где она выдает своих недавних водных предков тем, что дышит жабрами, которые нужно держать влажными. Но суть истории в том, что существует совершенно другая разновидность "свертывающихся мокриц", которая является вовсе не ракообразным, а многоножкой. Если посмотреть на них свернутыми, можно подумать, что они почти идентичны. Все же одна - измененная мокрица, в то время как другая - измененная (в том же направлении) многоножка. Если их развернуть и осмотреть тщательно, то сразу видно по крайней мере одно важное различие. У многоножки-броненосца две пары ног на большинстве сегментов, у мокрицы только один. Разве это не красиво, вся эта бесконечная модификация? Более детальный осмотр покажет, что в сотнях аспектов многоножка-броненосец действительно напоминает обычную многоножку. Сходство с мокрицей является поверхностным – конвергентным [сходящимся].



Многоножка



Мокрица

Почти любой зоолог, не являющийся специалистом, скажет, что череп на странице напротив принадлежит собаке. Специалист обнаружил бы, что это не настоящий череп собаки, отметив два заметных отверстия в небе. Они являются красноречивым признаком сумчатых, большой группы млекопитающих, в настоящее время существующих главным образом в Австралии. В действительности это череп тилацина, "тасманийского волка". Тилацины и настоящие собаки (например, динго, с которыми они конкурировали в Австралии и Тасмании) конвергентно пришли к очень схожему черепу, потому что у них (был, увы, в случае несчастного тилацина), схожий образ жизни.

Я уже упоминал великолепную фауну сумчатых млекопитающих Австралии в главе о географическом распространении животных. Вопрос, которого касается эта глава - многочисленные конвергенции между этими сумчатыми и большим спектром их аналогов среди "плацентарных" (то есть не сумчатых) млекопитающих, которые доминируют в остальном мире. Хотя далеко не идентично, даже во

внешних особенностях, каждое сумчатое на рисунке на обороте достаточно схоже со своим плацентарным аналогом – то есть с плацентарным, которое близко практикует ту же самую "профессию" – достаточно схоже, чтобы поразить Вас, но, конечно, не достаточно, чтобы предполагать "заимствование" создателем.



Череп 'сумчатого волка' или 'тасманийского тигра'

Половая перетасовка генов в генофонде может быть расценена как своего рода заимствование или совместное использование генетических "идей", но половая рекомбинация ограничена в пределах одного вида и поэтому не имеет отношения к этой главе о сравнениях между видами: например, о сравнении сумчатых и плацентарных млекопитающих. Интересно, что высокий уровень заимствования ДНК распространен среди бактерий. В процессе, иногда расцениваемом в качестве своего рода предшественника полового размножения, бактерии – даже связанные весьма отдаленным родством штаммы бактерий – обмениваются "идеями" ДНК с распутной развязностью. "Заимствование идей" – действительно один из главных способов, с помощью которых бактерии подхватывают полезные "трюки", такие как сопротивление отдельным антибиотикам.

Этот феномен часто именуют довольно бесполезным названием "трансформация". Все потому, что, когда он был обнаружен в 1928 году Фредериком Гриффитом, никто не понимал ДНК. Гриффит пришел к заключению, что невирулентный штамм стрептококка мог подхватить вирулентность от совершенно другого штамма, даже при том, что этот вирулентный штамм был мертв. В настоящее время мы сказали бы, что невирулентный штамм включил в свой геном часть ДНК от мертвого вирулентного штамма (ДНК не страшно быть "мертвой", это всего лишь закодированная информация). На языке этой главы невирулентный штамм "заимствовал" генетическую "идею" у патогенного штамма. Конечно, бактерии, заимствующие гены у других бактерий, это совсем другое дело, чем проектировщик, заимствующий свои собственные идеи из одной "темы" и вновь использующий их в другой теме. Однако, это интересно, потому что, если это было бы настолько распространено у животных, как у бактерий, это сделало бы более трудным опровержение гипотезы "заимствующего проектировщика". Что если бы летучие мыши и птицы вели себя как бактерии в этом отношении? Что если куски генома птицы могли бы быть переправлены, возможно, бактериальной или вирусной инфекцией, и внедрены в геном летучей мыши? Может быть, один вид летучей мыши мог бы внезапно вырастить перья, кодирующая перо информация ДНК была заимствована в генетическом варианте компьютерного "Копировать и Вставить".

Placentals

Anteater



Flying squirrel



Mole



Mouse



Ocelot



Wolf



Marsupials



Numbat



Flying phalanger



Marsupial mole

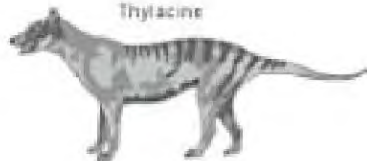


Pouched mouse

Quoll



Thylacine

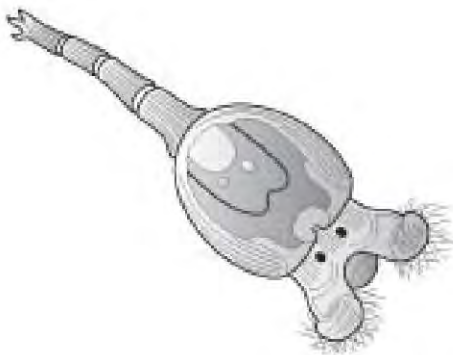


Плацентарные и сумчатые коллеги

У животных, в отличие от бактерий, передача генов, похоже, почти полностью ограничивается половыми актами в пределах вида. Действительно, вид может быть вполне удовлетворительно определен как ряд животных, которые участвуют в передаче генов

между собой. Если две популяции одного вида были разделены довольно долгое время, так что они больше не могут обмениваться генами половым способом (обычно после начального периода вынужденного географического разделения, как мы видели в Главе 9), мы теперь определяем их как отдельные виды, и они никогда не будут снова обмениваться генами, исключая вмешательство человеческих генных инженеров. Мой коллега Джонатан Ходжкин, профессор генетики в Оксфорде, знает только три условных исключения к правилу, что передача генов ограничена видами: у червей нематод, у плодовых мушек, и (гораздо значительно) у бделлоидных коловраток.

Эта последняя группа особенно интересна, потому что у них единственных среди крупных групп эукариот размножение бесполое. Могло ли случиться так, что они могли обойтись без полового размножения, потому что вернулись к древнему бактериальному способу обмениваться генами? Межвидовая передача генов, похоже, более обычна у растений. Паразитарное растение повилика (*Cuscuta*) служит донором генов для растения-хозяина, вокруг которого оно обвивается.



Бделлоидная коловратка

Я не определился в отношении политики ГМ-продуктов, разрываясь между потенциальными выгодами для сельского хозяйства с одной

стороны и инстинктами предосторожности с другой. Но один аргумент, который я не слышал прежде, стоит кратко упомянуть. Сегодня мы ругаем то, как наши предшественники ввозили виды животных в чужие земли только ради удовольствия. Американская серая белка была завезена в Британию бывшим герцогом Бедфорда: фривольная прихоть, которую мы теперь осознаем как пагубно безответственную. Интересно задаться вопросом, не будут ли таксономисты будущего сожалеть о том, как наше поколение балуется с геномами: переносит, например, гены "антифриза" из арктической рыбы в помидоры, чтобы защитить их от мороза. Ген, дающий медузам флуоресцентный свет, был заимствован у них учеными и вставлен в геном картофеля, в надежде на то, чтобы заставить его светиться, когда он нуждается в поливе. Я даже читал о "художнике", который планирует "композицию", состоящую из люминесцентных собак, светящихся с помощью генов медузы. Такое разращение науки во имя претенциозного "искусства" оскорбляет все мои чувства. Но не идет ли вред дальше? Могут ли эти фривольные капризы подорвать обоснованность будущих исследований эволюционного родства? В действительности, я сомневаюсь в этом, но, возможно, вопрос стоит, по крайней мере, поставить на обсуждение, в духе предосторожности. Вся суть принципа предосторожности, в конце концов, в том, чтобы сейчас избежать будущих последствий выбора и действий, которые могут не быть явно опасными.

РАКООБРАЗНЫЕ

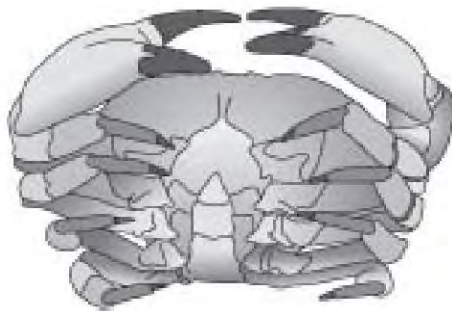
Я начал главу со скелета позвоночных, который является прекрасным примером неизменной схемы, связывающей изменчивые детали. Почти любая другая большая группа животных показала бы то же самое. Я возьму лишь еще один любимый пример: десятиногие ракообразные, группа, включающая омаров, креветок, крабов и

раков-отшельников. План строения тела всех ракообразных один и тот же. Тогда как наш скелет позвоночного состоит из твердых костей внутри в остальном мягкого тела, у ракообразных экзоскелет состоит из твердых трубок, внутри которых животное содержит и защищает свои мягкие части. Твердые трубки соединены и вращаются почти таким же образом, как наши кости. Представьте, например, тонкие шарниры в лапах краба или омара и более крепкий шарнир клешни. Мускулы, приводящие в действие зажимы большого омара, находятся в трубках, составляющих клешню. Аналогичные мускулы, заставляющие человеческую руку что-либо сжимать, прикреплены к костям, проходящим внутри пальцев.

Как и позвоночные, но в отличие от морских ежей или медуз, ракообразные лево/право- симметричны, с рядом сегментов, идущих вдоль тела от головы к хвосту. Сегменты одинаковы в своем общем плане, но часто отличаются деталями. Каждый сегмент состоит из короткой трубки, которая соединена, либо жестко, либо шарниром, с двумя соседними сегментами. Как и у позвоночных, органы и системы органов ракообразного показывают повторяющуюся картину, если двигаться спереди назад. Например, главный нервный ствол, проходящий вдоль тела на брюшной стороне (не на спинной стороне, как спинной мозг позвоночного), имеет пару ганглиев (что-то вроде мини-мозга) в каждом сегменте, от которых отрастают нервы, обслуживающие сегмент. Большинство сегментов имеют по конечности с каждой стороны, каждая конечность, снова же, состоит из ряда шарнирно соединенных трубок. Конечности ракообразных обычно заканчиваются разветвлением надвое, которую во многих случаях можно назвать клешней. Голова также сегментирована, хотя, как и голова позвоночного, сегментированность здесь более замаскирована, чем в остальных частях тела. Существует пять пар конечностей, спрятанных в голове, хотя могло бы показаться немного странным назвать их конечностями, так как они изменились, став антеннами или деталями челюстного аппарата. Их поэтому обычно называют придатками, а не конечностями. Более или менее

неизменно, пять сегментарных придатков головы, считая спереди, состоят из первых антенн (или антеннул), вторых антенн (часто называемых просто антеннами), нижней челюсти, первой верхней челюсти (или максиллы) и второй верхней челюсти. Антеннулы и антенны главным образом заняты опознаванием вещей. Нижние челюсти и максиллы заняты пережевыванием, размалыванием или иной обработкой пищи. Если продвигаться назад вдоль тела, сегментарные придатки или конечности довольно изменчивы, средние часто состоят из ходильных ног, в то время как те, что отрастают от последних сегментов, часто вынуждены служить другим вещам, таким как плавание.

У омара или креветки после обычных пяти сегментных придатков головы первые сегментные придатки - клешни. Следующие четыре пары - ходильные ноги. Сегменты, имеющие клешни и ходильные ноги, связаны вместе в грудь. Оставшуюся часть тела называют брюшком. Его сегменты, по крайней мере пока Вы не достигнете конца хвоста, это "плавательные ножки", перистые придатки, помогающие при плавании, весьма важные для некоторых утонченно изящных креветок. У крабов голова и грудь слились в одно большое целое, к которому прикреплены все первые десять пар конечностей. Брюшко загнуто в обратную сторону под головогрудь так, что его нельзя увидеть сверху вообще. Но если Вы перевернете краба, Вы можете ясно увидеть сегментный характер брюшка. Рисунок ниже показывает типичное узкое брюшко самца краба. Брюшко самки более широкое и напоминает передник, как его действительно называют. Рак-отшельник необычен тем, что его брюшко асимметрично (чтобы вписываться в пустую раковину моллюска, которая служит ему домом), мягкое и не покрыто панцирем (потому что раковина моллюска обеспечивает защиту).



Краб мужского пола показывает узкий, назад свернутый живот

Чтобы составить представление о том, как замечательно тела ракообразных модифицированы в деталях, в то время как сам план строения тела вообще не изменен, посмотрите напротив на ряд рисунков известного зоолога девятнадцатого века Эрнста Геккеля, вероятно, самого преданного ученика Дарвина в Германии (преданность не была взаимна, но даже Дарвин, конечно, восхищался изобразительным мастерством Геккеля). Так же, как со скелетом позвоночного, посмотрите на каждую часть тела этих крабов и речного рака, и увидите, что Вы неизменно обнаружите их точные аналоги во всех остальных. Каждая часть экзоскелета соединяется с "такими же" частями, но формы самих частей очень различны. Еще раз, "скелет" является неизменным, в то время как его части - вовсе нет. И еще раз, очевидное – я бы сказал единственное разумное – объяснение в том, что все эти ракообразные унаследовали план их скелета от общего предка. Отдельных их детали отлиты в богатое разнообразие форм. Но сам план остается точно таким же, как был унаследован от предка.

ЧТО Д^РАРСИ ТОМПСОН СДЕЛАЛ БЫ С КОМПЬЮТЕРОМ?

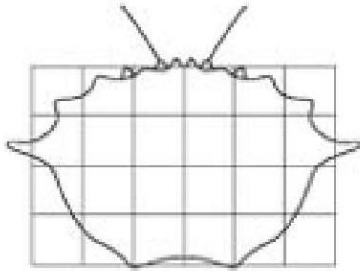
В 1917 году великий шотландский зоолог Д'Арси Томпсон написал книгу под названием "Рост и Форма", в последней главе которой он представил свой знаменитый "метод трансформации". Он чертил животное на миллиметровке, а затем искажал миллиметровку особым математически точно определяемым способом и показывал, что форма первоначального животного превратилась в другое, родственное животное. Вы можете представить первоначальную миллиметровку как кусок резины, на котором Вы рисуете свое первое животное. Потом преобразованная миллиметровка была бы эквивалентна тому же куску резины, растянутому или деформированному некоторым определенным математическим способом. Например, он взял шесть видов крабов и нарисовал одного из них, *Geuon*, на обычной миллиметровке (недеформированный лист резины). Затем он искажил свой математический "резиновый лист" пятью отдельными способами, чтобы достичь приблизительного изображения других пяти видов крабов. Математические детали не имеют значения, хотя они и восхитительны. Вы можете ясно видеть, что нужно не много, чтобы трансформировать одного краба в другой. Сам Д'Арси Томпсон не очень интересовался эволюцией, но нам легко представить, что должны были бы сделать генетические мутации, чтобы вызвать изменения подобные этим. Это не означает, что мы должны считать *Geuon* или любого другого из этих шести крабов предком других. Ни один из них им не был, и, в любом случае, дело не в этом. Дело в том, что независимо от того, на кого был похож предковый краб, преобразования подобного рода могли изменить любой из этих шести видов (или предполагаемого предка) в любой другой.



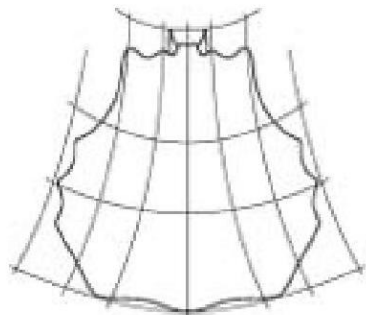
Ракообразные Хекеля. Эрнст Хекель был выдающимся немецким зоологом и превосходным художником-зоологистом.

Эволюция никогда не происходит через трансформацию одной взрослой формы в другую. Вспомните, что каждый взрослый растет как эмбрион. Отбираемые мутации работали в развивающемся эмбрионе, изменяя скорость роста частей тела относительно других частей. В Главе 7 мы представили эволюцию человеческого черепа

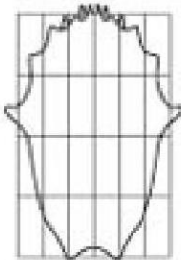
как ряд изменений в скорости роста некоторых частей относительно других частей, которыми управляют гены в развивающемся эмбрионе. Следует ожидать поэтому, что, если мы нарисуем человеческий череп на листе "математической резины", должна быть возможность деформировать эту резину некоторым математически изящным способом и достичь приблизительного сходства с черепом близкого кузена, такого как шимпанзе, или – вероятно, с большими искажениями – более дальнего родственника, такого как бабуин. И это именно то, что показал Д'Арси Томпсон. Снова же, заметьте, что это было произвольное решение нарисовать первым человеческий череп, а затем преобразовать его в череп шимпанзе и бабуина. Он мог бы с тем же успехом нарисовать, скажем, шимпанзе первым, а затем проработать необходимые искажения, чтобы создать череп человека и бабуина. Или, что более интересно для книги по эволюции, каковой не являлась его книга, он мог нарисовать, скажем, череп австралопитека сначала на недеформированной резине и вычислить, как ее преобразовать, чтобы сделать череп современного человека. Это, конечно, сработало бы точно так же, как и рисунки выше, но и имело бы эволюционное значение в более прямом смысле.



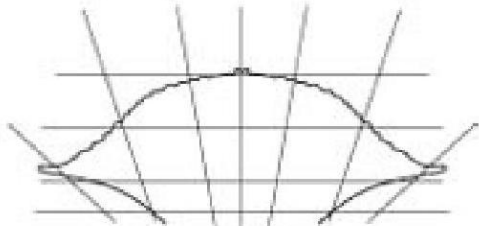
Geryon



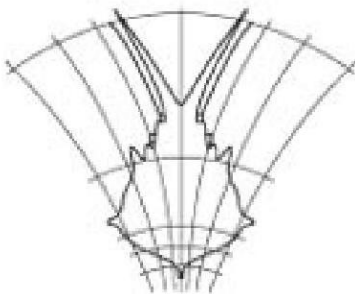
Paralomis



Corystes



Lupa

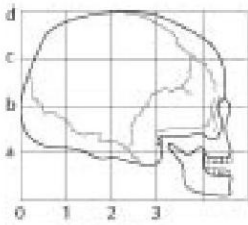


Scyramathia

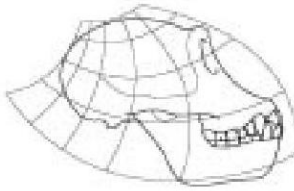


Chorinus

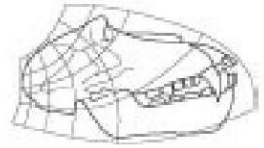
Д'Арси Томпсоновские 'преобразования' краба



human



chimpanzee



baboon

Д'Арси Томпсоновское 'преобразование' черепа

В начале этой главы я представил идею "гомологии", используя руки летучих мышей и людей в качестве примера. Потворствуя идиосинкретическому использованию языка, я сказал, что скелеты были идентичны, в то время как кости были различны. Преобразования Д'Арси Томпсона предоставляют нам способ сделать эту идею более четкой. Согласно этой формулировке, два органа – например, рука летучей мыши и рука человека – являются гомологичными, если можно нарисовать один на листе резины, а затем, деформировав резину, получить другой. У математиков есть для этого слово: "гомеоморфный".

В додарвиновские времена зоологи признавали гомологию, и предэволюционисты описывали, скажем, крылья летучей мыши и человеческие руки как гомологичные. Если бы они достаточно знали математику, то были бы счастливы использовать слово "гомеоморфные". В постдарвиновские времена, когда стало общепризнано, что летучие мыши и люди разделяют общего предка, зоологи начали определять гомологию в эволюционных терминах. Гомологичные подобию - подобию, унаследованные от общего предка. Слово "аналогичный" стало использоваться для подобию, обязанных общей функции, а не родословной. Например, крыло летучей мыши и крыло насекомого были бы описаны как аналогичные, в отличие от гомологичных крыла летучей мыши и человеческой руки. Если мы хотим использовать гомологию как свидетельство факта эволюции, мы не можем использовать эволюцию для ее определения. Поэтому

для этой цели удобно вернуться к предэволюционному определению гомологии. Крыло летучей мыши и человеческая рука гомеоморфны: Вы можете преобразовать одно в другое, деформируя резину, на которой оно нарисовано. Вы не можете преобразовать крыло летучей мыши в крыло насекомого таким же способом, потому что нет соответствующих частей. Широко распространенное существование гомеоморфизмов, которые определены не в терминах эволюции, может использоваться в качестве свидетельства эволюции. Нетрудно понять, как могла эволюция поработать над рукой любого позвоночного, чтобы преобразовать ее в руку любого другого позвоночного, просто изменяя относительные скорости роста у эмбриона.

С той поры, как я начал знакомиться с компьютерами, будучи аспирантом в 1960-ых, я задался вопросом, что Д'Арси Томпсон мог бы сделать с помощью компьютера. Вопрос стал насущным в 1980-ых, когда доступные компьютеры с экранами (в отличие от просто бумажных принтеров) стали распространенными. Рисование на растягиваемой резине, а затем искажение поверхность рисунка математическим способом – это просто умоляло о компьютерной обработке! Я рекомендовал Оксфордскому университету предложить грант, чтобы нанять программиста с целью запустить преобразования Д'Арси Томпсона на экране компьютера и сделать их доступными в смысле легкости в использовании. Мы получили деньги и наняли Уилла Аткинсона, первоклассного программиста и биолога, который стал моим другом и советчиком в моих собственных проектах программирования. Как только он решил трудную проблему программирования богатого набора математических искажений "резины", для него было относительно простой задачей включить это математическое колдовство в программу искусственного отбора в стиле биоморфов, подобно моим собственным программам "биоморфов", описанным здесь в Главе 2. Как и в моих программах, "игрока" сажали перед экраном, полным животных форм, и предлагали выбрать одного из них для "разведения", поколение за

поколением. Снова были "гены", которые сохранялись в течение поколений, и снова гены влияли на форму "животных". Но в данном случае способом, которым гены влияли на форму животных, было управление искажением "резины", на которой была нарисована форма животного. И потому теоретически должно было быть возможным начать, скажем, с черепа австралопитека, нарисованного на недеформированной "резине", и вывести Ваш путь среди существ со все более увеличивающимися черепами и все более короткими мордами – все более подобных человеку, другими словами. На практике оказалось очень сложно сделать нечто подобное, и я думаю, что этот факт сам по себе интересен.

Я предполагаю, одна причина, по которой это было сложно, в очередной раз, была в том, что преобразования Томпсона Д'Арси изменяют одну взрослую форму в другую взрослую форму. Как я подчеркнул в Главе 8, это не то, как работают гены в эволюции. У каждого отдельного животного есть история развития. Оно начинается как эмбрион и вырастает, за счет непропорционального роста различных частей тела, во взрослое. Эволюция - не генетически управляемое искажение одной взрослой формы в другую; это - генетически управляемое изменение в программе развития. Джулиан Хаксли (внук Томаса Генри и брат Олдоса) распознал это, когда вскоре после публикации первого издания книги Томпсона Д'Арси модифицировал "метод преобразований", чтобы изучить путь, которым ранние эмбрионы превращаются в более поздние или во взрослых. Это все, что я хочу сказать здесь о методе преобразований Д'Арси Томпсона. Я вернусь к этой теме в заключительной главе, чтобы выразить смежный момент.

Сравнительные свидетельства, как я предположил в начале этой главы, говорят даже более настойчиво, чем ископаемые свидетельства, в пользу факта эволюции. Сам Дарвин придерживался подобной точки зрения в конце своей главы в "Происхождении видов" "Взаимное родство органических существ":

Наконец, различные группы фактов, рассмотренные в этой главе, по-моему, столь ясно указывают, что бесчисленные виды, роды и семейства, населяющие земной шар, произошли каждый в пределах своего класса или группы от общих предков и затем модифицированы в процессе наследования, что я без колебаний принял бы этот взгляд, если бы даже он не был подкреплен другими фактами или аргументами.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СРАВНЕНИЯ

Чего не знал, не мог знать, Дарвин, что сравнительные свидетельства становится даже более убедительным, когда мы включаем молекулярную генетику, в дополнение к анатомическим сравнениям, имевшимся в его распоряжении.

Так же, как скелет позвоночного неизменен для всех позвоночных, в то время как отдельные кости отличаются, и так же, как экзоскелет ракообразного неизменен для всех ракообразных, в то время как отдельные "трубки" варьируются, так же и код ДНК неизменен для всех живых существ, в то время как сами отдельные гены варьируются. Это - действительно поразительный факт, который показывает яснее чем что-либо еще, что все живые существа происходят от одного предка. Не только сам генетический код, но и вся генно/протеиновая система для поддержания жизни, с которой мы имели дело в Главе 8, одна и та же во всех животных, растениях, грибах, бактериях, археях и вирусах. Изменяется то, что написано кодом, не сам код. И когда мы сравниваем то, что написано кодом – реальные генетические последовательности всех этих различных существ – мы обнаруживаем своего рода иерархическое дерево подобий. Мы обнаруживаем одно и то же генеалогическое дерево – хотя намного более тщательно и убедительно детализованное – как

мы делали со скелетом позвоночного, скелетом ракообразного, и, на самом деле, всей структурой анатомических подобий во всех царствах живого мира.

Если мы хотим высчитать, насколько близко связана любая пара видов – скажем, насколько близко еж к обезьяне – идеально было бы рассмотреть полные молекулярные тексты каждого гена обоих видов и сравнить до мельчайших подробностей, как ученый-библиист мог бы сравнить два свитка или фрагмента "Книги Пророка Исайи". Но это отнимает много времени и дорого. Проект "Геном человека" занял приблизительно десять лет, что соответствует многим человеко-столетиям. Хотя сейчас можно было бы достигнуть того же результата за долю того времени, это все еще будет большое и дорогостоящее предприятие, каким был бы и проект "Геном ежа". Как посадка на Луну "Аполлона" и как Большой Адронный Коллайдер (который был только что запущен в Женеве, как раз когда я пишу – гигантский размах этих международных усилий растрогал меня до слез при посещении), полная расшифровка человеческого генома - одно из тех достижений, которое заставляет меня гордиться, что я человек. Я рад, что теперь успешно завершён проект "Геном шимпанзе", и аналогично для различных других видов. Если существующий темп прогресса продолжится (см. "Закон Ходжкина" ниже), то скоро станет экономически осуществимо секвенировать геном каждой пары видов, чью близость родства мы бы захотели измерить. Пока, однако, по большей части мы должны прибегать к выборочному обследованию определенных частей их геномов, и оно работает вполне прилично.

Мы можем брать образцы нескольких выбранных генов (или белков, последовательности которых непосредственно транслированы с генов) и сравнивать их среди разных видов. Я подойду к этому через мгновение. Но есть другие способы взять своего рода грубую, автоматическую пробу, и технологии, чтобы это делать доступным уже более продолжительное время. Ранний метод, работающий

удивительно хорошо, использует иммунную систему кроликов (фактически можно использовать любое животное, какое Вам нравится, но кролики замечательно справляются с этой работой). Как часть естественной защиты тела против болезнетворных микроорганизмов, иммунная система кролика производит антитела против любого инородного белка, поступающего в кровоток. Так же, как Вы могли бы сказать, что у меня был коклюш, глядя на антитела в моей крови, так же Вы можете сказать, чему подвергался кролик в прошлом, глядя на его иммунный ответ в настоящее время. Нынешние антитела в кролике составляют историю естественных потрясений, которую наследует его плоть – включая искусственно вводимые белки. Если Вы введете, скажем, белок шимпанзе в кролика, то антитела, которые кролик произведет, впоследствии атакуют тот же самый белок, если он будет введен снова. Но предположим, что Ваша вторая инъекция содержит эквивалентный белок, не шимпанзе, а гориллы? Кролик, предварительно подвергнутый белку шимпанзе, будет частично вооружен против версии гориллы, но реакция будет более слабой. И он также будет вооружен против версии белка кенгуру, но реакция будет еще более слабой, учитывая, что кенгуру связан намного менее близким родством с подготовившим его шимпанзе, чем горилла. Сила иммунного ответа кролика на последующую инъекцию белка является мерой подобия этого белка с оригиналом, которому был первоначально подвергнут кролик.

Именно этим методом, используя кроликов, Винсент Сарич и Аллан Уилсон из Калифорнийского Университета в Беркли продемонстрировали в 1960-ых, что люди и шимпанзе связаны намного более близким родством друг с другом, чем кто-либо ранее себе представлял. Есть также методы, которые используют сами гены, непосредственно сравнивая их среди видов, вместо того чтобы сравнить белки, которые они кодируют. Один из самых старых и самый эффективный из этих методов называют гибридизацией ДНК. Гибридизация ДНК обычно стоит за теми высказываниями, которые

можно часто услышать, типа: "У людей и шимпанзе общие 98 процентов их генов". Между тем, есть некоторая путаница, как раз относительно того, что имеется в виду под числами процентов, такими как эти. Девяносто восемь процентов чего идентично? Точное число зависит от того, насколько большими единицами мы считаем. Простая аналогия ясно дает это понять, и она делает это интересным способом, поскольку различия между аналогией и реальной вещью являются столь же показательными, как и сходства. Предположим, что у нас есть два варианта одной и той же книги, и мы хотим их сравнить. Скажем, это "Книга пророка Даниила", и мы хотим сравнить каноническую версию с древним свитком, который был только что обнаружен в пещере на берегу Мертвого моря. Сколько процентов глав двух книг идентично? Вероятно, ноль, для этого нам требуется только одно несоответствие где-нибудь во всей главе, чтобы сказать, что эти две не идентичны. Какой процент их предложений идентичен? Процент теперь будет намного выше. Еще выше будет процент идентичных слов, потому что у слов меньше букв, чем у предложений – меньше возможностей разрушить идентичность. Но подобие слова все еще нарушается, если любая из букв в слове отличается. Поэтому, если Вы выровняете рядом два текста и сравните их буква за буквой, процент идентичных букв будет еще выше, чем процент идентичных слов. Таким образом, оценка типа "98 процентов общего" ничего не означает, если мы не определим размер единиц, которые мы сравниваем. Считаем ли мы главы, слова, буквы или что? И то же самое верно, когда мы сравниваем ДНК двух видов. Если сравнивать целые хромосомы, процент - ноль, потому что требуется лишь одно крошечное различие где-нибудь на протяжении хромосом, чтобы определить хромосомы как различные.

Часто упоминаемое число приблизительно 98 процентов общего генетического материала людей и шимпанзе фактически не относится ни к числу хромосом, ни к числу целых генов, а к числу "букв" ДНК (технически пар оснований), идентичных друг другу в

соответствующих генах человека и шимпанзе. Но есть подвох. Если Вы производите выравнивание наивно, то недостающая буква (или добавленная), в отличие от ошибочной буквы, приведет к несоответствию всех последующих букв, потому что все они тогда будут сдвинуты на шаг, опережая одна другую (пока не будет ошибки в противоположном направлении, чтобы снова вернуть их к синхронности). Несомненно, несправедливо позволять оценке несоответствий быть преувеличенной таким образом. Глаз ученого, просматривая два свитка "Книги пророка Даниила", автоматически справляется с этим трудно переводимым в цифры способом. Как мы можем сделать это с ДНК? Здесь мы оставим нашу аналогию с книгами и свитками и перейдем прямо к самой вещи, потому что оказывается сама вещь – ДНК – легче понять, чем аналогию!

Если Вы постепенно нагреваете ДНК, наступает момент – где-то около 85°C – когда связь между двумя нитями двойных спиралей разрывается, и две спирали разделяются. Вы можете представить 85°C , или неважно какую получившуюся температуру, как "точку плавления". Если Вы позволите ей снова остыть, каждая одинарная спираль спонтанно снова соединится с другой одинарной спиралью или фрагментом одинарной спирали, везде, где найдет фрагмент, с которым она может соединиться, используя обычные для двойной спирали правила комплементарности пар оснований. Можно подумать, что это всегда будет партнер, от которого она только что отделилась и которому, конечно, она полностью соответствует. Действительно так может быть, но обычно все не столь гладко. Фрагменты ДНК найдут другие фрагменты, с которыми они могут соединиться, и это обычно не будут в точности их первоначальные партнеры. И действительно, если Вы добавите разделенные фрагменты ДНК другого вида, фрагменты одинарных нитей вполне способны соединиться с фрагментами одинарных нитей неправильного вида, точно так же, как они соединятся с одиночными нитями правильного вида. Почему бы и нет? Это замечательное следствие переворота в молекулярной биологии Крика и Уотсона, что

ДНК - всего лишь ДНК. Она не "заботится" о том, является ли она человеческой ДНК, ДНК шимпанзе или ДНК яблока. Фрагменты охотно соединяются с комплементарными фрагментами везде, где они их находят. Однако прочность связи не всегда одинакова. Однонитевые куски ДНК связываются сильнее с соответствующей одинарной нитью, чем с менее подобными одинарными нитями. Причина в том, что больше "букв" ДНК ("оснований" Уотсона и Крика) оказываются напротив партнеров, с которыми они не могут соединиться. Связь между нитями поэтому ослаблена – как у застежки-молнии с недостающими некоторыми зубьями.

Как нам измерить эту прочность связи, после того, как фрагменты от различных видов нашли друг друга и объединились? До смешного простым методом. Мы определяем "точку плавления" связей. Помните, я говорил, что точка плавления двухспиральной ДНК около 85°C. Это верно для нормальной, должным образом согласующейся двухспиральной ДНК, как, например, когда нить человеческой ДНК "отплавлена" от комплементарной нити человеческой ДНК. Но когда связь слабее – как например, когда человеческая нить соединяется с нитью шимпанзе – достаточно немного более низкой температуры, чтобы разорвать эту связь. И когда человеческая ДНК связывается с ДНК более дальнего родственника, такого как рыба или жаба, достаточно еще более низкой температуры, чтобы их разделить. Различие между точкой плавления, когда одна нить связана к другой нитью своего собственного вида, и точкой плавления, когда она связана с нитью другого вида, является нашей мерой генетического расстояния между двумя видами. Как практическое правило, уменьшение на каждый 1° Цельсия "точки плавления" приблизительно равноценно снижению на 1 процент количества соответствий букв ДНК (или увеличению на 1 процент числа недостающих зубьев в застежке-молнии).

В этом методе есть осложнения, в которые я не вдавался, и хитрые проблемы, для которых есть изобретательные решения. Например,

если смешать ДНК человека с ДНК шимпанзе, то большая часть фрагментированной человеческой ДНК соединится с другими фрагментами человеческой ДНК, а большая часть ДНК шимпанзе соединится со своей же. Как отделить гибридную ДНК, чью "точку плавления" Вы действительно хотите определить, от "однородной" ДНК? Ответом является умная уловка, предусматривающая предварительную радиоактивную маркировку. Но эти детали увели бы нас слишком далеко от нашего пути. Суть здесь в том, что гибридизация ДНК - это техника, которая приводит ученых к цифрам, вроде 98 процентов генетического сходства между людьми и шимпанзе, и она приводит к очевидно более низким процентам, если перейти к парам животных, связанных более отдаленным родством.

Новейший метод измерения подобия между парой соответствующих генов различных видов является наиболее прямым и самым дорогим: фактически чтением последовательности букв непосредственно в генах, используя те же методы, которые применялись в проекте "геном человека". Хотя все еще дорого сравнивать весь геном, можно получить хорошее приближение, сравнивая выборку генов, и это теперь делается все чаще.

Какой бы ни была техника, которую мы используем для измерения подобия между двумя видами, будь то антитела кролика, или точки плавления, или прямое секвенирование, следующий шаг в значительной степени одинаков. Получив отдельное число, отображающее подобие между каждой парой видов, мы затем заносим эти числа в таблицу. Возьмите ряд видов и напишите их названия в одном и том же порядке, как во главе колонок, так и во главе строк. Затем занесите проценты подобия в соответствующие ячейки. Таблица будет треугольной (половиной квадрата), потому что, например, процент подобия между человеком и собакой будет таким же, как подобие между собакой и человеком. Так, если заполнить во всей квадратной таблице каждую из этих двух половин, любая сторона диагонали зеркально отразила бы другую.

Теперь, каких результатов нам следует ожидать? Согласно эволюционной модели можно прогнозировать, что более высокая оценка будет помещена в ячейку, соединяющую человека и шимпанзе; более низкая - в ячейку, соединяющую человека и собаку. В ячейке человека/собаки должна теоретически быть оценка, идентичная подобию в ячейке шимпанзе/собаки, потому что у людей и шимпанзе совершенно одинаковая степень родственных отношений с собаками. Она также должна быть идентичной и ячейкам обезьяны/собаки и лемура/собаки. Ведь люди, шимпанзе, обезьяны и лемуры, все связаны с собакой через их общего предка, древнего примата (который, вероятно, немного был похож на лемура). Та же самая оценка должна обнаружиться в ячейках человека/кошки, шимпанзе/кошки, обезьяны/кошки и лемура/кошки, потому что кошки и собаки связаны со всеми приматами через общего предка всех хищных. Должна быть намного более низкая оценка – в идеале одинаково низкая – во всех ячейках, объединяющих, скажем, кальмара с любым млекопитающим. И не должно иметь значения, какое выбрано млекопитающее, так как все они одинаково отдалены от кальмара.

Таковы строгие теоретические ожидания, и нет никакой причины, почему на практике они не должны были нарушаться. Если бы они были нарушены, то это было бы свидетельством против эволюции. То, что происходит фактически, оказывается - в пределах статистической погрешности – именно тем, что мы должны ожидать при условии, что эволюция имела место. Это все равно, что сказать, что, если нанести генетические расстояния между парами видов на ветви дерева, все удовлетворительно складывается. Конечно, складывается не совсем безупречно. Числовые расчеты в биологии редко реализуются с более чем приблизительной точностью.

Свидетельства от сравнения ДНК (или белка) может быть использовано, чтобы решить – исходя из эволюционного предположения – какие пары животных являются более близкими

кузенами, чем другие. Что превращает их в чрезвычайно сильное свидетельство эволюции - так это возможность построить дерево генетических подобий отдельно для каждого гена поочередно. И важный результат состоит в том, что каждый ген приводит к приблизительно тому же дереву живого. Еще раз, это именно то, что ожидалось бы, если бы Вы имели дело с истинным генеалогическим деревом. Это не то, что ожидалось бы, если бы проектировщик оглядел весь животный мир и выискал и выбрал – или "заимствовал" – лучшие белки для работы, везде, где бы они ни находились в животном мире.

Самое раннее крупномасштабное исследование в этом направлении было проведено группой генетиков в Новой Зеландии во главе с профессором Дэвидом Пенни. Группа Пенни взяла пять генов, которые, хотя и не идентичны у всех млекопитающих, были достаточно подобны, чтобы заслужить у всех одно и то же название. Детали не имеют значения, но, во избежание недоразумений, эти пять генов были генами гемоглобина А, гемоглобина В (гемоглобины придают крови ее красный цвет), фибринопептида А, фибринопептида В (фибринопептиды используются в свертывании крови), и цитохрома С (который играет важную роль в клеточной биохимии). Они выбрали одиннадцать млекопитающих для сравнения: макаку-резус, овцу, лошадь, кенгуру, крысу, кролика, собаку, свинью, человека, корову и шимпанзе.

Пенни и его коллеги размышляли статистически. Они хотели вычислить вероятность того, что по чистой случайности две молекулы привели бы к одному и то же генеалогическому дереву, если бы эволюция не была реальностью. Таким образом, они попытались представить себе все возможные деревья, которые могли закончиться одиннадцатью потомками. Это удивительно большое число. Даже если Вы ограничитесь "двоичными деревьями" (то есть деревьями с ветвями, которые разделяются только надвое – а не натрое или больше), общее количество возможных деревьев составит

больше чем 34 миллиона. Ученые терпеливо нашли каждое из этих 34 миллионов деревьев и сравнили каждое с каждым из остальных 33 999 999 деревьев. Нет, конечно они этого не делали! Это заняло бы слишком много компьютерного времени. Однако они разработали разумное статистическое приближение, сокращенный аналог этих титанических расчетов.

Вот как этот метод приближения работает. Они взяли первый из тех пяти генов, скажем, гемоглобин-А (во всех случаях я использую название белка, чтобы обозначить ген, который кодирует этот белок). Из всех тех миллионов деревьев они хотели найти наиболее "экономное" в отношении гемоглобина-А. Экономное здесь означает "требующее предположить минимальное число эволюционных изменений". Например, все те тысячи деревьев, предполагавших, что наиболее близкий кузен человека был кенгуру, в то время как люди и шимпанзе связаны более отдаленным родством, оказались очень неэкономными деревьями: они должны были предположить множество эволюционных изменений, чтобы привести к результату, что у кенгуру и людей был недавний общий предок. Вердикт гемоглобину-А был в таком духе:

Это ужасно неэкономное дерево. Мало того, что нужно было бы выполнить много мутационной работы, чтобы закончить со столькими различиями в людях и кенгуру, несмотря на наше близкое родство, предполагаемому этим деревом, также нужно было бы проделать много мутационной работы в другом направлении, чтобы гарантировать, что, несмотря на их большое расхождение на этом конкретном дереве, люди и шимпанзе каким-то образом оказались обладателями столь схожего гемоглобина-А. Я голосую против этого дерева.

Гемоглобин-А выносит вердикты такого рода, некоторые более благоприятные, чем другие, каждому из этих 34 миллионов деревьев,

и, наконец, приходит к выбору нескольких дюжин деревьев высокого ранга. О каждом из этих высокоранговых деревьев гемоглобин-А мог бы сказать примерно так:

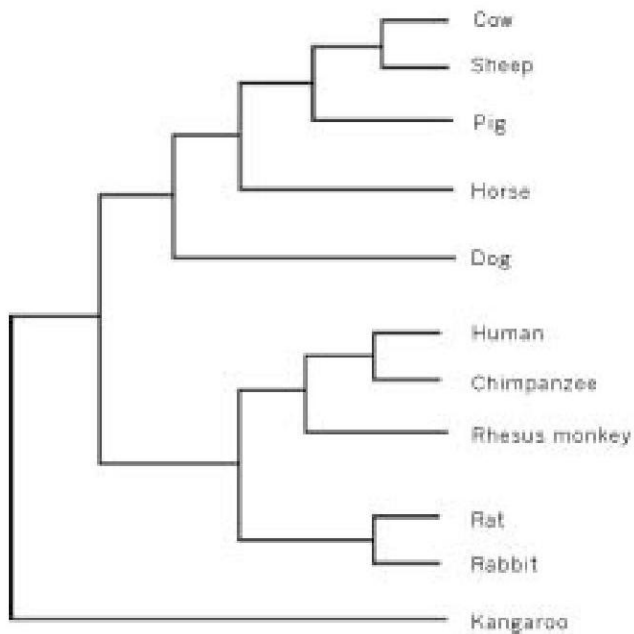
Это дерево определяет людей и шимпанзе как близких кузенов, и оно определяет овец и коров как близких кузенов, и оно помещает кенгуру на отдельную ветвь. Оно оказалось очень хорошим деревом, потому что почти не заставляет делать какую-либо мутационную работу вообще, чтобы объяснить эволюционные изменения. Это - на диво экономное дерево. Оно получило голос гемоглобина-А!

Конечно, было бы хорошо, если бы гемоглобин-А и каждый другой ген могли бы предложить единственное дерево максимальной экономичности, но мы слишком многого хотим. Среди этих 34 миллионов деревьев ожидается только, что несколько слегка различных деревьев должны конкурировать за высокий рейтинг по гемоглобину-А.

А как насчет гемоглобина-В? Как насчет цитохрома-С? Каждый из этих пяти белков имеет право на свое собственное отдельное голосование, чтобы выявить свои собственные предпочтительные (то есть наиболее экономные) деревья из числа тех 34 миллионов деревьев. Для цитохрома-С было бы вполне возможно прийти к совершенно другим результатам голосования за наиболее экономное дерево. Могло бы оказаться, что цитохром-С людей действительно очень похож на цитохром-С кенгуру и очень отличается от такового у шимпанзе. Далеко не приветствующий соединение в близкую пару овец и коров, обнаруженную гемоглобином-А, цитохром-С мог бы обнаружить, что едва ли нужны мутации вообще, чтобы разместить овец очень близко, скажем, к обезьянам, и чтобы разместить коров очень близко к кроликам. Согласно гипотезе творения, нет никакой причины, почему этого не должно происходить. Но что фактически

обнаружили Пенни и его коллеги, это удивительно высокое согласование среди всех пяти белков (и они использовали еще более умную статистику, чтобы показать, насколько маловероятно случайное возникновение такого согласования). Все пять белков "голосовали" практически за одно и то же подмножество деревьев из числа 34 миллионов возможных деревьев. Это, конечно, именно то, что мы ожидали бы при условии, что действительно есть только одно истинное дерево, связывающее все одиннадцать животных, и что это - генеалогическое дерево: дерево эволюционного родства. Кроме того, это дерево согласия, за которое голосовали все эти пять молекул, оказалось тем же, которое зоологи уже вывели на анатомических и палеонтологических, не молекулярных, основаниях.

Исследование Пенни было опубликовано в 1982 году, довольно недавно. Прошедшие годы видели обширное увеличение подробных свидетельств на основании точных последовательностей генов большого числа видов животных и растений. Согласованность по большинству экономных деревьев теперь простирается далеко за пределы одиннадцати видов и пяти молекул, которые изучал Пенни и его коллеги. Их исследование было только хорошим примером, очень сильным, как доказали их статистические свидетельства. Общая сумма информации о генетических последовательностях, доступных теперь, не оставляет по этому вопросу никаких мыслимых сомнений. Намного более убедительные, даже чем (также очень убедительные) ископаемые свидетельства, свидетельства от сравнений генов сходятся, быстро и решительно, на единственном великом дереве живого. Выше помещено дерево для одиннадцати видов исследования Пенни, которое представляет собой современное всеобщее голосование многих различных частей генома млекопитающих. Устойчивость согласованности между всеми различными генами в геноме вселяет в нас уверенность не только в исторической точности самого консенсусного дерева, но также в факт, что эволюция имела место.



Фамильное древо для 11 разновидностей Пенни

Если молекулярная генетическая технология продолжит расширяться с ее нынешней экспоненциальной скоростью, то году к 2050 получить полную последовательность генома животного будет дешево и быстро, едва ли не труднее, чем измерить его температуру или его кровяное давление. Почему я говорю, что генетическая технология развивается по экспоненте? Может мы даже могли бы ее измерить? Есть аналог с компьютерной технологией, названный Законом Мура. Названный в честь Гордона Мура, одного из основателей компании компьютерных микросхем Intel, он может быть выражен различными способами, потому что несколько показателей компьютерной мощности связаны друг с другом. Один вариант закона утверждает, что количество модулей, которые могут быть упакованы в интегральную схему заданного размера, удваивается за срок от восемнадцати месяцев до двух лет или около того. Это - эмпирический закон, что означает, что он не выводится из некоторой теории, а просто оказывается действительным, когда Вы

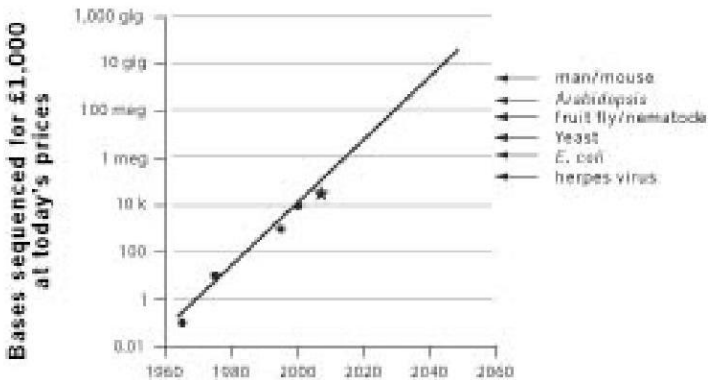
оцениваете данные. Он справедлив уже в течение приблизительно пятидесяти лет, и многие эксперты думают, что так будет в течение по крайней мере еще нескольких десятилетий. Другие экспоненциальные тенденции с подобным удвоением во времени, которые могут быть расценены как версии Закона Мура, включают увеличение скорости вычислений и размера памяти в расчете на единицу стоимости. Экспоненциальные тенденции всегда приводят к потрясающим результатам, как продемонстрировал Дарвин, когда при помощи своего сына, математика Джорджа, он взял слона как пример медленно размножающегося животного и показал, что лишь через несколько столетий неограниченного экспоненциального роста потомки всего одной пары слонов покрыли бы землю. Само собой разумеется, рост популяции слонов на практике не экспоненциален. Он ограничен конкуренцией за пищу и пространство, болезнями и многим другим. Это действительно было самым главным для Дарвина, поскольку здесь вступает естественный отбор.

Но Закон Мура действительно остается в силе, по крайней мере приблизительно, уже в течение пятидесяти лет. Хотя ни у кого нет особо четкого представления почему, различные показатели компьютерной мощности на практике фактически увеличивались по экспоненте, тогда как тенденция слона Дарвина экспоненциальна только теоретически. Мне пришло на ум, что может существовать подобный закон в отношении генетической технологии и секвенирования ДНК. Я подсказал это Джонатану Ходжкину, оксфордскому профессору генетики (который когда-то был моим студентом-воспитанником). К моему восхищению оказалось, что он уже думал об этом – и измерил это при подготовке к лекции в своей старой школе. Он оценил стоимость секвенирования ДНК стандартной длины для четырех дат в истории, 1965, 1975, 1995 и 2000 года. Я перевел его числа в "отдачу от вложенных средств", или в то, "сколько ДНК можно секвенировать за 1 000 £?" Я подготовил иллюстрации в логарифмическом масштабе, выбранном, потому что экспоненциальная тенденция всегда выявляется как прямая линия,

когда она построена в логарифмическом масштабе. Достаточно уверенно четыре точки Ходжкина довольно хорошо ложатся на прямую линию. Я построил линию по этим точкам (по технике линейной регрессии, см. примечание на стр. 112), а затем взял на себя смелость спроецировать ее на будущее. Позже, как раз когда эта книга собиралась в печать, я показал этот раздел профессору Ходжкину, и он сообщил мне новые данные, которые он знал: геном утконоса, который был секвенирован в 2008 году (утконос - хорошая кандидатура из-за своего стратегического положения на древе живого: его общий с нами предок, жил 180 миллионов лет назад, что почти в три раза раньше вымирания динозавров). Я нарисовал точку утконоса как звездочку на графике, и можно видеть, что она вполне точно ложится рядом с намеченной линией, которая была вычислена на основании более ранних данных.

Наклон линии для того, что я теперь называю (без разрешения) Законом Ходжкина, только немного меньше, чем для Закона Мура. Время удвоения немного больше, чем два года, тогда как время удвоения в Законе Мура немного меньше двух лет. Технология ДНК сильно зависит от компьютеров, таким образом, будет хорошим предположением, что Закон Ходжкина, по крайней мере частично, зависит от Закона Мура. Стрелки справа указывают размеры генома различных существ. Если следовать за стрелкой влево, пока она не достигнет наклонной линии Закона Ходжкина, можно прочесть оценку, когда будет возможно секвенировать геном такого же размера как у рассматриваемого существа всего за 1 000 £ (по сегодняшним деньгам). Для генома размером с геном дрожжей мы должны ожидать всего лишь приблизительно до 2020 года. Для нового генома млекопитающего (насколько можно судить по таким примерным вычислениям, все млекопитающие требуют одинаковых затрат), предполагаемая дата - чуть ранее 2040 года. Это волнующая перспектива: массивная база данных последовательностей ДНК, полученная дешево и легко из всех уголков животного и растительного царств. Подробное сравнение ДНК заполнит все

пробелы в нашем знании о фактическом эволюционном родстве каждого вида с любым другим: мы узнаем с полной уверенностью все генеалогическое дерево всех живых существ. Кто знает, как мы его начертим; оно не впишется ни в какой лист бумаги практического размера.



Linear regression fitted to four data points, then extrapolated to 2050

‘Закон Ходжкина’

Наиболее масштабная попытка в этом направлении до настоящего времени была сделана группой, связанной с Дэвидом Хиллисом, братом Дэнни Хиллиса, который был основателем одного из первых суперкомпьютеров. Схема Хиллиса делает диаграмму дерева более компактной, оборачивая ее по кругу. Вы не увидите промежутка, где два конца почти встречаются, но он находится между "бактериями" и "археями". Чтобы понять, как работает эта круговая диаграмма, посмотрите на очень упрощенную версию, татуированную на спине доктора Клэр Д"алберто из университета Мельбурна, зоологический энтузиазм которой далеко не поверхностен. Клэр любезно позволила мне воспроизвести фотографию в этой книге (см. цветную страницу 25). Ее татуировка включает маленькую выборку из восьмидесяти шести видов (число конечных ветвей). Вы можете видеть промежуток в круглой диаграмме, и представить себе круг развернутым. Меньшее число рисунков вокруг края стратегически

выбрано из бактерий, протозоев, растений, грибов, и четырех типов животных. Позвоночные животные представлены справа листовым морским драконом, удивительной рыбой, защищаемой своим сходством с морскими водорослями. Круглая диаграмма Хиллиса такая же, за исключением того, что в ней три тысячи видов. Их названия, представленные вокруг внешнего края круга выше, слишком маленькие, чтобы прочесть – хотя *Homo sapiens* услужливо отмечен "Вы здесь". Вы можете составить представление, насколько разрежена выборка дерева даже в этой огромной диаграмме, если я скажу Вам, что самые близкие родственники людей, которые могли быть вписаны в круг, это крысы и мыши. Млекопитающие должны бы были быть существенно прорежены, чтобы соответствовать степени охвата во всех других ветвях дерева. Только представьте себе попытки начертить подобное дерево с десятью миллионами видов вместо этих трех тысяч, охваченных здесь. И десять миллионов - не самая радикальная оценка количества существующих видов. Стоит скачать дерево Хиллиса с его вебсайта (см. сноски), а затем напечатать его в виде настенного плаката на листе бумаги, который, как они рекомендуют, должен быть по крайней мере 54 дюйма шириной (хорошо бы еще больше).

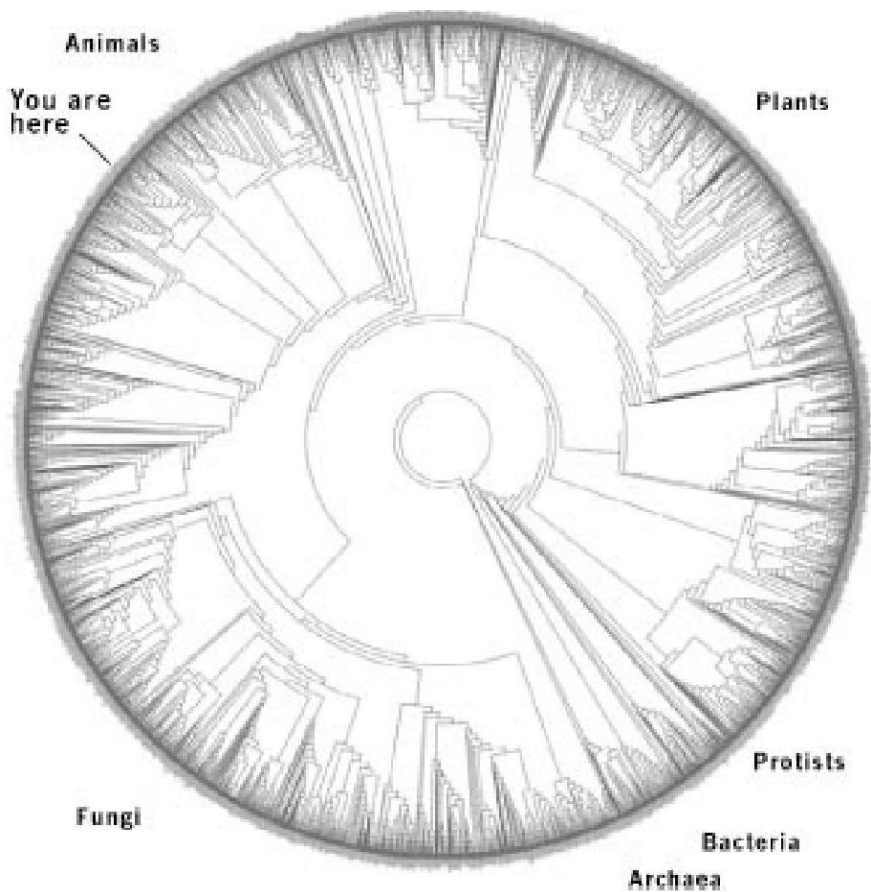


График Хиллиса

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЧАСЫ

Теперь, когда мы заговорили о молекулах, у нас осталось незавершенное дело из главы про эволюционные часы. Там мы рассмотрели годичные кольца и различные виды радиоактивных часов, но мы отсрочили рассмотрение так называемых молекулярных часов, пока не узнаем о некоторых других аспектах молекулярной генетики. Время пришло. Думайте об этом разделе как о приложении к главе про часы.

Молекулярные часы исходят из того, что эволюция истинна, и что она продолжается с довольно постоянной скоростью в течение геологического времени, чтобы использоваться сама по себе как часы, при условии, что она может быть откалибрована, используя окаменелости, которые в свою очередь калиброваны радиоактивными часами. Так же, как свечные часы предполагают, что свечи сгорают с постоянной и известной скоростью, а водяные часы предполагают, что вода вытекает из ведра со скоростью, которая может быть откалибрована, а высокие напольные часы с маятником предполагают, что маятник качается с постоянной скоростью, так же молекулярные часы предполагают, что существуют определенные аспекты самой эволюции, которые происходят с постоянной скоростью. Эта постоянная скорость может быть откалибрована по тем частям эволюционной летописи, которая хорошо задокументирована (доступными датированию по радиоактивности) ископаемыми. После калибровки молекулярные часы могут использоваться для других частей эволюции, которые не задокументированы ископаемыми. Например, они могут использоваться для животных, которые не имеют твердых скелетов и редко фоссилизуются.

Хорошая идея, но что дает нам право надеяться, что мы найдем эволюционные процессы, которые бы шли с постоянной скоростью? Действительно, многие свидетельства предполагают, что скорости эволюции очень различаются. Задолго до современной эры молекулярной биологии Дж.Б.С.Холдейн предложил "дарвин" в качестве меры эволюционной скорости. Предположим, что за эволюционное время некоторая измеряемая черта животного изменяется в устойчивом направлении. Например, предположим, что средняя длина ног увеличивается. Если в течение миллиона лет длина ног увеличивается в e раз (2.718..., число, выбранное по причинам математического удобства, во что нам вникать не нужно), то говорят, что скорость эволюционного изменения равна одному дарвину. Сам Холдейн оценил скорость эволюции лошади приблизительно в 40

милидарвинов, в то время как эволюция домашних животных при искусственном отборе предположительно измеряется килодарвинами. Скорость эволюции гуппи, пересаженных в ручей без хищников, как описано в Главе 5, была оценена в 45 килодарвинов. Эволюция "живых ископаемых", таких как *Lingula* (страница 140), должна, вероятно, измеряться в микродарвинах. Вы поняли: скорости эволюции того, что можно увидеть и измерить, вроде ног и клювов, весьма изменчивы.

Если скорости эволюции настолько изменчивы, каким образом мы можем надеяться использовать их в качестве часов? Здесь приходит на помощь молекулярная генетика. На первый взгляд не ясно, как такое может быть. Когда измеряемые черты, такие как длина ноги, эволюционируют, то, что мы видим, является внешним и явным проявлением лежащего в их основе генетического изменения. Как тогда может быть, что скорости изменений на молекулярном уровне обеспечивают хорошие часы, в то время как скорость эволюции ноги или крыла -нет? Если ноги и клювы подвергаются изменению со скоростью в пределах от микродарвинов до килодарвинов, почему молекулы должны быть более надежными в качестве часов? Ответ в том, что генетические изменения, проявляющиеся во внешней и видимой эволюции – такие как ноги и руки – являются очень маленькой верхушкой айсберга, и они - верхушка, подверженная существенному влиянию переменчивого естественного отбора. Большинство генетических изменений на молекулярном уровне нейтрально и, можно поэтому ожидать, происходит со скоростью, не зависящей от полезности, и может даже быть приблизительно постоянной в пределах отдельно взятого гена. Нейтральное генетическое изменение не оказывает никакого воздействия на выживание животного, а это - полезная верительная грамота для часов. Ведь гены, которые влияют на выживание, положительно или отрицательно, как ожидается, эволюционируют с измененной скоростью, отражающей это.

Когда нейтральная теория молекулярной эволюции была впервые предложена, среди прочих, великим японским генетиком Моту Кимурой, она была спорной. Один ее вариант теперь получил широкое признание и, не вдаваясь здесь в подробные доказательства, я собираюсь принять его в этой книге. Поскольку я имею репутацию архи-"адапциониста" (предположительно помешанного на естественном отборе как главной или даже единственной движущей силой эволюции), Вы можете быть уверены, что, если даже я поддерживаю нейтральную теорию, маловероятно, что многие другие биологи выступят против нее!

Нейтральная мутация - мутация, которая, хотя и легко измерима молекулярно-генетическими методами, не подлежит естественному отбору, ни положительному, ни отрицательному. "Псевдогены" нейтральны по одной причине. Они являются генами, которые когда-то делали что-то полезное, но теперь отодвинуты в сторону и никогда не транскрибируются или не транслируются. Для благополучия животного их с таким же успехом могло бы не существовать вообще. Но с точки зрения ученых, они очень даже существуют, и они - именно то, что нам нужно для эволюционных часов. Псевдогены - только один класс тех генов, которые никогда не транслируются в эмбриологии. Существуют и другие классы, которым ученые отдают предпочтение для молекулярных часов, но я не буду вдаваться в подробности. Для чего полезны псевдогены - так это чтобы ставить в неловкое положение креационистов. Они испытывают даже их креативную изобретательность, чтобы придумать убедительную причину, почему разумный проектировщик должен был создать псевдоген - ген, который абсолютно ничего не делает и всячески создает видимость того, что он - устаревшая версия гена, который некогда что-то делал - разве что, если только он нарочно не задался целью нас одурачить.

Оставляя в стороне псевдогены, существует замечательный факт, что с тем же успехом можно было бы обойтись без большей части генома

(95 процентов в случае людей). Нейтральная теория применима даже ко многим из генов из оставшихся 5 процентов – генам, которые читаются и используются. Она применима даже к генам, жизненно важным для выживания. Здесь я должен выразиться яснее. Мы не говорим, что ген, к которому применима нейтральная теория, не оказывает никакого эффекта на тело. Мы лишь говорим, что мутантная версия гена имеет точно такой же эффект, как и немутировавшая версия. Независимо от того, насколько важным или неважным будет сам ген, мутировавшая версия имеет такой же эффект, как немутировавшая версия. В отличие от псевдогенов, где сам ген может должным образом быть описан как нейтральный, мы сейчас говорим о случаях, когда только мутации (то есть изменения в генах) могут строго быть описаны как нейтральные, но не сами гены.

Мутации могут быть нейтральными по различным причинам. Код ДНК - "вырожденный код". Это технический термин, означающий, что некоторые кодовые "слова" являются точными синонимами друг друга. Когда ген мутирует в один из его синонимов, Вы можете с тем же успехом не утруждаться называть это мутацией вообще. Действительно, это не мутация, насколько это касается последствий для тела. И по той же причине это не мутация вообще, насколько это касается естественного отбора. Но это является мутацией, насколько это касается молекулярных генетиков, так как они могут увидеть ее, используя свои методы. Это как если бы я должен был изменить шрифт, в котором я пишу слово, скажем, кенгуру на кенгуру. Вы все еще можете прочитать слово, и оно все еще означает то же самое австралийское прыгающее животное. Изменение шрифта с Minion на Helvetica обнаружимо, но не связано со значением.

Не все нейтральные мутации столь же нейтральны как эта. Иногда новый ген транслирует другой белок, но "активный центр" (вспомните точные формы "впадин", которые мы встретили в Главе 8) нового белка остается тем же, что и у старого. Следовательно, нет буквально никакого эффекта на эмбриональное развитие тела.

Немутировавшая и мутировавшая форма гена все еще являются синонимами, насколько это касается их эффектов на тела. Также возможно (хотя такие "ультрадарвинисты" как я склонны противиться этой идее), что некоторые мутации действительно изменяют тело, но таким образом, что это так или иначе не оказывает никакого эффекта на выживание.

Итак, подводя итог нейтральной теории, сказать, что ген или мутация "нейтральны", не обязательно означает, что сам ген бесполезен. Он может быть жизненно важным для выживания животного. Это лишь означает, что мутантная форма гена, который может быть, а может и не быть важным для выживания, не отличается от исходной формы по производимым ею эффектам (которые могут быть очень важными) на выживание. Ситуация такова, что, вероятно, не будет неправдой сказать, что большинство мутаций нейтральны. Они не обнаружимы естественным отбором, но обнаружимы молекулярными генетиками; и это - идеальное сочетание для эволюционных часов.

Ничто из этого не должно принижать крайне важной верхушки айсберга – меньшинство мутаций, которые не нейтральны. Именно они отбираются, положительно или отрицательно, в эволюции усовершенствования. Это те мутации, эффекты которых мы фактически видим - и естественный отбор их "видит" тоже. Это те мутации, отбор которых придает живым существам их поразительную иллюзию дизайна. Но, когда мы говорим о молекулярных часах, нас интересует остальная часть айсберга - нейтральные мутации, которых большинство.

С течением геологического времени геном подвергается ливню износа в форме мутаций. В той небольшой части генома, где мутации действительно имеют значение для выживания, естественный отбор скоро избавляется от плохих и благоприятствует хорошим. С другой стороны, нейтральные мутации просто накапливаются, безнаказанно и незаметно для всех, кроме молекулярных генетиков. И теперь мы

нуждаемся в новом техническом термине: закрепление [или фиксация]. У новой мутации, если она по-настоящему новая, будет низкая частота в генофонде. Если вы вновь вернетесь к генофонду миллион лет спустя, возможно, что мутация увеличится в частоте до 100 процентов или близко к этому. Если это происходит, мутация, как говорят, "закрепилась". Мы больше не будем думать ней как о мутации. Она стала нормой. Очевидный путь для мутации, чтобы закрепиться - чтобы естественный отбор ей благоприятствовал. Но есть и другой способ. Она может закрепиться случайно. Так же, как, как благородная фамилия может однажды угаснуть из-за отсутствия наследников, так же и альтернативные варианты той мутации, о которой мы говорим, могут просто случайно исчезнуть из генофонда. Сама мутация может стать частой в генофонде благодаря той же самой удаче, которая заставила Смит стать самой распространенной фамилией в Англии. Конечно, намного более интересно, если ген закрепляется по серьезной причине – а именно благодаря естественному отбору – но это может также произойти и случайно, на достаточно большом числе поколений. И геологического времени вполне достаточно для нейтральных мутаций, чтобы закрепляться с предсказуемой скоростью. Скорость, с которой они это делают, варьируется, но она характерна для конкретных генов, и при условии, что большинство мутаций нейтрально, это именно то, что делает возможными молекулярные часы.

Закрепление имеет значение для молекулярных часов, потому что "закрепившиеся" гены - это гены, на которые мы смотрим, когда сравниваем двух современных животных, чтобы попытаться оценить, когда произошел раскол между их предками. Закрепившиеся гены - это гены, характеризующие вид. Это гены, которые едва ли не универсальны в генофонде. И мы можем сравнить гены, закрепившиеся у одного вида, с генами, закрепившимися у другого, чтобы оценить, насколько недавно разделились два вида. Есть осложнения, в которые я не буду вдаваться, потому что мы с Иеном Вонгом в полной мере обсуждали их в эпилоге к "Рассказу

Бархатного Червя". С оговорками и с различными важными корректирующими факторами, молекулярные часы работают.

Так же, как радиоактивные часы тикают с весьма различными скоростями, с периодами полураспада в пределах от долей секунды до десятков миллиардов лет, так же различные гены обеспечивают удивительный диапазон молекулярных часов, подходящих для определения времени эволюционных изменений в масштабах от миллиона до миллиарда лет и всех промежуточных периодов. Так же, как у каждого радиоактивного изотопа есть свой характерный период полураспада, так же у каждого гена есть характерная скорость обновления – скорость, с которой новые мутации обычно фиксируются благодаря случайности. Для генов гистонов характерно обновление со скоростью одной мутации в миллиард лет. Для генов фибринопептида в тысячу раз быстрее, со скоростью обновления в одну новую мутацию, закрепляющуюся за миллион лет. Цитохром-С и набор генов гемоглобина имеют промежуточные скорости обновления, со временем фиксации, измеряемой в пределах от миллионов до десятков миллионов лет.

Ни радиоактивные, ни молекулярные часы не тикают размеренно, как маятниковые или ручные часы. Если бы Вы могли слышать их тиканье, они бы звучали как счетчик Гейгера, собственно для радиоактивных часов счетчик Гейгера - именно то, что Вы бы использовали, чтобы их услышать. Счетчик Гейгера не тикает размеренно, как часы; он тикает беспорядочно, странными, запинаящимися порывами. Так звучали бы мутации и фиксации, если мы могли бы услышать их в очень большом геологическом масштабе времени. Но независимо от того, запинаятся ли он как счетчик Гейгера или тикает метрономом как часы, важная особенность хранителя времени в том, что он должен тикать с известной средней скоростью. Так действуют радиоактивные часы, и так действуют молекулярные часы. Я представил молекулярные часы, сказав, что они исходят из факта эволюции и поэтому не могут

использоваться в качестве ее доказательства. Но теперь, поняв, как работают эти часы, мы можем видеть, что я был слишком пессимистичным. Само существование псевдогенов – бесполезных, нетранскрибируемых генов, которые имеют заметное сходство с используемыми генами – является прекрасным примером способа, которым животные и растения носят в себе свою историю, написанную повсюду в них. Но это - тема, которая должна подождать до следующей главы.

ГЛАВА 11 ИСТОРИЯ, НАПИСАННАЯ ПОВСЮДУ В НАС

Я начал эту книгу, представив профессора латыни, который вынужден тратить время и энергию, защищая предположение, что римляне и их язык когда-либо существовали. Давайте вернемся к этой мысли и спросим, каковы действительные свидетельства в пользу Римской Империи и Латинского языка. Я живу в Британии, где, как и в остальной Европе, Рим оставил свою подпись повсюду на карте, вырезав свои пути в ландшафте, вплел свой язык в наш и свою историю в нашу литературу. Пройдите вдоль стены Адриана, чье предпочитаемое местное название - "Римская стена". Пройдите, как ходили мы воскресенье за воскресением, парами от моей школы в (относительно) новом Салисбери к Римскому каменному форту Старого Сарума и пообщайтесь с воображаемыми призраками мертвых легионов. Раскройте карту Англии картографического управления. Где бы вы ни увидели длинную, жутко прямую дорогу, особенно когда выдаются зеленые промежутки полей между отрезками больших и проселочных дорог, которые вы можете выровнять по линейке, вы почти всегда найдете римское наименование неподалеку. Остатки Римской Империи всюду вокруг нас.

Живые организмы тоже имеют историю, записанную повсюду в них. Они ощетинились биологическим эквивалентом римских дорог, стен, монументов, глиняных черепков и даже древних надписей, вписанных в живую ДНК, готовую быть расшифрованной исследователями.

Ощетинились? Да, буквально. Когда вам холодно или вы жутко напуганы, или впечатлены бесподобным искусством сонетов

Шекспира, у вас проявляется гусиная кожа. Почему? Потому, что ваши предки были обычными млекопитающими с шерстью повсюду, и она поднималась и опускалась под чутким руководством системы терморегуляции тела. Слишком холодно, и волосы выпрямлялись, утолщая захваченный слой изолирующего воздуха. Слишком жарко, и мех опускался, чтобы позволить теплу лучше отводиться. В более поздней эволюции система поднятия волосков была перехвачена для целей социальной коммуникации и оказалась задействованной в "Выражении эмоций", и Дарвин был первым, кто оценил это в книге с таким названием. Я не могу удержаться, чтобы не поделиться несколькими строками - зрелого Дарвина - из той книги:

М-р Сеттон, один из культурных сторожей Зоологического сада, внимательно наблюдал по моему поручению за шимпанзе и орангутангом; он утверждает, что при внезапном испуге, например, во время грозы, а также когда их дразнят и они сердятся, у них поднимается шерсть. Я видел одного шимпанзе, который испугался при виде черного угольщика; шерсть на всем его теле стала дыбом... Я поместил в клетку обезьян чучело змеи, и тотчас у нескольких видов обезьян шерсть стала дыбом... Когда я показал чучело змеи одному пекари, то у него удивительным образом взъерошилась шерсть вдоль спины; то же самое наблюдается у кабана в состоянии ярости.

Загривок ощетинивается при гневе. При испуге, волосы встают для того, чтобы увеличить видимый размер тела и испугать опасных соперников или хищников. Даже мы, голые обезьяны, по-прежнему имеем оборудование для поднятия не существующей (или едва существующей) шерсти, и мы называем ее гусиной кожей. Оборудование поднятия волосков - это рудимент, нефункциональный реликт чего-то, что выполняло полезные функции у наших давно умерших предков. Рудиментарные волосы - это один из многих

примеров записей истории, написанной везде в нас. Они представляют собой убедительное свидетельство того, что эволюция имела место, и снова речь идет не об ископаемых, а о современных животных.

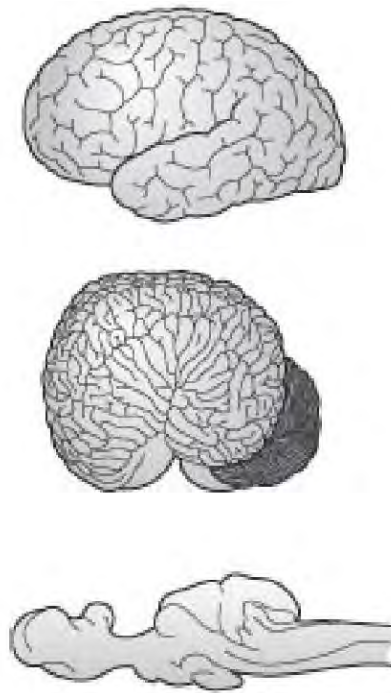
Как мы видели в предыдущей главе, где я сравнил дельфина с близкой по размерам рыбой, такой как дорадо, вам не придется копать очень глубоко внутрь него, чтобы вскрыть его историю жизни на суше. Несмотря на его обтекаемую, подобную рыбе внешность, и не смотря на тот факт, что теперь свою жизнедеятельность он полностью проводит в море и вскоре бы умер на берегу, у дельфина, а не у дорадо, "наземное млекопитающее" вплетено в самую его основу. Он имеет легкие, а не жабры, и утонет, как и любое наземное животное, если есть препятствие для доступа воздуха, хотя он может задерживать свое дыхание гораздо дольше, чем наземное млекопитающее. Его воздушный дыхательный аппарат изменился множеством способов, чтобы соответствовать его водному миру. Вместо того, чтобы дышать как любое нормальное наземное млекопитающее через две небольших ноздри на кончике его носа, у него единственная ноздря на верху его головы, позволяющая ему дышать, едва высываясь над поверхностью. Это "дыхало" имеет герметичный непроницаемый клапан, предохраняющий от попадания воды и сводящий к минимуму время, необходимое для дыхания. В 1845 году в сообщении Королевского общества, которое Дарвин, как его член, вполне вероятно читал, эсквайр Фрэнсис Сибсон писал: "мышцы, которые открывают и закрывают дыхало, и которые действуют на различные мешочки, формируют один из наиболее сложных и наиболее изящно прилаженных частей аппарата, которые только представляют природа и искусство. Дыхало дельфина идет на большие ухищрения, чтобы исправить проблемы, которые никогда не возникли бы вообще, если бы он дышал жабрами, как рыбы. И многие из деталей дыхала можно рассматривать как исправления ко вторичным проблемам, которые возникли, когда воздухозаборник мигрировал от ноздрей к макушке. Настоящий проектировщик с

самого начала бы запланировал его на макушке, если бы он все-таки не решил пойти иным путем, отбросить легкие и перейти на жабры. В этой главе мы будем непрерывно находить примеры эволюции, исправляющей начальную "ошибку" или реликт истории компенсирующими или подправляющими заплатками, а не возвращаясь к назад к чертёжной доске, как поступил бы настоящий проектировщик. В любом случае, тщательно продуманный и сложный вход в дыхало - красноречивое доказательство отдаленного сухопутного происхождения дельфина.

Можно сказать, что бесчисленными другими способами в дельфинах и китах вдоль и поперек записана их древняя история, как остатки римских дорог, вытянутых в идеально прямые проселочные дороги на карте Англии. У китов нет задних лап, но есть крошечные кости, похороненные глубоко в них, которые являются остатками тазового пояса и задних лап их давно ушедших ходячих предков. То же самое относится к сиренам или морским коровам (я уже упоминал о них несколько раз: ламантины, дюгони и 7 метровая морская корова Стеллера, истребленная человеком). Сирены очень отличаются от китов и дельфинов, но они всего лишь другая группа полностью морских млекопитающих, которые никогда не выходят на берег. Там где дельфины - быстрые, активные интеллектуальные хищники, ламантины и дюгони - медленные, мечтательные травоядные животные. В аквариуме ламантинов, который я посетил в западной Флориде, единственный раз я не возмущался против громкоговорителей, играющих музыку. Это была сонная музыка лагуны, и она казалась такой ленивой, соответствующей, что все было прощено. Ламантины и дюгони легко плавают в гидростатическом равновесии, не с помощью рыбьего плавательного пузыря (см. ниже), а посредством того, что оснащены тяжелыми костями в противовес естественной плавучести их жира. Их удельный вес поэтому очень близок к плотности воды, и они могут делать точную подстройку, сжимая или расширяя грудную клетку. Точность их контроля плавучести улучшена наличием отдельной

полости для каждого легкого: они имеют две независимые диафрагмы.

Дельфины и киты, дюгоны и ламантины рожают детенышей как все млекопитающие. Живорождение не является специфическим только для млекопитающих. Многие рыбы живородящи, но они делают это совершенно по-другому (на самом деле имея восхитительный ряд очень различных способов, без сомнения, эволюционировавших независимо). Плацента дельфина явно принадлежит млекопитающему, как и обыкновение выкармливать детенышей молоком. Его мозг - также вне всякого сомнения мозг млекопитающего, и очень продвинутого млекопитающего. Кора головного мозга млекопитающих представляет собой слой из серого вещества, покрывающего наружную поверхность мозга. Частично мозговитость состоит в увеличении области этого слоя. Это может быть сделано за счет увеличения общего размера мозга, и черепа, его заключающего. Но есть минусы в наличии большого черепа. Во-первых, он делает роды тяжелее. В результате мозговитые млекопитающие умудряются увеличивать область слоя, оставаясь в рамках, установленных черепом, и они делают это, сложив весь этот слой в глубокие складки и борозды. Вот почему человеческий мозг так похож на морщинистый грецкий орех; и мозги дельфинов и китов - единственные конкуренты нам и обезьянам в морщинистости. Мозги рыбы не имеют складок вообще. На самом деле, у них нет коры головного мозга, и весь мозг является крошечным по сравнению с мозгом дельфина или человека. История Дельфина как млекопитающего глубоко впечатана в складчатую поверхность его мозга. Это часть его млекопитающей сущности, наряду с плацентой, молоком, четырехкамерным сердцем, нижней челюстью, имеющей только одну кость, теплокровностью, и многих других специфических особенностей млекопитающих.



Мозг человека (вверху), дельфина (в центре), озерной форели (вне шкалы)

Теплокровные - это те, которых мы называем млекопитающими и птицами, а то, что у них есть на самом деле, это способность поддерживать свою температуру постоянной, независимо от внешней температуры. Это хорошая идея, потому что все химические реакции в клетке могут быть оптимизированы для работы при определенной оптимальной температуре. "Холоднокровные" животные не обязательно холодны. Кровь ящерицы будет теплее, чем у млекопитающего, если оба окажутся на солнце в полдень в пустыне Сахара. У ящерицы более холодная кровь, чем у млекопитающего, если они находятся в снегу. У млекопитающего постоянная температура, и он должен упорно трудиться, чтобы сохранять ее постоянной, используя внутренние механизмы. Ящерицы используют внешние средства регулирования температуры своего тела, перемещаясь на солнце, когда они нуждаются в согреве, и в тень,

когда им нужно охладиться. Млекопитающие регулируют свою температуру тела более точно, и дельфины не исключение. Еще раз, история млекопитающего написана повсюду в них, даже при том, что они вернулись к жизни в море, где большинство существ не поддерживает постоянную температуру.

НЕКОГДА ГОРДЫЕ КРЫЛЬЯ

Тела китов и морских коров изобилуют историческими реликтами, которые мы замечаем, потому что они живут в другой среде, чем их сухопутные предки. Подобный принцип относится к птицам, которые потеряли обиход и оборудование для полета. Не все птицы летают, но все птицы несут, по крайней мере, реликты аппарата для полета. Страусы и эму - быстрые бегуны, которые никогда не летают, но у них есть остатки крыльев как наследство их отдаленных летающих предков. Более того, страусиные остатки крыльев не полностью потеряли свою полезность. Хотя они слишком малы, чтобы с их помощью летать, они, похоже, выполняют некоторую роль в поддержании баланса и рулении при беге, и участвуют в социальных и сексуальных демонстрациях. Крылья киви слишком малы, чтобы быть заметными за тонким слоем птичьих перьев, но остатки костей крыла имеются. Моа потеряли крылья полностью. В их родной Новой Зеландии, между прочим, есть более чем обычное количество нелетающих птиц, вероятно потому, что отсутствие млекопитающих оставило широко открытые ниши для заполнения любыми существами, которые бы смогли попасть туда полетом. Но эти летающие пионеры, прибыв на крыльях, позже потеряли их, когда заполняли приземные вакантные роли млекопитающих. Это, вероятно, не относится к моа, предки которого, по-видимому, были уже нелетающими прежде, чем большой южный континент Гондвана распался на фрагменты, среди которых была и Новая Зеландия, каждый несущий свой собственный груз животных Гондваны. Это

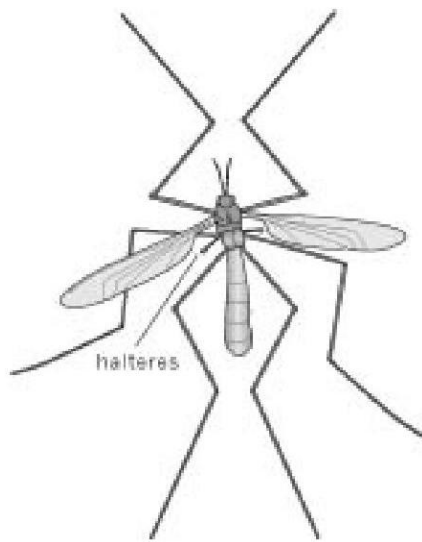
наверняка относится к какапо, новозеландским нелетающим попугаям, чьи летучие предки, по-видимому, жили так недавно, что какапо до сих пор пытаются летать, хотя и не имеют оборудования, чтобы достичь успеха в этом. Словами бессмертного Дугласа Адамса из книги "Last Chance to See" ["Последний шанс увидеть"],

Это чрезвычайно толстая птица. Взрослый какапо весит около шести или семи фунтов, а его крылья годны лишь для того, чтобы немного помахать ими, когда ему кажется, что он может обо что-то споткнуться, но о полете не может быть и речи. К сожалению, он, похоже, не только забыл, как летать, но и забыл, что он забыл, как летать. Сильно взволнованный какапо иногда вскарабкивается на дерево и прыгает оттуда, после чего он летит как кирпич и обрушивается на землю неуклюжей грудой.

В то время как страусы, эму и нанду - великие бегуны, пингвины и галапагосские нелетающие бакланы - великие пловцы. Мне довелось поплавать с бескрылым бакланом в большом горном пруду на острове Изабела, и я был очарован, став очевидцем скорости и проворства, с которым он отыскивал одну подводную расщелину за другой, оставаясь под водой столь долгое время, что захватывало дыхание (у меня было преимущество трубки). В отличие от пингвинов, которые используют свои короткие крылья, чтобы "летать под водой", Галапагосские бакланы движутся благодаря своим сильным ногам и огромным перепончатым ступням, используя свои крылья только как стабилизаторы. Но все нелетающие птицы, включая страусов и их родственников, которые потеряли свои крылья очень давно, явно происходят от предков, которые использовали их для полета. Никакой здравомыслящий наблюдатель не мог бы серьезно сомневаться в истинности этого, что означает, что любой, кто подумает об этом, должен признать очень трудным (почему не невозможным?) сомневаться в факте эволюции.

Многочисленные различные группы насекомых также потеряли крылья или очень их уменьшили. В отличие от просто бескрылых насекомых, таких как чешуйница, блохи и вши потеряли крылья, которые когда-то имели их предки. Самки непарного шелкопряда имеют слабо развитые мускулы крыльев и не летают. Они не нуждаются в них, поскольку самцы летят к ним, привлекаемые химической приманкой, которую они могут обнаружить в поразительно низкой концентрации. Если бы самки перемещались так же как и самцы, система, вероятно, не работала бы, поскольку к тому времени, когда самец долетал бы вдоль медленно дрейфующего химического градиента, его источник уже переместился бы дальше!

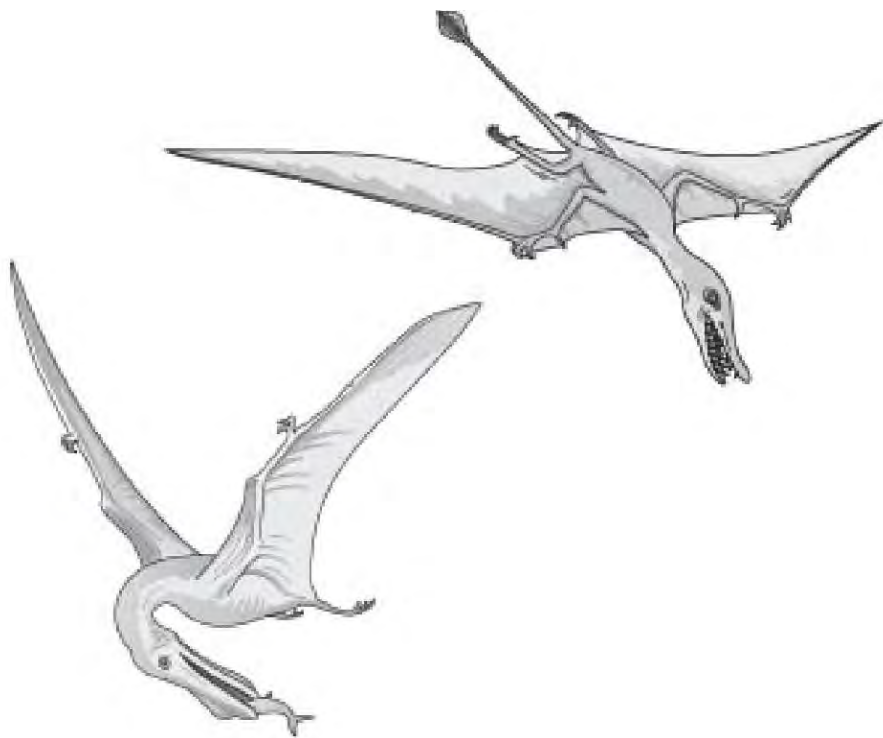
В отличие от большинства насекомых, у которых четыре крыла, мухи, как предполагает их латинское имя *Diptera* [Двукрылые], имеют только два. Вторая пара крыльев уменьшилась до пары "жужжальцев". Они раскачиваются подобно очень высокоскоростным индийским булавам, которых они напоминают, функционирующих как крошечные гироскопы. Откуда мы знаем, что жужжальца произошли от крыльев предков? Есть несколько причин. Они занимают в точности то же место в третьем сегменте грудного отдела, что занимает летательное крыло во втором грудном сегменте (а у других насекомых и в третьем тоже). Они движутся по той же "восьмерке", как и крылья мух. У них та же эмбриология, что и у крыльев, и, хотя они крошечные, если на них тщательно посмотреть, особенно в период развития, можно увидеть, что они - недоразвитые крылья и явно модифицированы – если Вы не являетесь отрицателем эволюции – из их предковых крыльев. Как свидетельство той же истории, существуют мутантные плодовые мушки, так называемые гомеотические мутанты, чья эмбриология аномальна, которые выращивают не жужжальца, а вторую пару крыльев, как у пчел или любого другого вида насекомых.



Жужжальца у долгоножки

На что могли быть похожи промежуточные стадии между крыльями и жужжальцами, и почему естественный отбор благоприятствовал промежуточным формам? Какова польза от половины жужжальца? Дж.У.С.Прингл, мой старый Оксфордский профессор, чье непривлекательное выражение лица и неуклюжее поведение принесло ему прозвище "Смеющийся Джон", главным образом ответственен за раскрытие того, как работают жужжальца. Он указал, что в основании всех крыльев насекомых есть крошечные органы восприятия, распознающие скручивание и другие силы. Органы восприятия у основания жужжалец очень похожи – другая часть свидетельства, что жужжальца являются модифицированными крыльями. Задолго до того, как эволюционировали жужжальца, информация, текущая в нервную систему от органов восприятия в их основании, приспособила быстро снующие крылья действовать в качестве рудиментарных гироскопов. То, насколько любой летательный аппарат по природе неустойчив, должно компенсироваться сложными приборами, например гироскопами.

Весь вопрос эволюции устойчивых и неустойчивых летунов очень интересен. Посмотрите на этих двух птерозавров, вымерших летающих рептилий, современников динозавров. Любой аэроинженер мог бы сказать Вам, что рамфоринх, древний птерозавр на рисунке сверху, должно быть, был устойчивым летуном, из-за своего длинного хвоста с ракеткой для пинг-понга на конце. Рамфоринх не нуждался в сложном гироскопическом контроле, таком как у мух с их жужжальцами, потому что его хвост делал его устойчивым по своей сути. С другой стороны, как мог бы сказать тот же инженер, он не был очень маневренным. В любом летательном аппарате существует оптимальное соотношение между стабильностью и маневренностью. Великий Джон Мейнард Смит, работавший проектировщиком самолетов, прежде чем возвратиться в университет давать лекции по зоологии (на том основании, что самолеты были шумными и старомодными), указывал, что летающие животные могут перемещаться в течение эволюционного времени назад и вперед вдоль спектра своих оптимальных соотношений, иногда теряя врожденную стабильность в интересах увеличения маневренности, но платя за это увеличением вычислительных и измерительных мощностей – мощностью мозга. На нижнем рисунке на предыдущей странице представлена анхангера, поздний птеродактиль из Меловой эры, приблизительно на 60 миллионами лет более поздний, чем юрской рамфоринх. У анхангеры вообще почти не было хвоста, как у современной летучей мыши. Подобно летучей мыши, это, конечно, был неустойчивый летательный аппарат, зависящий от измерительного и вычислительного оборудования, чтобы осуществлять утонченный, постоянный контроль над его несущими поверхностями.

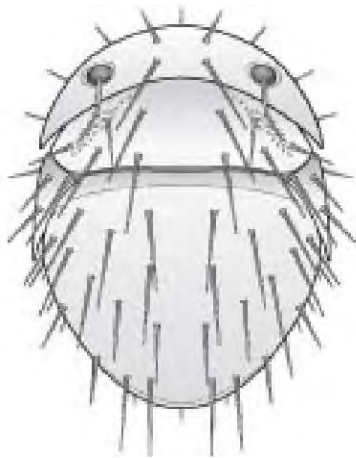


***Rhamphorhynchus* (вверху) и *Anhanguera* (внизу)**

У анхангеры, конечно, не было жужжалец. Она должна была использовать другие органы чувств, чтобы предоставлять аналогичную информацию, вероятно, полукружные каналы внутреннего уха. Они действительно были очень большими у этих рассмотренных птерозавров – хотя, немного неутешительно для гипотезы Мейнарда Смита, они были большими и у рамфоринха, и у анхангеры. Но, возвращаясь к мухам, Прингл предполагает, что у четырехкрылых предков мух, вероятно, были длинные брюшки, что делало их устойчивыми. Все четыре крыла действовали как рудиментарные гироскопы. Затем, полагает он, предки мух начали двигаться вдоль диапазона стабильности, становясь более маневренными и менее устойчивыми, поскольку брюшко стало короче. Задние крылья начали изменяться больше в сторону гироскопической функции (которую они всегда выполняли, скромно,

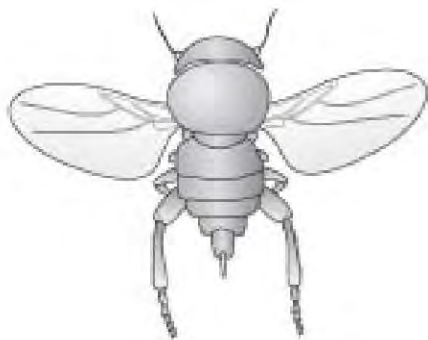
в качестве крыльев), становясь меньшими и более тяжелыми для своего размера, в то время как передние крылья увеличились, чтобы взять на себя больше функции полета. Существовал плавный континуум изменений по мере того, как передние крылья все больше брали на себя бремя авиации, тогда как задние крылья съеживались, перенимая функции авионики.

Рабочие муравьи утратили свои крылья, но не способность выращивать крылья. Их крылатая история все еще скрывается внутри них. Мы знаем это, потому что у муравьиной матки (и у самцов) есть крылья, а рабочие являются самками, которые могут быть матками, но которые, по экологическим, не генетическим, причинам не смогли ими стать. По-видимому, рабочие муравьи потеряли свои крылья в ходе эволюции, потому что они являются помехой и мешают при подземном образе жизни. Горькое свидетельство этого предоставляют муравьиные королевы, которые используют свои крылья лишь однажды, чтобы вылететь из родного гнезда, найти самца, а затем приступить к рытью норы для нового гнезда. Когда они начинают свою новую подземную жизнь, первое, что они делают, это теряют свои крылья, в некоторых случаях буквально откусывая их: болезненное (возможно; кто знает?) свидетельство того, что крылья под землей являются помехой. Неудивительно, что рабочие муравьи изначально никогда не отращивают крылья.



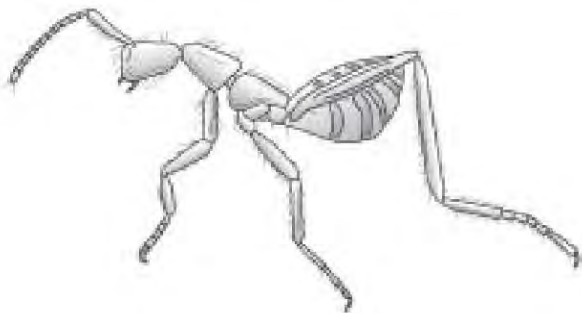
Паразитная муха семейства Phoridae

Вероятно, по схожим причинам, гнезда муравьев и термитов являются домом для полчищ бескрылых прихлебателей многих различных типов, питающихся роскошными объедками, собранными постоянно шуршащим потоками возвращающихся фуражиров. И крылья для них - такая же помеха, как и для самих муравьев. Кто бы мог когда-либо поверить, что чудовище справа - муха? Все же мы знаем благодаря тщательному и детальному исследованию его анатомии, что это не просто муха, а что этот паразит термитников принадлежит к конкретному семейству мух, горбаткам. На следующей странице - более нормальный член того же семейства, который, по-видимому, несколько напоминает крылатых предков странного бескрылого существа выше, хотя он также является паразитом общественных насекомых – в данном случае пчел. Вы можете видеть схожесть с серповидной головой фантастического монстра на предыдущей странице. И недоразвитые крылья монстра едва видны как крошечные треугольники с обеих сторон.



Другая муха семейства *Phoridae*

Существует дополнительная причина для бескрылости у этого сброда притаившихся и незаконных жильцов в гнездах муравьев и термитов. Многие из них (не мухи-горбатки) за эволюционное время приобрели защитное сходство с муравьями, дурача или муравьев, или потенциальных хищников (или обоих), которые иначе могли бы различить их среди менее вкусных и лучше защищенных муравьев. Кто, кинув лишь случайный взгляд, заметил бы, что насекомое ниже, живущее в гнездах муравьев, является вообще не муравьем, а жуком? Снова же, откуда мы знаем? Исходя из глубоких и детальных сходств с жуками, сходств, намного превосходящих внешние черты, в которых насекомое напоминает муравья: точно так же, как мы знаем, что дельфин является млекопитающим, а не рыбой. На этом существе повсюду написано его жуковое происхождение, кроме (снова же, как с дельфинами) тех признаков, которые определяют его внешний вид, таких как его бескрылость и его муравьиные очертания.



ПОТЕРЯННЫЕ ГЛАЗА

Как муравьи и их подземные товарищи теряют свои крылья под землей, так же и многочисленные другие разновидности животных, живущие в глубинах темных пещер, где нет никакого света, уменьшили или потеряли свои глаза, и, как отмечал сам Дарвин, практически полностью слепы. Слово "троглобит" было выдуманно для животного, живущего исключительно в самых темных местах пещер, и столь специализированных, что они больше нигде не могут жить. Троглобиты включают саламандр, рыб, креветок, раков, многоножек, пауков, сверчков и многих других животных. Очень часто они белые, потеряв всю пигментацию, и слепые. Однако обычно они сохраняют остатки глаз, и в этом - смысл упоминания их здесь. Рудиментарные глаза - свидетельство эволюции. Учитывая, что пещерная саламандра живет в кромешной темноте и поэтому не нуждается в глазах, зачем божественному создателю было нужно все-таки снабжать ее фиктивными глазами, явно родственными глазам, но нефункциональными?

Эволюционисты, со своей стороны, должны придумать объяснение потере глаз, где они больше не нужны. Почему, можно было бы сказать, просто не оставить глаза, даже если Вы никогда их не используете? Разве они не могли бы пригодиться в некоторый момент в будущем? Зачем "утруждаться" избавляться от них? Заметьте, между прочим, как трудно противиться языку намерений, целей и персонификации. Строго говоря, я не должен был использовать слово "утруждаться", не так ли? Я должен был сказать что-то вроде: "Что делает потерю глаз выгодной для отдельной пещерной саламандры так, чтобы она выживала и размножалась с большей вероятностью, чем конкурирующая саламандра,

сохранившая совершенную пару глаз, даже при том, что она никогда их не использует?"

Что ж, глаза почти наверняка не бесплатны. Отставив в сторону скромные экономические затраты создания глаза, влажная глазная ямка, которая должна быть открытой для мира, чтобы содержать вращающееся глазное яблоко с его прозрачной поверхностью, могла быть уязвимой для инфекции. Таким образом, пещерная саламандра, запечатавшая свои глаза за плотной кожей тела, могла бы выживать лучше, чем конкурирующая особь, сохранившая глаза.

Но есть другой способ ответить на этот вопрос, и, поучительно, он не прибегает к языку преимущества вообще, уже не говоря о цели или персонификации. Когда мы говорим о естественном отборе, мы думаем в терминах редких выгодных мутаций, появляющихся и положительно поддерживаемых отбором. Но большинство мутаций неблагоприятны, хотя бы только потому, что они случайны, и есть намного больше способов стать хуже, чем способов стать лучше. Естественный отбор быстро штрафует плохие мутации. Особи, обладающие ими, с большей вероятностью будут умирать и с меньшей вероятностью воспроизводиться, и это автоматически удаляет такие мутации из генофонда. Каждый геном животного и растения подвергается постоянной бомбардировке вредными мутациями: ливню износа. Это немного похоже на поверхность луны, которая становится все более и более изъеденной кратерами из-за постоянной бомбардировки метеоритами. За редкими исключениями, каждый раз, когда ген, связанный, например, с глазом, поражается вредоносной мутацией, глаз становится немного менее функциональным, немного менее способным видеть, немного менее достойным названия глаза. У животного, которое живет на свету и использует зрение, такие вредные мутации (большинство) быстро удаляются из генофонда естественным отбором.

Но в полной темноте не штрафуются вредные мутации, бомбардирующие гены создания глаза. Зрение невозможно так или иначе. Глаз пещерной саламандры похож на луну, изъеденную мутационными кратерами, которые никогда не удаляются. Глаз живущей в свете дня саламандры похож на Землю, поражаемую мутациями с той же интенсивностью, что и глаза пещерных жителей, но каждая вредная мутация (кратер) стирается естественным отбором (эрозией). Конечно, история глаза пещерного жителя не только негативна: положительный отбор вмешивается также, благоприятствуя росту защитной кожи над уязвимыми ямками оптически ухудшающихся глаз.

Среди наиболее интересных исторических реликтов есть черты, которые используются для чего-то (и таким образом не являются пережитками в смысле того, что пережили свое целевое назначение), но которые кажутся плохо разработанными для своей цели. Глаз позвоночного в своем лучшем случае, скажем у ястреба или человека, это превосходный точный инструмент, способный на чудеса высокого разрешения, конкурирующий с лучшими приборами от Цейсса и Никона. Будь это не так, Цейсс и Никон напрасно бы тратили время, производя фотографии высокого разрешения для наших глаз. С другой стороны, Германн фон Гельмгольц, великий германский ученый 19 века (вы можете назвать его физиком, но его вклад в биологию и психологию еще больше), сказал о глазе: "Если бы оптик хотел бы продать мне инструмент, которые имел бы столько таких дефектов, я бы счел полностью обоснованным обвинить его в небрежности в сильных выражениях и вернул бы инструмент назад." Одна из причин, по которым глаз кажется лучше, чем его оценил физик Гельмгольц, в том, что позже мозг выполняет удивительную работу по улучшению изображения, как ультра-сложный автоматический фотоп. Что касается оптики, человеческий глаз достигает качества Цейсса/Никона только в фовеальной области - центральной части сетчатки, которую мы используем для чтения. Когда мы сканируем сцену, мы передвигаем

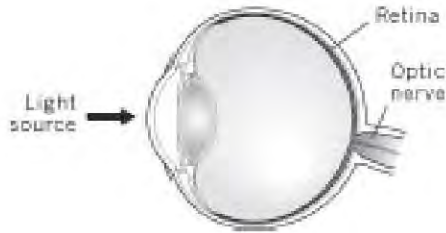
фовеальную область в разные части изображения, видя каждую в максимальной четкости и деталях, и мозговой "фотошоп" обманывает нас, заставляя думать, что мы видим всю сцену в одном и том же качестве детализации. Высококачественные Цейссы и Никоны между тем на самом деле отражают всю сцену с почти одинаковой четкостью.

Итак, то, чего не хватает глазу в области оптики, мозг дополняет при помощи своего утонченного программного обеспечения для симуляции изображений. Но я еще не упомянул наиболее зияющего примера несовершенства в оптике. Сетчатка вывернута наизнанку.

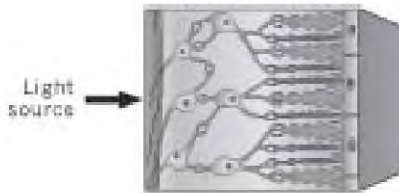
Представьте, что инженер представил бы позднему Гельмгольцу цифровую камеру с экраном из крошечных фотоэлементов, собранную для съемки изображений, проецируемых на поверхность экрана. Довольно разумно и очевидно, что каждый фотоэлемент имеет провод, соединенный с компьютером, где собирается изображение. Снова же, довольно разумно. Гельмгольц не отправил бы его обратно.

Но теперь, представьте, что я скажу вам, что фотоэлементы глаза направлены назад, в обратную сторону от сцены, на которую смотрят. "Провода" соединяющие светочувствительные клетки с мозгом идут через всю поверхность сетчатки, так что световые лучи должны пройти через ковер собравшихся проводков перед тем, как попасть на светочувствительные клетки. Это неразумно, но все и того хуже. Одно из последствий того, что светочувствительные клетки направлены назад - то, что провода, передающие данные от них, должны как-то пройти через сетчатку назад к мозгу. В глазу позвоночного они собираются к особому отверстию в сетчатке, где ныряют сквозь нее. Отверстие, заполненное нервами, называется слепым пятном, поскольку оно не видит, но "пятно" - это слишком мягко сказано, поскольку оно весьма велико, скорее, как слепая область, что тем не менее не является слишком большим

неудобством для нас благодаря "автоматическому фотошопу" мозга. И снова, верните его [инструмент] назад, он не просто плохо спроектирован, это дизайн полного идиота.



Человеческий глаз



**Detail of 'photocells'
(rods and cones)**

Часть 'фотоэлементов' (палочки и колбочки)

Или нет? Будь это так, глаз бы ужасно видел, но это не так. Он, в действительности, очень хорош. Он хорош потому, что естественный отбор, как чистильщик, работая над бесчисленным множеством мелких деталей, прошелся после большой исходной ошибки установки сетчатки задом наперед и спас высококачественный точный инструмент. Это напоминает мне сагу о телескопе Хаббла. Вы помните, он был запущен в 1990 году и, обнаружилось, что он имеет крупный дефект. Из-за незамеченной ошибки в калибровке аппарата, когда его полировали на земле, основное зеркало хотя и немного, но [функционально-] значимо отклонялось от нужной формы. Дефект обнаружился после того, как телескоп был запущен на орбиту. Решение было смело и изобретательно. Астронавты, доставленные на телескоп, успешно смонтировали на нем нечто

вроде очков. После этого телескоп заработал очень хорошо, и три последующих сервисных миссии обеспечили дальнейшее улучшение. Я хочу сказать, что даже крупный дефект конструкции, грубая ошибка может быть скорректирована последующей починкой, искусность и тонкость которой при соответствующих обстоятельствах совершенно компенсируют исходную ошибку. В эволюции в основном крупные мутации, даже если они могут привести к улучшению в правильном направлении, почти всегда требуют много дальнейших поправок, операций по зачистке множеством мелких мутаций, возникающих позднее и получающих преимущество при отборе, поскольку сглаживают острые кромки, оставленные исходной крупной мутацией. Вот почему люди и ястребы видят так хорошо, несмотря на грубую ошибку в их исходной конструкции. Снова Гельмгольц:

Глаз имеет все возможные дефекты, которые могут быть найдены в оптическом инструменте, и даже несколько специфичных только для него; но они так скомпенсированы, что неточность получаемого изображения при обычных условиях освещения очень незначительно превышает ограничения чувствительности, устанавливаемые размерами колбочек сетчатки. Но коль скоро мы делаем опыты в каких-либо других условиях, нам становятся заметны хроматическая aberrация, астигматизм, слепое пятно, сосудистые тени, несовершенная прозрачность среды и все другие дефекты, о которых я говорил.

НЕРАЗУМНЫЙ ДИЗАЙН

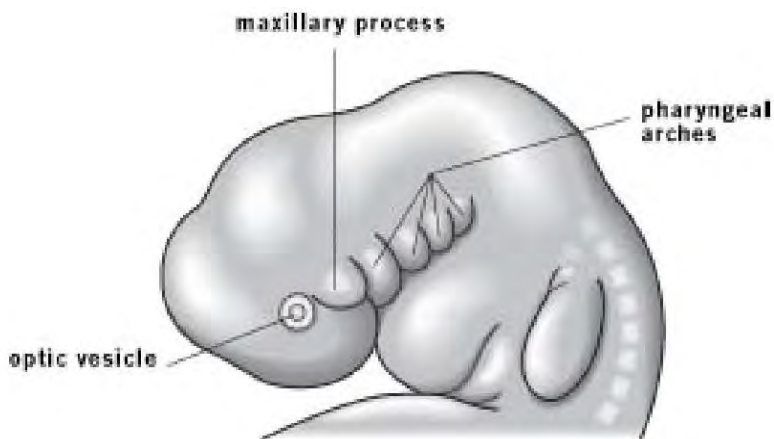
Такая картина крупных ошибок конструкции, скомпенсированных дальнейшими починками - это то, чего мы не должны ожидать там,

где была действительно работа дизайнера. Мы можем ожидать случайные ошибки, как со сферической аберрацией в случае зеркала Хаббла, но не очевидную глупость, как в случае сетчатки, развернутой задом наперед. Грубые ошибки такого рода идут не от плохого дизайнера, а от истории.

Любимый пример, с тех пор, как мне на него указал профессор Дж. Д. Кури, когда учил меня в моем студенчестве, это возвратный гортанный нерв. Это ответвление одного из черепных нервов, нервов, которые идут напрямую от мозга, а не из спинного мозга. Один из черепных нервов, блуждающий (*vagus*, и наименование уместно), имеет разные ответвления, два из которых идут к сердцу, и два на каждой стороне - к гортани (голосовая коробка у млекопитающих). На каждой стороне шеи одна из ветвей гортанного нерва проходит напрямую в гортань, следуя прямым путем, таким, какой выбрал бы дизайнер. Другой идет к гортани через странный обходной крюк. Он спускается прямо до груди, делает петлю вокруг одной из основных артерий, выходящих из сердца (разные артерии на левой и правой стороне, но принцип один), и направляется назад вверх по шее к своей конечной цели.

Если вы думаете, что это продукт дизайнера, возвратный гортанный нерв - это позор. Гельмгольц имел бы еще больше причин вернуть его назад, чем в случае с глазом. Но, как и в случае с глазом, все это вполне понятно, как только вы забудете дизайн и вместо этого подумаете об истории. Чтобы понять ее, вы должны пойти назад ко времени, когда наши предки были рыбами. У рыб сердце двухкамерное, в отличие от нашего четырехкамерного. Оно качает кровь через большую центральную артерию, именуемую вентральной [брюшной] аортой. От вентральной аорты обычно отходит шесть пар ответвлений, ведущих к шести жабрам на каждой стороне. Кровь проходит через жабры, где насыщается кислородом. Над жабрами она собирается другими шестью парами кровеносных сосудов в еще один большой сосуд, идущий вниз в середину, называемый

дорсальной [спинной] аортой, которая питает остальную часть тела. Шесть пар жаберных артерий - свидетельство сегментированного плана тела позвоночных, которое яснее и более очевидно у рыб, чем у нас. Восхитительно, но оно очень наглядно у человеческих эмбрионов, чьи фарингеальные дуги очевидно получились из предковых жабр, что можно сказать, глядя на их детальную анатомию. Конечно, они не функционируют в качестве жабр, но 5-месячные человеческие эмбрионы могут быть сочтены за маленьких розовых рыбок с жабрами. Трудно не удивиться, почему киты, дельфины, дюгоны и ламантины не ре-эволюционировали функциональные жабры. Факт, что, как и все млекопитающие, они имеют в фарингеальных дугах эмбриональный каркас для выращивания жабр, предполагает, что это не должно быть слишком сложно. Я не знаю, почему они не сделали этого, но я уверен, что есть хорошая причина, и что кто-то уже знает это или знает, как это исследовать.



Глоточные арки в человеческом эмбрионе

Все позвоночные имеют сегментированный план тела, но у взрослых млекопитающих, в отличие от их эмбрионов, это заметно только в области спины, где позвонки и ребра, кровеносные сосуды, мускульные блоки и нервы, все следует рисунку модульного

повторения вдоль тела спереди назад. Каждый сегмент позвоночного столба имеет два больших нерва, ответвляющихся от спинного мозга на каждой стороне, называемые брюшным [дорсальными] и спинным [вентальными] корешками. Эти нервы в основном делают свою работу, какой бы она ни была, поблизости от позвонков, из которых выходят, но некоторые уходят вниз вдоль ног и рук.

Голова и шея тоже следуют тому же сегментированному плану, но его сложнее различить даже у рыб, поскольку сегменты вместо того, чтобы быть аккуратно выложенными в продольный массив, скомканы в кучу за время эволюции. Одним из триумфов сравнительной анатомии и эмбриологии 19-го и начала 20-го столетия было распознавание призрачных следов сегментов головы. Например, первая жаберная дуга у бесчелюстных рыб, таких как миноги (и у эмбрионов позвоночных, которые имеют челюсти) соответствует челюстям у позвоночных, у которых они есть (то есть, у всех современных позвоночных, кроме миног и миксин).

Насекомые и другие членистоногие, такие как ракообразные, которых мы видели в главе 10, также имеют сегментированный план тела. И аналогичным триумфом было показать, что голова насекомых также содержит - снова же скомканные - шесть сегментов того, что когда-то у далеких предков было цепочкой из модулей, таких же, как и все остальное тело. Триумфом эмбриологии и генетики конца 20 века было показать, что сегментация насекомых и позвоночных вовсе не независима друг от друга, как меня учили, и даже управляется параллельными наборами генов, так называемых *hox*-генов, которые опознаваемо сходны у насекомых, позвоночных и многих других животных, и что эти гены даже расположены в правильном последовательном порядке на хромосомах! Это нечто, что мои учителя даже не могли представить, когда я был студентом, изучающим раздельно сегментации позвоночных и насекомых. Животные различных классов (например, насекомые и позвоночные) более едины, чем мы когда-либо считали. И это также из-за единых

прародителей. Нох-план был уже набросан в великом предке всех животных с двусторонней симметрией. Все животные гораздо более близкие кузены друг другу, чем мы привыкли думать.

Вернемся к голове позвоночных: черепные нервы считаются хорошо замаскированными потомками сегментных нервов, которые у наших примитивных предков составляли передний край цепочки спинных и брюшных корешков, точно так же как те, которые исходят из нашего позвоночного столба. И крупнейшие кровеносные сосуды у нас в груди - это измененные реликты и остатки от некогда выражено сегментарных кровеносных сосудов, обслуживавших жабры. Можно сказать, что грудь млекопитающего смяла сегментный шаблон предковых рыбьих жабр, так же как ранее рыба голова смяла шаблон сегментов еще более ранних предков.

Человеческие эмбрионы тоже имеют кровеносные сосуды, снабжающие их "жабры", которые очень похожи на жабры рыб. Две вентральные аорты, одна на каждой стороне, с сегментными дугами аорты, по одной на каждом на каждой стороне, соединяются с парными дорсальными аортами. Большинство из этих сегментарных кровеносных сосудов исчезают к концу эмбрионального развития, но вполне ясно, как их узор у взрослого получается из эмбрионального, а также из предкового плана. Если вы посмотрите на человеческий эмбрион примерно на 26 день после зачатия, вы увидите, что кровоснабжение "жабр" сильно походит на сегментное кровоснабжение жабр у рыбы. За следующие недели развития плода узор кровеносных сосудов постепенно упрощается и теряет первичную симметрию, и ко времени рождения ребенка его система кровообращения становится сильно левосторонней, очень отличной от четкой симметрии у рыбоподобного эмбриона.

Я не буду описывать кучу деталей того, что наши большие грудные артерии являются выжившими частями шести нумерованных жаберных артерий. Все, что надо знать, чтобы понять историю

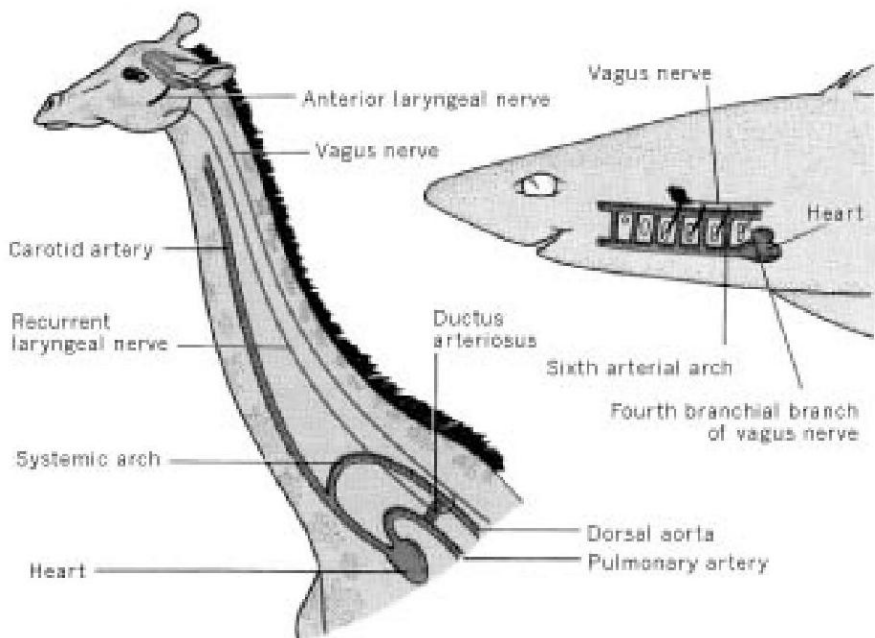
возвратного гортанного нерва, это то, что у рыб блуждающий нерв имеет ответвления, которые обслуживают последнюю тройку жабр, и естественно, что они поэтому должны пройти сзади соответствующих жаберных артерий. Нет ничего "возвратного" у этих ответвлений: они отыскивают свои конечные органы, жабры, наиболее прямым и логичным маршрутом.

За время эволюции млекопитающих, однако, шея вытянулась (у рыб шеи нет) и жабры исчезли, часть их превратилась в полезные вещи, такие как щитовидная и околотщитовидная железы и различные другие части, что объединяются и формируют гортань. Эти другие полезные вещи, включая части гортани, снабжаются кровью и нервными окончаниями от эволюционных потомков кровеносных сосудов и нервов, которые когда-то давно обслуживали жабры в их упорядоченной последовательности. По мере того, как предки млекопитающих эволюционировали дальше и дальше от своих предков-рыб, нервы и кровеносные сосуды оказывались удлинены и утянуты в странных направлениях, что исказило их взаимное пространственное расположение. Грудь и шея позвоночного стали комком, в отличие от аккуратной симметричной последовательной повторяемости рыбьих жабр. И возвратные гортанные нервы стали более чем обычно превеличенными случаями искажения.

Рисунок напротив из учебника Берри и Халлама 1986 года показывает, что гортанный нерв у акул не имеет петли. Чтобы проиллюстрировать петлю у млекопитающих, Берри и Харрам выбрали... какой более яркий пример может быть? Жирафа.

У человека путь, проходимый возвратным нервом, составляет, вероятно, несколько дюймов. Но у жирафа он без всяких шуток составляет несколько футов, примерно 15 футов для большого взрослого! На следующий день после Дня Дарвина в 2009 году (его 200-ый день рождения) я был удостоен чести провести целый день с командой специалистов по сравнительной анатомии и ветеринаров-

патологоанатомов в Королевском Ветеринарном Колледже около Лондона на вскрытии молодого жирафа, который умер в зоопарке. Это был памятный день, почти сюрреалистический опыт для меня. Операционный театр был буквально театром с большой застекленной стеной, отделявшей "сцену" от рядов мест, где студенты-ветеринары проводили по несколько часов к ряду, наблюдая. Весь день был далек от обычного хода их студенческой жизни, они сидели в затемненном театре и пристально смотрели через стекло на ярко освещенную сцену, слушая слова, произносимые командой, производившей вскрытие, у которой были микрофоны как и у меня и команды телевизионщиков, производивших съемку для будущего документального фильма на 4-м канале. Жираф лежал на большом угловатом столе для вскрытия, с одной ногой, подвешенной в воздухе на крючке и подвесе, его громадная и трогательно уязвимая шея было помещенная под яркий свет. Все мы по эту сторону стекла, где был жираф, в строгом порядке были одеты в оранжевую одежду и белые ботинки, которые по своему добавляли нереальности к впечатлениям дня.



Гортанный нерв у жирафа и акулы

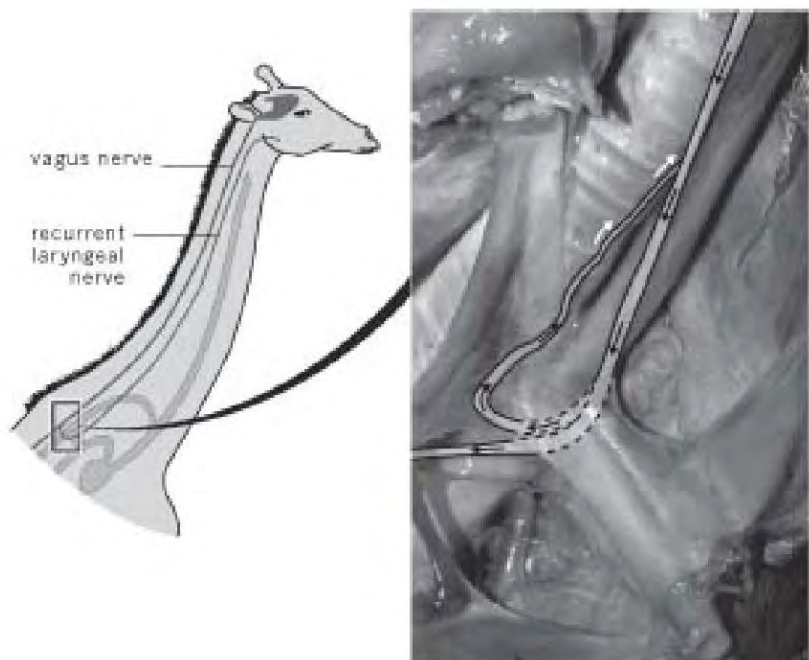
Свидетельством длины, которую преодолевает петля возвратного гортанного нерва, может послужить то, что несколько членов команды анатомов работали одновременно на разных участках вдоль нерва - гортань около головы, сам разворот около сердца и все промежуточные пункты, не мешая при этом друг другу и почти не нуждаясь в общении друг с другом. Терпеливо они прокладывали весь путь возвратного гортанного нерва: трудная задача, которая ни разу не выполнялась с тех пор, как Ричард Оуэн, великий викторианский анатом, сделал это в 1937 году. Это сложно, поскольку нерв очень тонок, даже скорее нитевиден в своей возвратной части (полагаю, я должен был это знать, но это оказалось тем не менее для меня сюрпризом, когда я его увидел) и его легко упустить в запутанной сети мембран и мышц, которые окружают дыхательное горло. На своем пути вниз нерв (в этой точке он собран в пучок с более крупным блуждающим нервом) проходит в дюйме от гортани, которая является его конечной точкой назначения. Тем не

менее, он продолжает путь вдоль всей шеи, прежде чем повернуть назад и пройти весь путь обратно. Я был очень впечатлен мастерством профессоров Грэхема Митчела и Джой Райденберг, и других экспертов, производивших вскрытие, и мое уважение к Ричарду Оуэну (злейшему противнику Дарвина) повысилось. Тем не менее, креационист Оуэн не смог вывести очевидного заключения. Любой разумный дизайнер укоротил бы гортанный нерв на пути вниз, заменив его путешествие в несколько метров кусочком в несколько сантиметров.

Кроме той ненужной траты ресурсов на создание такого длинного нерва, мне трудно не задуматься, не мешают ли вокалу жирафа задержки, как при разговоре с зарубежным корреспондентом через спутниковую связь. Один авторитетный автор сказал: "Несмотря на развитую гортань и стадный образ жизни, жирафы способны издавать только низкое мычание или блеять". Заикающийся жираф - это интересная мысль, но я не буду продолжать ее. Важно то, что вся история этой петли - это замечательный пример, насколько далеки живые существа от того, чтобы быть спроектированными. И для эволюциониста важный вопрос, почему естественный отбор не сделал того, что сделал бы инженер: вернулся бы назад к чертежной доске и перекроил бы все в разумной манере. Это тот же вопрос, с которым мы сталкиваемся снова и снова в этой главе, и я попытался ответить на него несколькими путями. Для возвратного гортанного нерва годится ответ в терминах того, что экономисты называют "предельные затраты".

По мере удлинения шеи жирафа в ходе эволюционного времени, цена петли в экономических или в "вокальных" терминах постепенно росла, с ударением на "постепенно". Предельная цена каждого миллиметра увеличения была ничтожна. Когда шея жирафа приблизилась к ее современной впечатляющей длине, суммарная стоимость петли, возможно, и приблизилась к точке, когда, предположительно, мутантный индивид выживал бы лучше с

гортанным нервом, спускающимся напрямую, ответвляясь к гортани от пучка блуждающего нерва сквозь небольшой зазор. Но мутация, необходимая для достижения такого "сквозного прыжка", должна была бы состоять в крупном изменении (даже перевороте) в эмбриональном развитии. Очень возможно, необходимая для этого мутация вообще никогда не возникала. Даже если бы и возникла, она могла иметь недостатки, неизбежные в любой крупной перестановке в ходе чувствительного и деликатного процесса. Даже если бы преимущества прямого пути в конечном итоге перевесили бы недостатки, предельная стоимость каждого миллиметра удлинения шеи незначительны в сравнении с уже существующей петлей. Даже если решение "назад к чертежной доске" было бы более хорошей идеей, если оно было бы достигнуто, все равно соперничающей альтернативой было лишь маленькое увеличение уже существующей петли, и предельная стоимость этого малого увеличения была мала. Меньше, я полагаю, чем стоимость "крупного переворота", необходимого для реализации более элегантного решения.

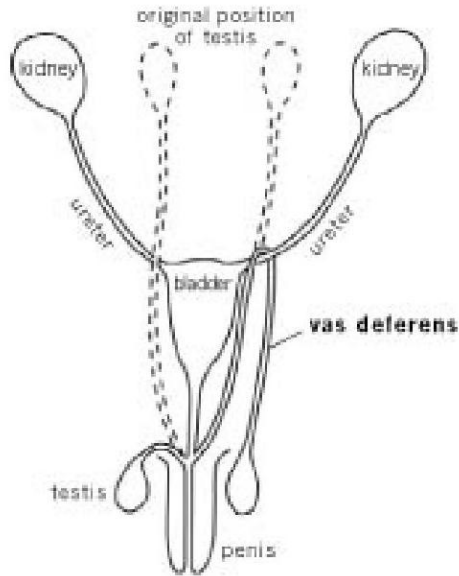


Обход, сделанный гортанным нервом у жирафа

Все это уже помимо основной идеи, что возвратный гортанный нерв у любого млекопитающего - хорошее свидетельство против дизайнера. И у жирафа оно растянуто от хорошего до зрелищного! Эта странно-длинная петля вниз по шее жирафа и назад - именно то, чего мы ожидаем от эволюции путем естественного отбора и именно то, чего не ожидаем от любого вида разумного дизайнера.

Джордж К.Виллиэмс - один из наиболее уважаемых из американских эволюционных биологов (его спокойная мудрость и грубоватые черты заставляют вспомнить одного из самых уважаемых американских президентов - который родился в тот же день, что и Чарльз Дарвин, и был также известен спокойной мудростью). Уильямс обратил внимание на еще одну петлю, похожую на проходимую возвратным гортанным нервом, но на другом конце тела. Семявыносящий проток является трубкой, которая несет сперму от яичек до пениса. Наиболее прямой маршрут - вымышленный маршрут, показанный с левой стороны схемы напротив. Фактический маршрут семявыносящих протоков показан на правом рисунке. Он делает нелепый обход вокруг уретры, трубки, которая ведет мочу от почки до мочевого пузыря. Если бы такое было спроектировано, никто не мог бы серьезно отрицать, что проектировщик допустил серьезную ошибку. Но, так же, как с возвратным гортанным нервом, все становится ясно, когда мы смотрим на эволюционную историю. Вероятное первоначальное положение яичек показано пунктирной линией. Когда, в эволюции млекопитающих, яички опустились в их нынешнее положение в мошонке (по причинам, которые неясны, но, как часто думают, связаны с температурой), семявыносящий проток, к сожалению, получил крючковый, неправильный путь вокруг уретры. Вместо того, чтобы перенаправить трубку, как сделал бы любой разумный инженер, эволюция просто продолжала ее удлинять - и снова, предельные затраты каждого небольшого увеличения длины обходного пути были небольшими. И в очередной раз, это - красивый

пример первоначальной ошибки, компенсируемой после, вместо того, чтобы быть должным образом скорректированной от начала у чертежной доски. Примеры, подобные этому, должны серьезно подрывать позиции тех, кто жаждет "разумного дизайна".



Путь семявыводящих протоков из яичка к пенису

Человеческое тело изобилует тем, что в одном смысле мы могли бы назвать недостатками, но в другом смысле должно осознаваться как неизбежные компромиссы, следующие из нашей длинной истории происхождения от других видов животных. Несовершенства неизбежны, если невозможен вариант "назад к чертежной доске" – когда усовершенствования могут быть достигнуты только благодаря ситуативной модификации того, что уже есть. Вообразите, каким беспорядочным был бы реактивный двигатель, если сэр Френк Райт и доктор Ганс фон Охайн, два независимых его изобретателя, были бы вынуждены соблюдать правило, гласящее: "Вам не разрешено начинать с чистого листа на Вашей чертежной доске. Вы должны начать с пропеллерного двигателя и изменять его, по одной части за раз, винтик за винтиком, заклепка за заклепкой, от "предкового"

пропеллерного двигателя до "потомкового" реактивного двигателя." Еще хуже, все промежуточные звенья должны летать, и каждое в этой цепи должно являться по крайней мере небольшим улучшением относительно своего предшественника. Можно понять, что полученный реактивный двигатель был бы обременен всеми видами исторических пережитков, аномалий и недостатков. И каждый дефект сопровождался бы громоздким доведением компенсирующих неумелых заплаток и исправлений, каждое из которых пытается выжать все, чего можно добиться под неудачным запретом возвращаться обратно к чертежной доске.

Таков мой довод, но более близкое рассмотрение биологических инноваций могло бы провести другую аналогию со случаем пропеллерного / реактивного двигателя. Важная инновация (реактивный двигатель в нашей аналогии), вполне может эволюционировать не из старого органа, который выполнял ту же самую работу (пропеллерного двигателя в данном случае), но из чего-то совершенно другого, что выполняло совсем другую функцию. Как хороший пример, когда наши предки-рыбы овладевали дыханием воздухом, они не модифицировали свои жабры, чтобы создать легкое (как делают некоторые современные дышащие воздухом рыбы, такие как ползуны анабасы). Вместо этого они модифицировали карман кишечника. И позже, между прочим, костистые рыбы – что означает чуть ли не любую рыбу, которую Вы, вероятно, встретите, кроме акул и их родни – модифицировали легкое (которое ранее эволюционировало у предков, иногда вдыхавших воздух) в еще один жизненно важный орган, который не имеет никакого отношения к дыханию, плавательный пузырь.

Плавательный пузырь - возможно, главный ключ к успеху костистых рыб, и стоит сделать отступление, чтобы его объяснить. Это - внутренний пузырь, заполненный газом, который может точно подстраиваться, чтобы удерживать рыбу в гидростатическом равновесии на любой желаемой глубине. Если Вы, будучи ребенком,

когда-либо играли с Поплавком Декарта, Вы узнаете принцип, но костистая рыба использует его интересный вариант. Поплавок Декарта - небольшая игрушка, действующей частью которой является крошечная перевернутая чашка, содержащая пузырь воздуха, плавающая в равновесии в бутылке воды. Число молекул воздуха в пузыре постоянно, но вы можете уменьшить его объем (и увеличить давление, следуя Закону Бойля - Мариотта), нажимая на пробку бутылки. Или Вы можете увеличить объем воздуха (и уменьшить давление пузыря), вытягивая пробку. Эффект лучше всего достигается с одной из тех крепких винтовых пробок, что надевают на бутылки сидра. Когда Вы вдавливаете или вытягиваете пробку, поплавок спускается, или поднимается, пока не достигает своей новой точки гидростатического равновесия. Вы можете добиться подъема и опускания поплавка в бутылке благодаря точному регулированию пробки, и, следовательно, давления.

Рыба - Декартовский Поплавок с тонким отличием. Плавательный пузырь является ее "пузырем", и он работает таким же образом, за исключением того, что число молекул газа в пузыре не постоянно. Когда рыба хочет подняться на более высокий уровень в воде, она выпускает молекулы газа из крови в пузырь, таким образом увеличивая объем. Желая опуститься глубже, она поглощает молекулы газа из пузыря в кровь, таким образом уменьшая объем пузыря. Плавательный пузырь означает, что рыба не должна совершать мышечной работы, как делает акула, чтобы оставаться на желаемой глубине. Это обеспечивает гидростатическое равновесие на любой глубине, которую она выберет. Плавательный пузырь делает эту работу, тем самым освобождая мускулы для обеспечения активной тяги. Акулы, напротив, должны продолжать плавать все время, иначе бы они опустились на дно, правда, медленно, потому что у них есть специальные, имеющие малую плотность, вещества в их тканях, которые сохраняют их умеренно плавучими. Плавательный пузырь - это измененное легкое, которое само по себе является измененным карманом кишечника (а не измененной

жаберной камерой, как можно было бы ожидать). И у некоторых рыб плавательный пузырь модифицирован в орган слуха, своего рода барабанную перепонку. История написана во всем теле, не единожды, а многократно, вычурным палимпсестом.

Мы были наземными животными в течение приблизительно 400 миллионов лет, и мы ходили на задних ногах только последний 1 процент этого времени. В течение 99 процентов нашего пребывания на суше мы имели более или менее горизонтальный позвоночник и ходили на четырех лапах. Мы не знаем наверняка, какие селективные преимущества получила особь, которая первой встала и пошла на задних лапах, и я собираюсь оставить этот вопрос в стороне. Джонатан Кингдон написал целую книгу "Lowly Origin" [Непритязательное Происхождение] по вопросу о эволюции прямохождения, и я рассмотрел его в некоторых деталях в Рассказе Предка. Это могло не казаться существенным изменением, когда происходило, потому что другие приматы, такие как шимпанзе, некоторые обезьяны и очаровательный лемур, хохлатый индри, делают это время от времени. Обыкновение ходить только на двух ногах, как мы делаем, имело, однако, далеко идущие последствия во всем теле, что повлекло за собой много компенсационных подстроек. Можно утверждать, что ни одна кость или мускул где-либо в теле не обошлись без потребности в изменениях, чтобы согласовать некоторые детали, какими бы непонятными, какими бы косвенными и какими бы малосвязанными с главным изменением в походке они не были. Подобная повсеместная перестройка должна сопровождать все без исключения значительные изменения в образе жизни: из воды на сушу, с суши в воду, в воздух, под землю. Вы не можете выделить явные изменения в теле и рассматривать их изолированно. Сказать, что есть сложные последствия у каждого изменения, будет преуменьшением. Есть сотни, тысячи сложных последствий и последствий последствий. Естественный отбор вечно подправляет, незначительно подгоняет точные настройки, "чинит кое-как", как

выразился великий французский молекулярный биолог Франсуа Жакоб.

Вот другой хороший способ смотреть на это. Когда происходит значительное изменение климата, скажем ледниковый период, Вы, конечно, ожидаете, что естественный отбор, дабы приспособить к нему животных, выращивает, например, более толстый волосяной покров. Но внешний климат - не единственный вид "климата", который мы должны рассматривать. Без какого-либо внешнего изменения вообще, если большая новая мутация возникает, и ей благоприятствует естественный отбор, все другие гены в геноме испытают это как изменение во внутреннем "генетическом климате". Это - изменение, к которому они должны приспособиться, не меньшее, чем смена погоды. Естественный отбор должен прийти позже, и внести поправки, возмещающие ущерб от крупного изменения в генетическом "климате", точно так, как если бы изменение произошло во внешнем климате. Первоначальное изменение походки с четырехногой на двуногую, возможно, даже было порождено "внутренне", а не вызвано изменением во внешней окружающей среде. Так или иначе, оно запустило сложный каскад последствий, каждое из которых требовало компенсационной регуляции "точной настройки".

"Неразумный дизайн" было бы хорошим названием для этой главы. В самом деле, оно достойно стать заглавием для целой книги о несовершенствах живого как убедительных демонстрациях отсутствия обдуманного дизайна, и больше чем один автор независимо ухватился за него. Среди них, поскольку я люблю крепкую непочтительность австралийского английского языка ("Итак, откуда вылез Разумный Дизайн, как чирей на заднице?") я сфокусировал внимание на восхитительной книге Робина Уильямса, старейшины Сиднейских научных радиобозревателей. После жалобы на страдания, которыми его одаривает каждое утро его собственная спина, в терминах, которые не могли бы исходить от

ноющего англичанина (не поймите меня превратно, я глубоко симпатизирую), Уильямс продолжает, "почти все спины могли бы незамедлительно потребовать замены по гарантии, если бы таковая была. Если бы [Бог] был ответственен за конструкцию спины, Вы должны признать, что это не было одним из Его лучших моментов и, должно быть, делалось в спешке перед сдачей [проекта] в конце тех Шести Дней." Проблема, конечно, состоит в том, что наши предки сотни миллионов лет ходили с позвоночником, удерживаемым более или менее горизонтально, и он не слишком благосклонно воспринял внезапную реорганизацию, навязанную последними несколькими миллионами. И снова же, суть в том, что реальный проектировщик вертикально ходящего примата возвратился бы к чертежной доске и сделал бы работу должным образом, вместо того, чтобы начать с четвероногого животного и подправлений.

Следующим Уильямс упоминает сумку такого канонического австралийского животного как коала, которая – неважная идея для животного, проводящего свое время, цепляясь за стволы деревьев – открывается вниз, а не вверх, как у кенгуру. Еще раз, причина в наследии истории. Коалы происходят от подобного вомбату предка. Вомбаты, - чемпионы среди копателей,

выбрасывающие назад большие горсти, полные грунта, как землекоп, роющий туннель. Если бы эта предковая сумка была направлена вперед, глаза и зубы у его детенышей постоянно были бы полны песка. Поэтому она была направлена назад, когда однажды существо поднялось вверх по дереву, возможно, чтобы использовать новый источник пищи, "дизайн" пришел с ним, слишком сложный, чтобы измениться.

Как с возвратным гортанным нервом, теоретически была возможность изменить эмбриологию коалы, чтобы повернуть ее сумку в другую сторону, вперед. Но – я строю догадки –

эмбриологический переворот, сопровождавший такое значительное изменение, создал бы промежуточные формы еще хуже, чем коалы, справляющиеся с существующим положением вещей.

Другое следствие нашего собственного изменения от четвероногости к двуногости касается носовых пазух, которые приносят столько огорчений многим из нас (включая меня в момент, когда я пишу), потому что их дренажное отверстие находится в самом последнем из мест, которое бы мог выбрать разумный проектировщик. Уильямс цитирует австралийского коллегу, профессора Дерека Дентона: "большие верхнечелюстные пазухи или полости находятся позади щек с обеих сторон лица. В них есть дренажное отверстие сверху, что является не лучшей идеей в отношении использования силы тяжести для облегчения стока жидкости". У четвероногого животного "верх" вообще является не верхом, а передней стороной, и положение дренажного отверстия гораздо более логично: наследие истории в очередной раз написано повсюду в нас.

Уильямс продолжает цитировать другого австралийского коллегу, разделяющего национальный дар бросать шикарные фразы, относительно ихневмонид, наездников, чей проектировщик, если таковой был, "должно быть, был садистским ублюдком". Дарвин, хотя и посетил Австралию, будучи молодым человеком, выражал те же чувства в более уравновешенных, менее характерных для жителей Австралии терминах: "Я не могу убедить себя, что милосердный и всемогущий Бог умышленно создал бы ихневмонид со специальным намерением вскармливать их внутри живых тел гусениц". Легендарная жестокость наездников (также связанных близким родством с роющими осами и дорожными осами) является лейтмотивом, который повторится в заключительных двух главах книги.

Мне трудно ясно сформулировать, то что я собираюсь сказать, но это то, что я обдумывал, и оно пришло в голову в тот памятный день

вскрытия жирафа. Когда мы смотрим на животных со стороны, мы всецело впечатлены изящной иллюзией дизайна. Оглядывающий окрестности жираф, парящий альбатрос, ныряющий стриж, зоркий сокол, лиственный морской дракон, невидимый среди морских водорослей, несущийся гепард, напряженный после поворота, подскакивающая газель - иллюзия дизайна настолько интуитивно понятна, что требуется положительное усилие включить критическое мышление и преодолеть соблазны наивной интуиции. Это когда мы смотрим на животных со стороны. Когда же мы заглядываем внутрь, впечатление противоположное. Следует признать, впечатление элегантного дизайна передается упрощенными диаграммами в учебниках, аккуратно разложенными и с цветовой кодировкой, как чертёж инженера. Но действительность, которую вы обнаруживаете, когда видите вскрытое на столе животное, сильно отличается. Я думаю, что это было бы поучительное упражнение, попросить инженера начертить улучшенную версию, скажем, артерий, питающих сердце. Я предполагаю, что результат был бы чем-то похожим на выхлопной патрубок автомобиля, с опрятной линией труб, выходящих аккуратно массивом, вместо бессистемного беспорядка, который мы фактически видим, когда вскрываем настоящую грудь.

Моей целью при проведении дня с анатомами на вскрытии жирафа было изучение возвратного гортанного нерва как примера эволюционного несовершенства. Но вскоре я понял, что несовершенство возвратного гортанного нерва - это только верхушка айсберга. Факт, что он делает такой длинный крюк, с особой силой доводит эту мысль до осознания. Это тот аспект, который в конечном итоге спровоцировал бы Гельмгольца вернуть его назад. Но подавляющее впечатление, которое вы получаете от рассмотрения любой части внутренностей большого животного, то, что там - беспорядок! Мало того, что проектировщик никогда не сделал бы ошибку подобно этой петле нерва; приличный проектировщик никогда не создавал бы что-то из хаоса, этого перекрещивающегося

лабиринта артерий, вен, нервов, кишок, кусков жира и мускулов, мезентериев и так далее. По словам американского биолога Колина Питтендрая, все это на самом деле только "лоскутное одеяло импровизированных заплаток, соединенных вместе, из того, что было доступно, когда возникла возможность, и принятое ретроспективно, не по предвидению, естественным отбором".

ГЛАВА 12 ГОНКИ ВООРУЖЕНИЙ И "ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОДИЦЕЯ"

Глаза и нервы, семявыносящие протоки, носовые пазухи и спины неудачно разработаны с точки зрения индивидуального благополучия, но недостатки прекрасно понятны в свете эволюции. То же самое относится к большей экономике, экономике природы. Разумный создатель, можно было бы ожидать, спроектировал не только тела отдельных животных и растений, но также и целые виды, целые экосистемы. Природа, можно было бы ожидать, должна была быть плановой экономикой, тщательно разработанной, чтобы устранить расточительность и убытки. Это не так, и настоящая глава покажет это.

СОЛНЕЧНАЯ ЭКОНОМИКА

Экономика природы работает на солнечной энергии. Фотоны от солнца льются дождем на всю дневную поверхность планеты. Многие фотоны не делают ничего более полезного, чем нагревают скалу или песчаный берег. Некоторые попадают в глаз – ваш, или мой, или сложный глаз креветки, или параболический рефлекторный глаз морского гребешка. Некоторым может повезти попасть на солнечную панель – или искусственную, как ту, что в приступе зеленого рвеня я только что установил на своей крыше, чтобы нагревать воду в ванне, или на зеленый лист, который является природной солнечной панелью. Растения используют солнечную энергию, чтобы тянуть "в гору" химический синтез, производя органическое топливо, прежде всего сахара. "В гору" означает, что для ведения синтеза сахара необходима энергия; аналогично, сахар

может позже быть "сожжен" в реакции "под гору", которая выпускает (частично) энергию снова, чтобы совершить полезную работу, например мускульную, или работу по постройке большого ствола дерева. "Под гору" и "в гору" - по аналогии с водой, текущей под гору из высокого резервуара и приводящей в действие водяные колеса, чтобы делать полезную работу; или энергично закачанной на гору, в высокий резервуар, так, чтобы она могла позже быть использована для приведения в действие водяных колес, когда потечет под гору снова. На каждой стадии энергетической экономики, или в гору или под гору, некоторая часть энергии теряется – никакая транзакция с энергией никогда не является абсолютно эффективной. Вот почему патентным бюро не надо даже рассматривать проекты вечных двигателей: они невозможны, неумолимо и навсегда. Вы не можете использовать энергию от спуска "под гору" от водяного колеса, чтобы накачать то же количество воды снова в гору, так, чтобы она могла приводить в действие водяное колесо. Должно быть всегда немного энергии, подаваемой извне, чтобы скомпенсировать потери – и здесь вступает солнце. Я возвращусь к этой важной теме в Главе 13.

Большая часть поверхности Земли покрыта зелеными листьями, которые составляют многослойную ловушку для фотонов. Если фотон не пойман одним листом, у него есть хороший шанс быть пойманным листом ниже. В густом лесу немногие фотоны доходят до земли непойманными, и именно поэтому старые леса - такие темные места для прогулок. Большинство тех фотонов, которые представляют собой незначительную часть солнечных лучей, достигающих нашей планеты, попадают в воду, и поверхностные слои моря кишат лоящими их одноклеточными зелеными растениями. В море или на суше, химические процесс, называемый фотосинтезом, поглощает фотоны и использует их, чтобы двигать потребляющие энергию химические реакции "в гору", производя удобные энергосберегающие молекулы, такие как сахар и крахмал. Фотосинтез был изобретен более миллиарда лет назад бактериями; и

зеленые бактерии все еще лежат в основе большинства фотосинтезов. Я могу сказать так, потому что хлоропласты – крошечные зеленые фотосинтетические механизмы, которые фактически выполняют задачи фотосинтеза во всех листьях – являются непосредственными прямыми потомками зеленых бактерий. Действительно, поскольку они все еще размножаются автономно на манер бактерий внутри клеток растений, мы можем законно сказать, что они все еще – бактерии, хотя сильно зависящее от листьев, которые предоставляют им жилище и которым они придают свой цвет. Похоже, первоначально свободноживущие зеленые бактерии были пойманы в клетки растений, где они, в конечном счете, эволюционировали в то, что мы теперь называем хлоропластами.

И красиво симметричный факт, что, точно так же, как о химии жизни "в гору" главным образом заботятся зеленые бактерии, процветающие в клетках растений, так же и химия метаболизма "под гору" – медленное сжигание сахара и других видов топлива, чтобы освободить энергию в клетках и животных, и растений – находится в особой компетенции другого класса бактерий, когда-то свободноживущих, но теперь размножающихся в больших клетках, где они известны как митохондрии. И митохондрии, и хлоропласты, произошедшие от различных видов бактерий, обзавелись своим взаимодополняющим химическим мастерством за миллиарды лет до существования любого живого организма, видимого невооруженным глазом. Те и другие были захвачены ради их химических навыков, и сегодня они множатся в жидких внутренностях намного более крупных и более сложных клеток существ, достаточно больших для нас, чтобы их видеть и трогать – клеток растений в случае хлоропластов, клеток растений и животных в случае митохондрий.

Солнечная энергия, захватываемая хлоропластами в растениях, лежит в основе сложных пищевых цепочек, в которых энергия переходит от растений через травоядных, которые могут быть насекомыми, через хищников, которые могут быть насекомыми или насекомоядными,

так же как волками и леопардами, через падальщиков, таких как стервятники и жуки навозники, и в конечном счете к разлагающим агентам, таким как грибы и бактерии. На каждой стадии этих пищевых цепочек часть энергии при прохождении расходуется в виде тепла, тогда как часть ее используется для приведения в действие биологических процессов, таких как сокращение мышц. Никакая новая энергия не добавляется после начального поступления от солнца. За несколькими интересными, но незначительными исключениями, такими как обитатели глубинных океанских "курильщиков", чья энергия поступает из вулканических источников, вся энергия, приводящая в действие жизнь, поступает, в конечном счете, из солнечного света, захваченного растениями.

Посмотрите на одинокое высокое дерево, гордо стоящее посреди открытой местности. Почему оно настолько высокое? Не для того, чтобы быть ближе к солнцу! Этот длинный ствол можно уменьшать, пока крона дерева не растянулась бы на поверхности земли, без потери фотонов и с огромной экономией средств. Итак, зачем идти на все эти расходы по поднятию кроны дерева к небу? Ответ ускользает от нас, пока мы не поймем, что естественная среда обитания такого дерева - лес. Деревья высокие, чтобы быть выше конкурирующих деревьев – того же самого и других видов. Не заблуждайтесь, когда видите дерево на открытой местности или в саду с покрытыми листвой ветвями до самой земли. Оно имеет такую округлую форму, столь любимую сержантами-инструкторами, потому что находится на открытой местности или в саду. Вы видите их вне естественной среды обитания, которой является густой лес. Естественная форма лесного дерева высокая и бедная ветками, с большинством ветвей и листьев около вершины – в кроне, которая принимает на себя главный удар дождя фотонов. А теперь, странная мысль. Если бы все деревья в лесу могли бы прийти к некоторому соглашению – вроде антимонопольного соглашения профсоюзов – чтобы расти не выше чем, скажем, 10 футов, все бы оказались в выигрыше. Все сообщество – вся экосистема – могла бы извлечь пользу от экономии древесины и

энергии, которые потребляются для создания этих высоких и дорогостоящих стволов.

Трудность поддержания таких соглашений о взаимной сдержанности хорошо известна даже в деятельности человека, где мы можем потенциально использовать дар предусмотрительности. Знакомый пример - предложенное соглашение о том, чтобы сидеть, а не стоять, наблюдая зрелище, такое как скачки. Если бы все сидели, то высокие люди получали бы по-прежнему лучшее обозрение, чем низкие, так же, как если бы все они стояли, но с тем преимуществом, что сидеть комфортнее для всех. Проблемы начинаются, когда один низкий человек, сидящий позади высокого, встает, чтобы получить лучший обзор. Немедленно человек, сидящий позади него, встает, чтобы видеть хоть что-нибудь вообще. Волна вставания пронесется по сектору, пока все не встанут. В конечном итоге все проигрывают больше, чем если бы они все оставались сидящими.

В типичном старом лесу полог можно представить как воздушный луг, в точности такой же как холмистые травяные луга прерий, но поднятый на сваях. Полог собирает солнечную энергию почти в том же объеме, что и луг. Но существенная доля энергии "тратится впустую", непрерывно питая сваи, которые не делают ничего более полезного, чем поднимают "луг" высоко в воздух, где он собирает точно такой же урожай фотонов, как это было бы – по намного меньшей стоимости – если бы он лежал прямо на поверхности земли.

И это оставляет нас наедине с различием между спланированной и эволюционной экономикой. В спланированной экономике не было бы никаких деревьев, или уж точно никаких очень высоких деревьев: никакого леса, никакого полога. Деревья – лишние расходы. Деревья расточительны. Стволы деревьев - стоящие памятники бесполезному соревнованию – бесполезному, если мы мыслим категориями плановой экономики. Но экономика природы не спланирована. Отдельные растения конкурируют с другими растениями, того же

самого и других видов, и в результате они становятся все выше и выше, намного выше, чем рекомендовал бы любой проектировщик. Однако не безгранично. Наступает момент, когда вырастание еще на фут выше, хотя и будет давать преимущество в соревновании, будет стоить так дорого, что данное конкретное дерево, сделавшее это, на самом деле окажется в убытке по отношению к конкурентам, которые воздержались от лишнего фута. Именно этот баланс стоимости и прибыли окончательно и определит высоту, до которой вынуждены расти деревья, а не преимущества, которые рациональный планировщик посчитал бы для деревьев как для группы. И, конечно, баланс приведет к различным максимумам в разных лесах. Секвойные леса тихоокеанского побережья (посмотрите на них, пока живы), вероятно, никогда не были превзойдены.

Вообразите судьбу гипотетического леса, давайте назовем его Лесом Дружбы, в котором, по некому мистическому сговору все деревья как-то умудрились достичь желаемой цели снижения всей высоты полога крон до 10 футов. Полог выглядит точно так же, как в любом другом лесу, за исключением только высоты 10 футов вместо 100. С точки зрения плановой экономики, Лес Дружбы как лес более эффективен, чем высокие леса, знакомые нам, поскольку его ресурсы не вкладываются в создание массивных стволов, не служащих никакой другой цели, кроме как соревнованию с другими деревьями.

Но теперь, предположим, одно мутантное дерево возникло посреди Леса Дружбы. Это дерево-жулик вырастает чуть длиннее, чем "оговоренные" 10 футов. Этот мутант сразу же получает соревновательное преимущество. Безусловно, он должен заплатить цену дополнительной длины ствола. Но она более чем покрывается, коль скоро другие деревья придерживаются предписания о самопожертвовании, вследствие чего дополнительные собранные фотоны более чем окупают стоимость дополнительного удлинения ствола. Естественный отбор благоприятствует генетической тенденции отклоняться от предписания о самопожертвовании и

вырастать чуть-чуть длиннее, скажем до 11 футов. По мере смены поколений все больше и больше деревьев нарушают запрет на высоту. Когда в конечном итоге все деревья оказываются высотой в 11 футов, все они в убытке по сравнению с тем, что было ранее: все платят стоимость вырастания на дополнительный фут. Но они не получают никаких дополнительных фотонов в результате этих стараний. И теперь естественный отбор благоприятствует тенденции любого мутанта вырасти, скажем, до 12 футов. И так деревья продолжают становиться все выше и выше. Закончится ли когда-нибудь это бессмысленное карабканье? Почему бы деревьям не стать в миллион высотой? Предел устанавливается на такой высоте, когда дополнительная стоимость вырастания еще на один фут перевешивает преимущества в фотонах от этого самого дополнительного фута.

На протяжении всего аргумента мы говорим о стоимости и преимуществах для отдельных деревьев. Лес выглядел бы иначе, если бы его экономика была бы разработана для блага леса как целого. На деле то, что мы реально видим - это лес, в котором каждый вид деревьев эволюционировал под действием естественного отбора, благоприятствующего индивидуальным деревьям, победившим в соревновании с соперничающими индивидуальными деревьями своего или другого вида. Все факты о деревьях совместимы со взглядом, что они не были спроектированы, если только, конечно, они не были спроектированы, чтобы снабжать нас древесиной или улаживать наши глаза и камеры осенними видами Новой Англии. В истории немало тех, кто бы поверил как раз в это, поэтому давайте обратимся к схожей ситуации, в которой пользу человечеству сложнее приписать: гонке вооружений между охотниками и жертвами.

БЕЖАТЬ, ЧТОБЫ ОСТАТЬСЯ НА МЕСТЕ

Пять быстрееших бегунов среди животных это гепарды, вилорогие антилопы (часто называемые "антилопами" в Америке, хотя они не являются "настоящими" африканскими антилопами), антилопы гну (настоящие антилопы, хотя они и выглядят по-другому, чем остальные), лев и газель Томсона (еще одна настоящая антилопа, которая на самом деле выглядит как стандартная небольшая антилопа). Заметьте, что эти первоклассные бегуны - смесь охотников с жертвами, и я хочу продемонстрировать, что это не случайно.

Говорят, что гепарды способны ускориться от 0 до 100 километров в час за 3 секунды, что вполне на уровне Ferrari, Porsche или Tesla. Львы, тоже, способны на чудеса ускорения, даже в большей степени, чем газели, которые более выносливы и маневренны. Кошки - вообще прирожденные спринтеры и сложены для броска на ничего не подозревающую жертву; собаки, например, гиеновидная собака или волк, выносливы и загоняют жертву. Газели и другие антилопы должны справляться с обоими типами хищников, и им, вероятно, приходится идти на компромисс. Их ускорения не так велики, как у больших кошек, но выносливость лучше. Увертываясь, Томми [газель Томсона] может иногда сбивать гепарда с пути, откладывая таким образом развязку до тех пор, пока гепард не переходит из своей фазы максимального ускорения в фазу изматывания, когда начинает сказываться его слабая выносливость. Успешная охота гепарда обычно заканчивается почти сразу после начала. Гепарды рассчитывают на неожиданность и ускорение. Неудачные охоты у гепарда также быстро заканчиваются, поскольку гепарды сдаются, сберегая энергию, когда начальный рывок проваливается. Другими словами, все охоты гепарда непродолжительны!

Не имеют значения детали: наибольшая скорость и ускорение, выносливость и маневренность, внезапность и длительность преследования. Существенным фактом является то, что самые быстрые животные включают и тех, кто охотится, и тех, на кого

охотятся. Естественный отбор постоянно заставляет виды хищников становиться лучше в ловле добычи, и он одновременно постоянно заставляет виды жертвы становиться лучше, чтобы от них убежать. Хищники и добыча втянуты в эволюционную гонку вооружений, протекающую в эволюционном времени. Результатом оказывается устойчивый подъем в количестве экономических ресурсов, растрчиваемых животными с обеих сторон на гонку вооружений за счет других сфер своей телесной экономики. Охотники и те, на кого охотятся, одинаково неуклонно становятся лучше приспособленными, чтобы опередить (застать врасплох, обмануть и т.д.) другую сторону. Но улучшенное оборудование для опережения, очевидно, не преобразуется в повышение успешности в опережении – по простой причине, что другая сторона в этой гонке вооружений также модернизирует свое оборудование: это - признак гонки вооружений. Можно сказать, как Красная Королева сказала Алисе, что они должны бежать со всех ног, только чтобы остаться на том же самом месте.

Дарвин хорошо знал об эволюционных гонках вооружений, хотя он не использовал эту фразу. Мы с моим коллегой Джоном Кребсом опубликовали работу на эту тему в 1979 году, в которой мы приписывали фразу "гонка вооружений" британскому биологу Хью Котту. Пожалуй символично, Котт издал свою книгу "Приспособительная окраска животных" в 1940 году, в пучине Второй Мировой войны:

Прежде чем утверждать, что обманчивая наружность кузнечика или бабочки излишне совершенна, мы должны сначала удостовериться, каковы острота зрения и способность опознавания у их естественных врагов. Не сделать так, похоже на утверждение, что броня линейного крейсера слишком тяжела, или радиус действия его вооружения слишком велик, не исследовав природу и эффективность вооружения врага. Дело в том, что в

первозданной борьбе джунглей, как и в изысканно цивилизованной войне, непрерывно происходит совершенствование и эволюция как способов защиты, так и средств и способов нападения. Их результаты в области обороны проявляются в таких средствах, как быстрота, бдительность, панцирь, защита шипами, инстинкт рытья, ночной образ жизни, выделение яда, отвратительный запах, защитно-криптическая, отпугивающая и миметическая окраски. В то же время у хищников развиваются быстрота и внезапность нападения, засады, приманки, острота зрения, когти, зубы, жала, ядовитые укусы, агрессивно-криптическая и приманивающая окраски. Соответственно возрастающей скорости преследователя развивается большая быстрота преследуемого, защитная броня развивается в соответствии с оружием нападения; точно так же совершенство маскировки развивается в ответ на совершенствование органов зрения.

Заметьте, что гонка вооружений протекает в эволюционное время. Ее не нужно путать с гонкой, скажем, между отдельным гепардом и газелью, которая проходит в реальном времени. Гонка в эволюционном времени - это гонка в построении оснащения для тех гонок, что проходят в реальном времени. А это фактически означает, что гены для создания оснащения, чтобы перехитрить или опередить другую сторону, наращиваются в генофондах этих двух сторон. Второе – и это вопрос, который сам Дарвин хорошо понимал – оснащение для быстрого бега используется, чтобы опередить конкурентов того же вида, бегущих от того же самого хищника. Есть известная, удачная шутка, имеющая почти эзопов намек на это, о кроссовках и медведе. Когда гепард преследует стадо газелей, для конкретной газели может быть более важно опередить самого медленного члена стада, чем опередить гепарда.

Теперь, когда я представил терминологию гонки вооружений, Вы можете видеть, что деревья в лесу также в такой участвуют. Отдельные деревья участвуют в гонке к солнцу, наперегонки со своими непосредственными соседями по лесу. Эта гонка особенно обостряется, когда старое дерево умирает и оставляет свободную щель в пологе. Эхо от грохота падения старого дерева - стартовый пистолет для гонки в реальном времени (хотя в более медленном реальном времени, чем привыкли мы, животные), между молодыми деревьями, которые только и ждали такого шанса. И победитель с большой вероятностью будет отдельным деревом, хорошо оснащенным генами, которые преуспевали в предковых гонках вооружений в эволюционное время, чтобы расти быстро и высоким.

Гонка вооружений между видами лесных деревьев - симметричная гонка. Обе стороны пытаются достигнуть одного и того же : места в пологе. Гонка вооружений между хищниками и добычей - асимметричная гонка вооружений: гонка вооружений между оружием нападения и оружием защиты. То же самое верно для гонки вооружений между паразитами и хозяевами. И существуют даже, хотя это может показаться удивительным, гонки вооружений между самцами и самками в пределах вида, и между родителями и потомством.

Есть одна вещь в гонках вооружений, которая могла бы взволновать горячих приверженцев разумного дизайна - это большая доза тщетности, их обременяющая. Если мы собираемся постулировать проектировщика гепарда, он очевидно вложил каждую унцию своих инженерных знаний в задачу совершенствования идеального убийцы. Один взгляд на эту великолепную бегущую машину не оставляет у нас сомнений. Гепард, если мы собираемся говорить о дизайне вообще, великолепно спроектирован для того, чтобы убивать газелей. Но тот же разработчик столь же очевидно напруг все силы, чтобы спроектировать газель, великолепно оснащенную, чтобы убежать от тех же самых гепардов. Ради всего святого, на чьей стороне

проектировщик? Когда Вы смотрите на упругие мускулы гепарда и изгибающуюся спину, Вы должны заключить, что проектировщик хочет, чтобы гепард выиграл гонку. Но когда Вы видите скоростную, верткую, маневренную газель, Вы делаете совершенно противоположный вывод. Разве левая рука проектировщика не знает, что делает его правая рука? Может он - садист, наслаждающийся зрелищным спортом и постоянно повышающий ставки с обеих сторон, чтобы усилить острые ощущения от преследования? Тот же лев он тебя создал, кто рождение агнцу дал? Действительно ли это часть божественного плана, в котором леопард должен возлечь с младенцем, а лев есть солону, как вол? В таком случае, чего ради огромные плотоядные зубы, смертоносные когти льва и леопарда? Откуда захватывающая скорость и проворство антилопы и зебры? Само собой разумеется, никакие подобные проблемы не возникают при эволюционной интерпретации того, что происходит. Каждая сторона из всех сил пытается обмануть другую, потому что, с обеих сторон, те особи, которые добьются успеха, автоматически передадут гены, которые поспособствовали их успеху. Идеи "тщетности" и "пустых трат" приходят нам на ум, потому что мы - люди, и способны взглянуть на благополучие всей экосистемы. Естественный отбор заботится лишь о выживании и репродукции отдельных генов.

Это похоже на деревья в лесу. Так же, как у каждого дерева есть экономика, в которой материалы, вкладываемые в стволы, оказываются недоступны для фруктов или листьев, так же у гепарда и газели, у каждого есть своя собственная внутренняя экономика. Быстрый бег является дорогостоящим, не только по энергии, в конечном счете выжатой из солнца, но и по материалам, которые расходуются на производство мускулов, костей и сухожилий – механизмов скорости и ускорения. Пища, которую газель поглощает в форме растительного материала, ограничена. То, что тратится на мускулы и длинные ноги для бега, должно быть отнято у какой-нибудь другой жизненной отрасли, такой как создание малышей, на которую животное могло бы в идеале "предпочесть" затратить свои

ресурсы. Существует чрезвычайно сложный баланс компромиссов, который должен быть подстроен в мельчайших подробностях. Мы не можем знать все детали, но мы действительно знаем (это нерушимый закон экономики), что можно потратить слишком много на одну отрасль жизни, тем самым изъяв ресурсы из некоторой другой отрасли. Особь, которая расходует больше оптимального количества на бег, может быть и спасет свою собственную шкуру. Но за дарвинистскую ставку в игре с нею соперничает конкурирующая особь того же вида, которая немного экономит на скорости бега и, следовательно, подвергается большему риску быть съеденной, но которая достигает правильного баланса и оказывается с большим количеством потомков, передавая гены достижения правильного баланса.

Не только энергия и дорогостоящие материалы должны быть правильно сбалансированы. Существует также риск: и риск, кстати, не является необычным в вычислениях экономистов. Длинные и тонкие ноги хороши для быстрого бега. Они, неминуемо, также хорошо ломаются. Слишком регулярно скаковая лошадь ломает ногу в забеге на скачках, и ее обычно немедленно казнят. Как мы видели в Главе 3, причина такой уязвимости в том, что они были отобраны сверх меры на быстроту за счет всего остального. Газели и гепарды также были отобраны на скорость – естественным, не искусственным отбором – и они также были бы уязвимы для переломов, если бы природа чрезмерно отобрала их на скорость. Но природа никогда не выводит ничего сверхмерного. Природа достигает правильного баланса. Мир полон генов достижения правильного баланса: именно поэтому они и существуют! На практике это означает, что особи с генетической склонностью развивать исключительно длинные и тонкие ноги, которые, нужно признать, лучше для бега, в среднем менее вероятно передадут свои гены, чем немного более медленные особи, чьи ноги менее тонки и с меньшей вероятностью сломаются. Это лишь один гипотетический пример многих сотен компромиссов и балансов преимуществ и недостатков, которыми жонглируют все

животные и растения. Они жонглируют рисками, и они жонглируют экономическими компромиссами. Конечно, не отдельные животные и растения жонглируют и балансируют. Жонглируют и балансируют относительные количества альтернативных генов в генофондах под действием естественного отбора.

Как Вы могли бы ожидать, оптимальный компромисс в соотношениях не фиксирован. У газелей баланс между скоростью бега и другими требованиями в экономике тела будет перемещать свой оптимум в зависимости от распространенности хищников в ареале. Это - та же история, что и с гуппи Главы 5. Если вокруг будет мало хищников, то оптимальная длина ног газели сократится: самыми успешными особями будут те, чьи гены предрасполагают их перевести немного энергии и материалов из ног, скажем, в создание детей или в откладывании жира на зиму. Они также будут теми особями, которые менее вероятно сломают свои ноги. И наоборот, если число хищников увеличивается, оптимальный баланс переместится к более длинным ногам, с большей опасностью переломов и меньшему количеству энергии и материалов, потраченных на те аспекты экономики тела, которые не имеют отношения к быстрому бегу.

И точно такого же рода неявные вычисления уравновесят оптимальные компромиссы в хищниках. Гепард, который сломает свою ногу, несомненно умрет от голода, и его детёныши также. Но, в зависимости от того, насколько трудно найти еду, риск провала попытки поймать достаточно пищи, если он бежит слишком медленно, может перевешивать риск сломать ногу из-за оснащённости средствами слишком быстрого бега.

Хищники и добыча сцеплены в гонке вооружений, где каждая сторона невольно оказывает давление на другую, смещая ее оптимум – в жизненных компромиссах экономики и риска – дальше и дальше в одном и том же направлении: либо обе буквально в одном и том же

направлении, например к увеличению скорости бега; либо в одном и том же направлении в более широком смысле, нацеливаясь на гонку вооружений хищник/добыча, а не на какую-нибудь другую жизненную отрасль, такую как производство молока. Учитывая, что обе стороны должны уравновесить риски, скажем, слишком быстрого бега (ломающиеся ноги или экономия на других статьях экономики тела) с риском слишком медленного бега (неудача в поимке добычи или в попытке убежать соответственно), каждая сторона оказывает давление на другую в одном и том же направлении, в своего рода беспощадной парной мании.

Хорошо, возможно мания (безумие) не слишком подходит, учитывая серьезность вопроса, поскольку штраф за провал с обеих сторон - смерть – быть убитым для добычи, голодать для хищника. Но парная мания ловко создает чувство, что, если бы только охотник и добыча могли сесть вместе и выработать разумное соглашение, было бы выгодно всем. Так же, как с деревьями в Лесу Дружбы, легко понять, как такой договор принес бы им пользу, если бы только можно было заставить его придерживаться. То же сознание тщетности, с которым мы столкнулись в лесу, распространяется на гонку вооружений хищник/добыча. За эволюционное время хищники становятся лучше в ловле добычи, что побуждает животных-добычу становиться лучше в том, чтобы избежать поимки. Обе стороны параллельно улучшают свое оснащение для выживания, но заведомо ни одна сторона не начинает выживать лучше – потому что другая сторона также улучшает свое оснащение.

С другой стороны, легко понять, как главный планировщик, всем сердцем заботясь о благосостоянии всего сообщества, мог бы быть посредником в следующем договоре, в духе Леса Дружбы. Пусть обе стороны "согласятся" сократить свои вооружения: обе стороны переместят ресурсы в другие жизненные отрасли, и в результате все окажутся в выигрыше. Точно так же, конечно, может случиться в человеческой гонке вооружений. Нам не нужны были бы наши

истребители, если бы у вас не было ваших бомбардировщиков. Вам не нужны были бы ваши ракеты, если бы у нас не было наших. Мы могли бы сберечь миллиарды, если бы вдвое сократили свои расходы на вооружения и поместили деньги в плуги. И теперь, сократив вдвое бюджет наших вооружений и достигнув устойчивой взаимной ничьей, давайте сократим его вдвое снова. Фокус в том, что это должно быть сделано синхронно друг с другом, так, чтобы каждая сторона осталась точно так же хорошо оснащенной для противостояния с устойчиво сокращающимся бюджетом на вооружения другой стороны. Подобное спланированное сокращение должно быть именно таким – спланированным. И, еще раз, плановость - именно то, чем не характеризуется эволюция. Так же как с деревьями в лесу, эскалация неизбежна вплоть до момента, когда ее дальнейшее возрастание не перестает быть выгодным для типичной отдельной особи. Эволюция, в отличие от проектировщика, никогда не останавливается, чтобы рассмотреть, мог ли быть лучший путь – мутуалистический путь – для всех рассматриваемых сторон, вместо взаимной эскалации ради эгоистичного превосходства: превосходства, которое нейтрализуется как раз потому, что эскалация взаимна.

Искушение мыслить в терминах планировщика долгое время было распространено среди "поп-экологов", и даже академические экологи иногда подходят к нему рискованно близко. Заманчивое понятие "благоразумных хищников", например, было выдуманно не каким-нибудь пустоголовым энвайронменталистом, а выдающимся американским экологом.

Идея благоразумных хищников такова. Все знают, что, с точки зрения человечества в целом, для нас было бы лучше, если бы все мы воздержались от излишнего вылова промышленно важных видов рыбы, таких как треска, приводящего к их исчезновению. Именно поэтому правительства и неправительственные организации на закрытых совещаниях встречаются, чтобы составить квоты и

ограничения. Именно поэтому точный размер ячейки рыболовных сетей скрупулезно определен в соответствии с правительственным постановлением, и именно поэтому канонерские лодки патрулируют моря, преследуя браконьеров. Мы, люди, в благополучное время и при обеспечении надлежащего порядка, являемся "благоразумными хищниками". Поэтому – вернее, так кажется некоторым экологам – разве мы не должны ожидать, что дикие хищники, такие как волки или львы, также будут благоразумными хищниками? Ответ - нет. Нет. Нет. И стоит понять почему, поскольку это - интересный вопрос, к которому лесные деревья и вся эта глава должны были нас подготовить.

Планировщик – дизайнер экосистемы, в душе болеющий за благоденствие всего сообщества диких животных – мог действительно рассчитать оптимальную политику оптимального забоя, которую львы, например, должны были бы в идеале принять. Не ловить больше определенной доли от любого вида антилоп. Щадить беременных самок, и не ловить молодых взрослых, полных репродуктивного потенциала. Избегать поедать членов редких видов, которые могут подвергаться риску вымирания и могли бы оказаться полезными в будущем, если условия изменятся. Если бы только все львы в стране соблюдали согласованные нормы и квоты, тщательно рассчитанные, чтобы быть "устойчивыми", разве это не было бы хорошо? И так разумно. Если бы только!

Что ж, это было бы разумно, и это предписал бы проектировщик, по крайней мере если бы в душе он болел за благоденствие экосистемы в целом. Но это не то, что предписал бы естественный отбор (главным образом потому, что естественный отбор, не имеющий предвидения, не может предписывать вообще), и это не то, что происходит! Вот ответ на вопрос почему, и это снова та же самая история, что и с деревьями в лесу. Предположим, что благодаря некоторым причудам львиной дипломатии, большинству львов в ареале каким-то образом удалось договориться ограничить свою охоту на устойчивом уровне.

Но теперь, предположим, что в этой в остальном сдержанной и проникнутой заботой об интересах общества популяции возник мутантный ген, послуживший причиной того, что отдельный лев покончил с соглашением и эксплуатирует популяцию жертв максимально, даже рискуя тем, что этот вид добычи исчезнет. Оштрафовал бы естественный отбор этот непослушный эгоистичный ген? Увы, нет. Потомство мятежного льва, обладатели мятежного гена в выживании и воспроизводстве превзошли бы своих конкурентов по числу потомков в популяции львов. За несколько поколений мятежный ген распространился бы по популяции, и от первоначального дружественного договора ничего бы не осталось. Тот, кто получает львиную долю, передает далее свои гены такого поведения.

Но, возразит горячий приверженец планирования, если все львы будут вести себя эгоистично и чрезмерно охотиться на виды жертв, доводя их до грани исчезновения, все проигрывают, даже те отдельные львы, которые являются самыми успешными охотниками. В конечном счете, если вся добыча вымрет, то вымрет и вся популяция львов. Конечно, настаивает планировщик, естественный отбор вмешается, чтобы остановить такое развитие событий? Снова увы, и снова нет.

Проблема состоит в том, что естественный отбор не "вмешивается", естественный отбор не заглядывает в будущее, и естественный отбор не выбирает между конкурирующими группами. Если бы он делал это, были бы некоторые шансы, что благоразумное хищничество могло быть поддержано. Естественный отбор, как осознал Дарвин намного более ясно, чем многие из его преемников, выбирает между конкурирующими особями в популяции. Даже если вся популяция исчезнет, задушенная соревнованием индивидов, естественный отбор все еще будет благоприятствовать самым конкурентоспособным особям, вплоть до момента, когда умрет последняя. Естественный отбор может привести популяцию к вымиранию, постоянно

благоприятствуя, до самого конца, тем конкурентоспособным генам, которым предстоит исчезнуть последними. Гипотетический планировщик, которого я предположил, является определенного рода экономистом, экономистом благополучия, рассчитывающим оптимальную стратегию для всей популяции или всей экосистемы. Если мы должны провести экономические параллели, нам следовало бы представить в качестве альтернативы "невидимую руку" Адама Смита.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОДИЦЕЯ?

Но теперь я хочу вообще оставить экономику. Мы останемся с идеей планировщика, проектировщика, но наш планировщик будет моральным философом, а не экономистом. Милосердный проектировщик мог бы – как Вы бы идеалистически подумали – стремиться минимизировать страдание. Это весьма совместимо с экономическим благополучием, но созданная система будет отличаться деталями. И еще раз, этого, к сожалению, не происходит в природе. Зачем ему следовало бы это делать? Ужасно, но верно, что страдание среди диких животных настолько ужасающе, что впечатлительным людям лучше о нем не думать. Дарвин знал о чем говорил, когда сообщал в письме к своему другу Хукеру, "Какую книгу написал бы служитель дьявола о неуклюжих, расточительных, нелепо низких и ужасно жестоких деяниях природы." Памятная фраза "служитель дьявола" дала мне название для одной из моих предыдущих книг, а в другой я выразил ее в таком виде:

Природа не добра и не зла. Она не против страдания и не за него. Так или иначе, природу не интересует страдание, если оно не затрагивает выживание ДНК. Легко представить себе ген, который, скажем, успокаивает газелей, когда им предстоит перенести смертельный укус.

Благоприятствовал ли бы такому гену естественный отбор? Нет, если акт успокаивания газели не улучшил шансы этого гена распространиться на будущие поколения. Трудно представить себе, почему это могло бы быть так, и мы можем поэтому предположить, что газели переносят ужасную боль и страх, когда их загоняют до смерти – как случается с большинством из них в конечном итоге. Ежегодно общая величина страданий в мире природы вне всяких сдержанных оценок. В течение минуты, которую занимает у меня составление этого предложения, тысячи животных поедаются живьем, другие бегут, спасая свои жизни, скуля от страха, иные медленно пожираются изнутри, подтачиваемые паразитами, тысячи самых разных существ умирают от голода, жажды и болезней. Это должно быть так. Если когда-либо будет время изобилия, то сам этот факт автоматически приведет к увеличению популяции до тех пор, пока естественное состояние голода и страдание возвратится.

Паразиты, вероятно, вызывают даже больше страдания, чем хищники, и понимание их эволюционного обоснования увеличивает, а не уменьшает, чувство тщетности, которое мы испытываем, когда их рассматриваем. Я испытываю гнев к ним каждый раз, когда подхватываю простуду (так случилось, что я как раз простужен сейчас). Возможно, это только незначительное неудобство, но оно настолько бессмысленно! По крайней мере, если Вас ест анаконда, Вы можете чувствовать, что поспособствовали благополучию одного из властителей живой природы. Когда Вас ест тигр, возможно, Вашей последней мыслью могло бы быть: "Какая бессмертная рука или глаз могли создать твою вселяющую страх гармонию (В каких далеких глубинах или небесах зажжен огонь твоих глаз?). Но вирус! У вируса есть бессмысленная бесполезность, вписанная в саму его ДНК – в действительности, РНК в случае вируса простуды, но принцип тот

же. Вирус существует с единственной целью: создавать больше вирусов. Что ж, то же самое в конечном счете верно для тигров и змей, но там это не кажется настолько бесполезным. Тигр и змея могут быть и машинами копирования ДНК, но они - красивые, изящные, сложные, дорогие копирующие ДНК машины. Я дал деньги, чтобы сохранить тигра, но кто бы мог подумать предоставить деньги, чтобы сохранить простуду? Ее бесполезность раздражает меня, когда я в очередной раз сморкаюсь и с трудом дышу.

Бесполезность? Какой вздор. Сентиментальный, человеческий вздор. Естественный отбор всецело бесполезен. Он всецело посвящен выживанию самокопируемых инструкций для самокопирования. Если вариант ДНК выживает через анаконду, заглатывающую меня целиком, или вариант РНК выживает, заставляя меня чихать, то это - все, что нам нужно для объяснения. И вирусы, и тигры построены с помощью закодированных инструкций, чьим сообщением в конечном итоге, как у компьютерного вируса, является: "Дублируй меня". В случае вируса простуды инструкция выполняется достаточно прямо. ДНК тигра также представляет собой программу "дублируй меня", но она содержит практически фантастически большое отступление в качестве неотъемлемой части эффективной реализации своего фундаментального сообщения. Это отступление - тигр, укомплектованный клыками, когтями, подвижными мускулами, инстинктами преследования и нападения. ДНК тигра говорит: "Дублируй меня окольным маршрутом, сначала построив тигра". В то же время ДНК антилопы говорит: "Дублируй меня окольным маршрутом, сначала построив антилопу, укомплектованную длинными ногами и быстрыми мускулами, укомплектованную робкими инстинктами и отточенными органами восприятия, настроенными на опасность от тигров." Страдание является побочным продуктом эволюции путем естественного отбора, неизбежным следствием, которое может взволновать нас в наши более жалостливые моменты, но нельзя предположить, что оно взволнует тигра - даже если можно сказать, что тигр волнуется о

чем-нибудь вообще – и конечно, нельзя ожидать, что оно взволнует его гены.

Богословы беспокоятся о проблемах страданий и зла до такой степени, что даже изобрели название, "теодицея" (буквально, "справедливость Божья"), чтобы предпринять попытку примирить его с предполагаемым милосердием Бога. Эволюционные биологи не видят проблемы, потому что зло и страдание так или иначе ничего не значат в расчете выживания генов. Однако мы действительно должны рассмотреть проблему боли. Откуда, с эволюционной точки зрения, она взялась?

Мы полагаем, что боль, как и все остальное в жизни, является дарвинистским приспособлением, которое функционирует, чтобы улучшить выживание страдающего. Мозги построены на основе практического правила, такого как "Если Вы испытываете чувство боли, остановите то, что Вы делаете, и не делаете этого снова". Остается вопросом интересной дискуссии, почему она должна быть настолько адски болезненной. Теоретически можно представить, что аналог небольшого красного флажка мог бы безболезненно подниматься где-нибудь в мозгу всякий раз, когда животное делает что-то, наносящее ему вред: скажем, хватает раскаленные угли. Обязательного предостережения "не делай этого снова!" или безболезненного изменения в коммутационной схеме мозга, такого, что фактически животное не станет делать этого снова, на первый взгляд казалось бы достаточно. Зачем жгучее страдание, страдание, которое может продлиться в течение многих дней, и от которого память никогда не может избавиться? Возможно, решение этого вопроса является собственным вариантом теодицеи эволюционной теории. Почему столь болезненно? Почему не маленький красный флажок?

У меня нет окончательного ответа. Вот один любопытный вариант. Что, если мозг подвергается противостоянию желаний и импульсов, и

существует некоторая внутренняя борьба между ними? Субъективно, нам хорошо знакомо это чувство. Мы можем находиться в противоречии между, скажем, голодом и желанием быть стройными. Или мы можем быть в противоречии между гневом и страхом. Или между сексуальным желанием и стыдливым страхом отказа или совестью, понуждающей быть верным. Мы можем буквально чувствовать упорную борьбу внутри себя, в то время как наши противоречивые желания борются на практике. Теперь, назад к боли и ее возможному преимуществу над "красным флажком". Так же, как желание быть стройным может побороть голод, несомненно возможно побороть и желание избежать боли. Жертвы пыток могут уступить в конечном счете, но они часто проходят через фазу устойчивой сильной боли, и, скажем, не предадут своих товарищей, или свою страну, или свою идеологию. Насколько вообще можно сказать, что естественный отбор чего-нибудь "хочет", он не хочет, чтобы индивиды жертвовали собой ради любви к стране, или ради идеологии, или партии, или группы, или вида. Естественный отбор "против" индивидов, отвергающих предупреждающее чувство боли. Естественный отбор "хочет", чтобы мы выжили, а еще точнее, чтобы воспроизвелись, и к черту страну, идеологию или их нечеловеческие аналоги. Насколько это касается естественного отбора, он будет благоприятствовать маленьким красным флажкам, только если их никогда не смогут перебороть.

Теперь, несмотря на философские трудности, я думаю, что случаи, когда боль перебарывают по неदारвинистским причинам – причинам лояльности к стране, идеологии, и т.д. – были бы более частыми, если бы у нас в мозгу был "красный флажок", а не реальная, настоящая, нестерпимая боль. Предположим, что возникли генетические мутанты, которые могут не чувствовать мучительных страданий от боли, а полагаются на систему "красного флажка", удерживающую их от телесных повреждений. Им должно быть настолько легко сопротивляться пыткам, что их бы быстро завербовали в шпионы. Разве что если бы было настолько легко вербовать агентов, готовых

переносить пытки, то пытка просто прекратила бы использоваться как метод насильственного принуждения. Но выживали ли бы в природе такие обезболенные красно-флажковые мутанты лучше, чем конкурирующие индивиды, чьи мозги чувствуют боль всерьез? Выживали ли бы они, чтобы передавать гены замены боли красным флажком? Даже оставив без внимания особые условия пыток и особые условия лояльности идеологиям, я думаю, что мы можем понять, что ответ мог быть нет. И мы можем представить себе нечеловеческие аналогии.

Интересно, что есть необычные индивиды, которые могут не чувствовать боли, и они обычно плохо кончают. "Врожденная нечувствительность к боли с ангидрозом" (СРА) редкая генетическая аномалия, при которой у пациента нет клеток рецепторов боли в коже (а также не потеет, отсюда и "ангидроз "). Надо признать, у пациентов с СРА нет встроенной системы "красного флажка", чтобы компенсировать поломку системы боли, но можно подумать, что их можно было бы обучать знаниям о потребности избегать телесных повреждений – приобретенной системе красного флажка. Во всяком случае, пациенты с СРА становятся жертвами множества неприятных последствий своей неспособности чувствовать боль, включая ожоги, переломы, многочисленные рубцы, инфекции, нелеченый аппендицит и царапины глазных яблок. Гораздо неожиданнее, что они также страдают от серьезных повреждений своих суставов, потому что, в отличие от остальных из нас, они не меняют свою позу, когда сидят или лежат в одном положении в течение долгого времени. Некоторые пациенты устанавливают таймеры, чтобы напоминать себе в течение дня часто менять позу.

Даже если система "красного флажка" в мозгу могла бы сделаться эффективной, похоже, нет никакой причины, почему естественный отбор положительно благоприятствовал бы ей вместо реальной системы боли лишь потому, что она менее неприятна. В отличие от нашего гипотетически милосердного проектировщика, естественный

отбор безразличен к интенсивности страданий – разве что до той степени, насколько затронуто выживание и воспроизводство. И в точности, как мы должны ожидать, если выживание самых приспособленных, в отличие от проектирования, лежит в основе мира природы, мир природы, кажется, вообще не предпринимает шагов, чтобы уменьшить общую сумму страданий. Стивен Джей Гулд размышлял над подобными вещами в изящном эссе об "Неморальной природе". Из него я узнал, что известное отвращение Дарвина к наездникам-ихневмонидам, на которое я указывал в конце предыдущей главы, вовсе не было уникальным среди Викторианских мыслителей.

Осы ихневмоны, с их обыкновением парализовать, но не убивать свою жертву, прежде чем отложить в ней яйцо, с перспективой для личинки выгрызть ее изнутри, и жестокость природы вообще были крупной заботой Викторианской теодицеи. Нетрудно понять почему. Самки ос откладывают свои яйца в живой жертве-насекоме, такой как гусеницы, но не ранее, чем тщательно разыщут своим жалом каждый нервный узел по очереди, так что добыча оказывается парализованной, но все еще остается живой. Она должна оставаться живой, чтобы обеспечить свежим мясом растущую личинку осы, кормящуюся внутри. А личинка, со своей стороны, заботится о том, чтобы съесть внутренние органы в разумном порядке. Она начинает с изъятия отложений жира и пищеварительных органов, оставляя жизненно важные сердце и нервную систему напоследок – они необходимы, как Вы понимаете, чтобы поддерживать гусеницу живой. Как Дарвин так остро интересовался, какой милосердный проектировщик придумал это? Я не знаю, могут ли гусеницы чувствовать боль. Я искренне надеюсь, что нет. Но я точно знаю, что естественный отбор в любом случае не сделал бы шагов, чтобы уменьшить их боль, если работа могла бы быть выполнена более экономно, простым парализованием их движения.

Гулд цитирует преподобного Уильяма Бакланда, выдающегося геолога девятнадцатого века, который нашел утешение в оптимистичном искажении смысла, которым он ухитрился удостоить страдания, вызванные хищниками:

Предназначение смерти через содействие плотоядных, как обычного завершения существования животных, проявляется поэтому среди ее главных результатов, чтобы быть отправлением милосердия; она вычитает значительную часть от совокупного количества боли мировых смертей; она ограничивает и почти уничтожает для всех животных созданий страдания от болезни, случайных ран, медленного угасания; и налагает столь благотворные ограничения на чрезмерное увеличение количества, что ресурсы питания постоянно поддерживают должную пропорцию к потребности. В результате земная поверхность и водные глубины всегда наполнены несметным числом живых существ, находящихся в своей жизни удовольствия, соответствующие ее продолжительности; и которые в течение небольшого срока существования, отведенного им, с удовольствием выполняют те функции, ради которых они были созданы.

Что ж, не так уж хорошо для них!

ГЛАВА 13 ЕСТЬ ВЕЛИЧИЕ В ЭТОМ ВЗГЛЯДЕ НА ЖИЗНЬ

В отличие от своего деда-эволюциониста Эразма, чьими стихами на научную тематику (несколько неожиданно, я бы сказал) восхищались Вордсворт и Колридж, Чарлз Дарвин не был известен как поэт, но он создал лирическую кульминацию в последнем параграфе Происхождения Видов.

Таким образом, из борьбы в природе, из голода и смерти непосредственно вытекает самый высокий результат, какой мы в состоянии себе представить, – образование высших животных. Есть величие в этом взгляде на жизнь, с ее несколькими силами, которые были исходно вдохнуты в несколько форм или в одну; и что, пока эта планета обращалась согласно неизменному закону тяготения, из столь простого начала бесконечные формы, красивейшие и удивительнейшие, эволюционировали и эволюционируют.

Столь много уложено в это знаменитое высказывание, и я хочу подписаться под ним, разобрав строку за строкой.

"ИЗ БОРЬБЫ В ПРИРОДЕ, ИЗ ГОЛОДА И СМЕРТИ"

Как всегда ясно мыслящий, Дарвин распознал моральный парадокс в сердце своей великой теории. Он не жалел слов, - но он предложил смягчающее соображение, что природа не имеет злого умысла. Все

просто следует из "законов, действующих вокруг нас", цитируя более раннее выражение в том же абзаце. Он сказал нечто подобное в конце Главы 7 "Происхождения":

это, быть может, и не особенно убедительно с логической точки зрения, но мне кажется гораздо более удовлетворительной мысль, что такие инстинкты, как инстинкт молодой кукушки, выбрасывающей своих сводных братьев, инстинкт муравьев рабовладельцев, инстинкт личинок наездников, питающихся внутри живого тела гусеницы, представляют собой не специально дарованные или сотворенные инстинкты, а только небольшие следствия одного общего закона, обуславливающего прогресс всех органических существ, а именно размножения, варьирования, переживания наиболее сильных и гибели наиболее слабых.

Я уже упомянул отвращение Дарвина – широко разделяемое его современниками – к привычке самки осы-наездника жалить свою жертву, чтобы парализовать, но не убить ее, и таким образом сохранять мясо свежим для ее личинки, пока она поедает живую жертву изнутри. Дарвин, как Вы помните, не мог убедить себя, что милосердный создатель мог создать такие повадки. Но с естественным отбором на водительском сидении все становится ясным, понятным и логичным. Естественный отбор не заботится о каком-либо комфорте. Почему он должен это делать? Для того, чтобы что-то произошло в природе, есть единственное требование - чтобы то же самое событие в предшествующие времена помогало выживанию генов, способствующих ему. Генное выживание - достаточное объяснение жестокости ос и бесчувственного безразличия всей природы: достаточное – и устраивающее интеллект, хотя и не человеческое сострадание.

Да, есть величие в этом взгляде на жизнь, и даже своего рода величие в безмятежном безразличии природы к страданию, которое непреклонно следует за его руководящим принципом, выживанием самых приспособленных. Богословы могут здесь содрогнуться от этого отголоска знакомой уловки в теодицеи, в которой страдание понимается как неизбежный коррелят свободы воли. Биологи, к их части, ни коим образом не найдут, что "непреклонно" нисколько не является преувеличением, когда они размышляют – возможно, созвучно с линией рассуждений моего "красного флага" в предыдущей главе – о биологической функции способности страдать. Если животные не страдают, кто-то недостаточно усерден в деле генного выживания.

Ученые являются людьми, и они в праве как любой другой осуждать жестокость и ненавидеть страдание. Но хорошие ученые вроде Дарвина признают, что с правдой о реальном мире, сколь угодно неприятной, нужно встретиться лицом к лицу. Более того, если мы собираемся допустить субъективные факторы, есть обаяние в суровой логике, распространяющейся на все живое, включая ос, нацеленных на нервные ганглии вдоль тела их жертвы, кукушек, выбрасывающих своих молочных братьев ("Thow mortherer heysugge on y braunche"), муравьев-рабовладельцев, и в простодушном – или скорее бездушном – безразличии к страданию, проявляемое всеми паразитами и хищниками. Дарвин всеми силами искал утешения, когда закончил свою главу о борьбе за выживание этими словами:

Все, что мы можем сделать, – это никогда не упускать из вида, что каждое органическое существо напрягает силы для увеличения численности в геометрической прогрессии; что каждое из них в каком-нибудь периоде их жизни, в какое-нибудь время года, в каждом поколении или с перерывами вынуждено бороться за жизнь и испытывать значительное истребление. Размышляя об этой борьбе, мы можем утешать себя уверенностью, что

эти столкновения в природе имеют свои перерывы, что при этом не испытывается никакого страха, что смерть обыкновенно разит быстро и что сильные, здоровые и счастливые выживают и множатся.

Казнить гонца является одним из наиболее глупых недостатков человечества, и это лежит в основе доброй части оппозиции эволюции, о чем я упоминал во Введении. "Объясните детям, что они являются животными и они будут вести себя как животные." Даже если бы было правдой, что эволюция, или преподавание эволюции, поощряет безнравственность, это не значило бы, что теория эволюции ложна. Совершенно удивительно, как многие люди не могут понять этот простой момент логики. Заблуждение настолько распространено, что оно даже имеет название, *argumentum ad consequentiam* - посылка X истинна (или ложна), из-за того, насколько мне нравятся (или не нравятся) ее следствия.

"ВЫСОЧАЙШИЙ РЕЗУЛЬТАТ, КОТОРЫЙ МЫ СПОСОБНЫ ПРЕДСТАВИТЬ"

Действительно ли "образование высших животных" является "самым высоким результатом", который мы способны представить"? Самым высоким? Действительно? Не существуют ли еще более высокие? Искусство? Духовность? Ромео и Джульетта? Общая теория относительности? Хоровая симфония? Сикстинская капелла? Любовь?

Вы должны помнить, что при всей своей личной скромности Дарвин вынашивал высокие амбиции. Согласно его мировоззрению, все в человеческом разуме, все наши эмоции и духовные притязания, искусство и математика, философия и музыка, все достижения интеллекта и духа сами являются порождением того же процесса,

который породил высших животных. Вопрос не только в том, что без эволюционировавших мозгов духовность и музыка были бы невозможны. Более показательны, что мозги отбирались естественным образом на увеличение в способностях и силе, по прагматическим причинам, пока такие более высокие способности интеллекта и духа не возникли как побочный продукт и не расцвели в культурной среде, предоставленной групповым проживанием и языком. Дарвинистское мировоззрение не умаляет высокие человеческие способности, не "понижает" их до уровня пренебрежения. Оно даже не претендует на то, чтобы объяснить их на том уровне, который будет казаться особенно удовлетворительным, способом, который, делает удовлетворительным дарвинистское объяснение, скажем, гусеницы, подражающей змее. Оно, однако, действительно претендует на то, чтобы раскрыть непостижимую – даже недостойную стараний ее постичь – тайну, которая должна была преследовать все додарвиновские попытки понять живое.

Но Дарвин не нуждается ни в какой моей защите, и я обойду молчанием вопрос, является ли образование высших животных самым высоким результатом, какой мы в состоянии себе представить, или просто очень совершенным объектом. Однако, о чем это утверждение? Возникновение высших животных "непосредственно следует" из борьбы в природе, из голода и смерти? Что ж, да, следует. Оно непосредственно вытекает, если Вы понимаете рассуждения Дарвина, но никто не понимал этого до девятнадцатого столетия. И многие до сих пор их не понимают, или, возможно, отказываются понимать. Нетрудно увидеть почему. Когда Вы думаете об этом, наше собственное существование вместе со своей последарвиновской объяснимостью оказывается кандидатом на самый удивительный факт, о котором каждому из нас приходится размышлять когда-либо во всей своей жизни. Я дойду до этого вскоре.

"БЫЛИ ИСХОДНО ВДОХНУТЫ"

Я потерял счет разгневанным письмам, полученным мной от читателей предыдущей книги, призывающих меня к ответу за преднамеренное, как считают их авторы, опускание жизненно важного слова "Творцом" после "вдохнуты". Не искажаю ли я умышленно намерений Дарвина? Эти рьяные корреспонденты забывают, что великая книга Дарвина прошла через шесть изданий. В первом издании высказывание таково, каким я привел его здесь. Повидимому, под давлением религиозного лобби, Дарвин вставил "Творцом" во второе и все последующие издания. Если нет очень серьезных оснований для обратного, цитируя "Происхождение видов", я всегда обращаюсь к первому изданию. Причина отчасти состоит в том, что моя собственная копия этого исторического издания тиражом в 1 250 экземпляров является частью моего самого дорогого имущества, подаренная мне моим благотворителем и другом Чарльзом Симони.

Но и потому, что первое издание является наиболее исторически важным. Именно это издание нанесло удар в Викторианское солнечное сплетение и вышибло дух столетий. Кроме того, более поздние издания, особенно шестое, потворствовали не просто общественному мнению. В попытке ответить различным просвещенным, но введенным в заблуждение критикам первого издания, Дарвин отступал и даже полностью изменял свои позиции по ряду важных пунктов, в которых изначально был прав. Поэтому и "были исходно вдохнуты" без упоминания о каком-либо Творце.

Похоже, Дарвин сожалел об этой подачке религиозному мнению. В письме от 1863 года своему другу ботанику Джозефу Хукеру он говорил, "Но я уже давно сожалею, что уступил общественному мнению и употребил термин сотворения из Пятикнижия, под которым я на самом деле только подразумеваю "появление" через какой-то совершенно неизвестный процесс". Под "термином из

Пятикнижия" Дарвин подразумевает здесь слово "сотворение". Контекстом, как объясняет Фрэнсис Дарвин в своем издании писем отца 1887 года, было то, что Дарвин писал, чтобы поблагодарить Хукера за одолженный обзор книги Карпентера, в котором анонимный рецензент говорил о "творческой силе... которую Дарвин мог выразить только в терминах Пятикнижия, таких как первозданная форма, "в которую жизнь изначально была вдохнута". Сегодня нам стоило бы обойтись и без "исначально вдохнутой". Что подразумевалось под "должно было вдохнуто"? По-видимому, подразумевалось своего рода дыхание жизни, но что это могло бы означать?

Чем строже мы смотрим на границу между живым и неживым, тем более неуловимым становится это различие. У жизни, живого, как предполагалось, было своего рода яркое, пульсирующее свойство, некоторая жизненная сущность – звучащая еще более таинственно будучи выражено по-французски: *élan vital* [жизненный порыв]. Жизнь, казалось, сделана из специальной живой субстанции, варева ведьмы, называвшегося "протоплазмой". Профессор Челленджер, вымышленный персонаж Конан Дойла, еще более экстравагантный, чем Шерлок Холмс, обнаружил, что Земля была живым, своего рода гигантским морским ежом, чей панцирь является корой, которую мы видим, и чье ядро состоит из чистой протоплазмы. Вплоть до середины двадцатого века считалось, что жизнь качественно выходит за рамки физики и химии. Теперь нет. Различие между жизнью и нежизнью является вопросом не субстанции, а информации. Живые существа содержат потрясающие количества информации. Большая часть информации закодирована в цифровой форме в ДНК, и есть также значительное количество, закодированное другими способами, как мы сейчас увидим.

В случае ДНК мы довольно хорошо понимаем, как информационное содержимое накапливается в течение геологического времени. Дарвин назвал это естественным отбором, и мы можем выразить это

более точно: неслучайное выживание информации, кодирующей эмбриологические рецепты этого выживания. Само собой разумеется, нужно ожидать, что рецепты своего собственного выживания будут иметь тенденцию выживать. Особенностью ДНК является то, что она выживает не в своей материальной сущности, а в форме неограниченного ряда копий. Поскольку существуют случайные ошибки в копировании, новые варианты могут выживать даже лучше, чем их предшественники, поэтому база данных информации, кодирующей рецепты выживания, улучшается с течением времени. Такие усовершенствования будут проявляться в форме лучших тел и других приспособлений и устройств для сохранения и распространения этой закодированной информации. На практике сохранение и распространение информации ДНК будет, как правило, означать выживание и воспроизводство содержащих ее тел. Именно на уровне тел, их выживания и воспроизводства работал сам Дарвин. Закодированная информация внутри них подразумевалась в его мировоззрении, но не была явно выражена до двадцатого столетия.

Генетическая база данных станет хранилищем информации об окружающей среде прошлого, окружающей среде, в которой предки выживали и передавали гены, помогавшие им сделать это. В той степени, в которой настоящая и будущая окружающая среда напоминают среду из прошлого (и в основном они напоминают), эта "генетическая книга мертвых" окажется полезным руководством для выживания в настоящем и будущем. Хранилище той информации в любой момент будет пребывать в отдельных телах, но в дальнейшей перспективе, поскольку размножение является половым, и ДНК перетасовывается от тела к телу, базой данных инструкций выживания будет генофонд вида.

Геном каждой особи, в любом поколении, будет выборкой из базы данных вида. У различных видов будут различные базы данных из-за различий миров их предков. База данных в генофонде верблюдов закодирует информацию о пустынях и как в них выживать. ДНК в

генофонде крота будет содержать инструкции и советы для выживания в темной, сырой почве. ДНК в генофонде хищника будет содержать все больше информации о добыче, ее приемах избегания поимки и как ее перехитрить. ДНК в генофонде добычи со временем станет содержать информацию о хищниках и как их избежать и опередить. ДНК во всех генофондах содержит информацию о паразитах и как сопротивляться их пагубным вторжениям.

Информация о том, как поступать в настоящем, чтобы выжить в будущем, обязательно черпается из прошлого. Неслучайное выживание ДНК в телах предков - очевидный путь, которым информация из прошлого записывается для будущего использования, и это маршрут, которым накоплена первичная база данных ДНК. Но в дальнейшем есть три пути, которыми информация о прошлом архивируется таким образом, что ее можно использовать для улучшения будущих возможностей выживания. Это иммунная система, нервная система и культура. Наряду с крыльями, легкими и всеми другими органами для выживания, каждая из трех вторичных систем сбора информации в конечном счете подготовлена первичной: естественным отбором ДНК. Мы могли бы вместе называть их четырьмя системами "памяти".

Первая память - ДНК-хранилище предковых методов выживания, написанных на движущемся свитке, которым является генофонд вида. Так же, как унаследованная база данных ДНК делает запись текущих деталей предковой окружающей среды и как в ней выжить, иммунная система, "вторая память", делает то же самое в отношении болезней и других повреждений тела в течение времени жизни особи. Эта база данных прошлых болезней и как их пережить уникальна для каждой особи и написана репертуаром белков, которые мы называем антителами - одна популяция антител для каждого патогена (организма, вызывающего болезнь), точно приспособленная прошлым "опытом", с белками характеризующими патоген. Как и многие дети моего поколения, я пережил корь и ветрянку. Мое тело

"помнит" "опыт", воспоминания воплощены в белках антител наряду с остальной частью моей личной базы данных побежденных ранее захватчиков. У меня, к счастью, никогда не было полиомиелита, но медицинская наука умно разработала технику прививок для того, чтобы привить ложные "воспоминания" о никогда не перенесенных болезнях. Я никогда не заболею полиомиелитом, потому что мое тело "думает", что болело им в прошлом, и моя база данных иммунной системы оборудована соответствующими антителами, "заставленная обманом", с помощью инъекции безопасной версии вируса, создавать их. Восхитительно, что, как показала работа различных медицинских ученых, Нобелевских лауреатов, база данных иммунной системы сама строится квазидарвинистским процессом случайной вариации и неслучайного отбора. Но в этом случае неслучайный отбор - отбор не тел на их способность выживать, а белков в теле на их способность обволакивать или как-либо по-другому нейтрализовывать вторгшиеся белки.

Третья память - та, о которой мы обычно думаем, когда мы используем это слово: та память, которая располагается в нервной системе. С помощью механизмов, которые мы полностью еще не понимаем, наши мозги сохраняют память прошлых событий параллельно с "памятью" антител о прошлых болезнях и "памятью" ДНК (поскольку мы можем ее так расценивать) о смертях и успехах предков. Упрощенно третья память работает благодаря процессу проб и ошибок, который можно понимать как еще одну аналогию естественного отбора. В поисках пищи животное может "испробовать" различные действия. Хотя не строго случайная, эта пробная стадия - приемлемая аналогия с генетической мутацией. Аналогией с естественным отбором является "подкрепление", система поощрений (положительное подкрепление) и наказаний (отрицательное подкрепление). Действие, такое как переворачивание сухих листьев (проба), оказывается, приносит личинок жуков и мокриц, скрывающихся под листьями (поощрение). У нервной системы есть правило, которое гласит, "Любое пробное действие,

сопровожаемое поощрением, должно быть повторено. Любое пробное действие, которое не сопровождается ничем, или, еще хуже, сопровождается наказанием, например, причиняет боль, не должно быть повторено".

Но память мозга идет намного дальше, чем этот квазидарвинистский процесс неслучайного выживания вознаграждаемых действий и устранения наказуемых в репертуаре животного. Память мозга (никакой потребности в кавычках здесь нет, потому что это - первоначальное значение слова), по крайней мере в случае человеческих мозгов, обширна и ярка. Она содержит детальные сцены, представленные во внутренней репрезентации всех пяти чувств. Она содержит списки лиц, мест, мелодий, социальных обычаев, правил, слов. Она Вам внутренне знакома, поэтому мне нет никакой необходимости тратить слова, чтобы передать что она такое, кроме как отметить замечательный факт, что словарь слов, которым располагаю я для того, чтобы писать, и идентичный, или, по крайней мере сильно совпадающий словарь, которым располагаете Вы, для того, чтобы читать, находятся в одной и той же обширной нейронной базе данных, наряду с синтаксическим аппаратом для того, чтобы составить их в предложения и расшифровывать их.

Кроме того, эта третья память, та, что в мозге, породила четвертую. База данных в моем мозге содержит больше, чем просто запись происшествий и ощущений моей личной жизни – хотя это было пределом, на начальных этапах эволюции мозга. Ваш мозг содержит коллективные воспоминания, унаследованные негенетически от прошлых поколений, переданные устно, или в книгах, или, в настоящее время, в Интернете. Мир, в котором мы с Вами живем, намного богаче благодаря тем, кто шел перед нами и вписал свои влияния в базу данных человеческой культуры: Ньютону и Маркони, Шекспиру и Стейнбеку, Баху и "Битлз", Стефенсону и братьям Райт, Дженнеру и Солку, Кюри и Эйнштейну, фон Нейману и Бернерс-Ли. И, конечно, Дарвину.

Все четыре памяти являются частью, или проявлением, огромной суперструктуры аппарата выживания, которая была первоначально, и в первую очередь, создана дарвиновским процессом неслучайного выживания ДНК.

"В НЕСКОЛЬКО ФОРМ ИЛИ В ОДНУ"

Дарвин был прав, воздерживаясь от категоричности, но сегодня мы вполне уверены, что все живущие существа на этой планете происходят от одного предка. Свидетельством, как мы видели в Главе 10, является то, что генетический код универсален, едва ли не идентичен у всех животных, растений, грибов, бактерий, археев и вирусов. Словарь из 64 слов, благодаря которому трехбуквенные слова ДНК переводятся в двадцать аминокислот и один знак препинания, означающий "начинай читать здесь" или, "прекращай читать здесь", является одним и тем же словарем из 64 слов, куда бы Вы ни глянули в царства живого (с одним или двумя исключениями, слишком незначительными, чтобы разрушить общее правило). Если бы, скажем, были обнаружены некоторые фантастические, аномальные микробы, названные харумскарриотами, которые не использовали бы ДНК вообще, или не использовали бы белки, или использовали бы белки, но собирали их из другого набора аминокислот чем известные двадцать, или которые использовали бы ДНК, но не триплетный код, или триплетный код, но не тот же словарь из 64 слов – если бы любое из этих условий было соблюдено, то мы могли бы предположить, что жизнь произошла дважды: однажды в случае харумскарриот и однажды в случае остальной жизни. Насколько мог знать Дарвин – в действительности, насколько мог знать кто-либо до открытия ДНК – у некоторых живых существ могли бы быть свойства, которые я здесь приписал харумскарриотам, и в этом случае его "в несколько форм" было бы оправдано.

Действительно ли возможно, чтобы два независимых истока жизни могли бы оба натолкнуться на один и тот же код из 64 слов? Очень маловероятно. Для того, чтобы это было вероятным, у существующего кода должны были быть сильные преимущества перед альтернативными кодами, и должен быть плавный уклон усовершенствований к нему, уклон, чтобы естественный отбор мог взобраться наверх. Оба этих условия невероятны. Фрэнсис Крик первым предположил, что генетический код - это "застывшая случайность" ["замороженный случай"], который, однажды установившись с трудом, поддается или не поддается изменению. Рассуждение интересно. Любая мутация в самом генетическом коде (в отличие от мутаций в генах, которые им закодированы) тотчас имела бы катастрофический эффект не только в одном месте, но и повсюду в целом организме. Если бы какое-нибудь слово в словаре из 64 слов изменило бы свое значение, то это бы привело к обозначению другой аминокислоты, и чуть ли не каждый белок в теле тотчас изменился бы, вероятно, во многих местах по всей своей длине. В отличие от обычной мутации, той, которая может, скажем, немного удлинить ногу, укоротить крыло или сделать темнее глаз, изменение в генетическом коде изменит все сразу, повсюду в теле, и это грозит катастрофой. Различные теоретики придумали остроумные варианты для особых обстоятельств, в которых мог бы эволюционировать генетический код: обстоятельств, в которых, цитируя одну из их работ, застывшая случайность могла бы "растаять". Заинтересованный как и они, я думаю, почти бесспорно, что каждое живое существо, чей генетический код был проверен, происходит от одного общего предка. Независимо от того, насколько сложны и различны программы высокого уровня, лежащие в основе различных форм жизни, все они, по сути, написаны на одном и том же машинном языке.

Конечно, мы не можем исключить возможность, что другие языки программирования могли возникнуть и у других существ, которые теперь вымерли – аналогов моих харумскариот. И физик Пол Дэвис

привел разумное рассуждение, что мы в действительности не очень старались выяснить, существуют ли какие-нибудь харумскарлоты (он, конечно, не использует это слово), не вымершие, но все еще скрывающиеся в каких-нибудь последних редутах нашей планеты. Он признает, что это не очень вероятно, но утверждает – немного в духе человека, который ищет свои ключи под уличным фонарем, а не там, где он их потерял – что намного легче и дешевле тщательно искать на нашей планете, чем путешествовать на другие планеты и искать там. Тем временем, я не против отметить мои личные ожидания, что профессор Дэвис ничего не найдет, и что все сохранившиеся формы жизни на этой планете используют один и тот же машинный код, и все произошло от одного предка.

"ПОКА ЭТА ПЛАНЕТА ОБРАЩАЛАСЬ СОГЛАСНО НЕИЗМЕННОМУ ЗАКОНУ ТЯГОТЕНИЯ"

Люди знали о циклах, управляющих нашими жизнями, задолго до того, как мы их поняли. Самым очевидным циклом является цикл дня и ночи. У объектов, плывущих в космосе или находящихся на орбите вокруг других объектов под действием закона гравитации, есть природная тенденция вращаться вокруг своей собственной оси. Есть исключения, но наша планета не является одним из них. Ее период вращения сейчас - двадцать четыре часа (прежде она вращалась быстрее), и мы испытываем это, конечно, по мере того как ночь следует за днем.

Поскольку мы живем на относительно массивном теле, мы представляем себе силу тяжести прежде всего как силу, которая тянет все к центру этого тела, ощущаемого нами как "низ". Но сила тяжести, как первым понял Ньютон, имеет повсеместное действие,

удерживающее тела повсюду во вселенной на полупостоянной орбите вокруг других тел. Мы испытываем это как ежегодный сезонный цикл по мере обращения нашей планеты вокруг Солнца. Поскольку ось, вокруг которой вращается наша планета, наклонена относительно оси обращения вокруг Солнца, мы испытываем более длинные дни и более короткие ночи в течение половины года, когда полушарие, на котором нам посчастливилось жить, наклонено к Солнцу, в период, достигающий кульминации летом. И мы переживаем более короткие дни и более длинные ночи в течение другой половины года, в период, который в противоположность ему мы называем зимой. В течение зимы в нашем полушарии лучи солнца, когда они достигают нас вообще, делают это под меньшим углом. Угол падения распределяет зимние солнечные лучи более скупно на более обширную область, чем те же лучи покрыли бы летом. Получение меньшего количества фотонов на квадратный дюйм ощущается как больший холод. Меньше фотонов на зеленый лист означает меньше фотосинтеза. Более короткие дни и более длинные ночи имеют тот же эффект. Зима и лето, день и ночь, нашими жизнями управляют циклы, как сказал Дарвин – и Книга Бытия до него: "впредь во все дни земли сеяние и жатва, холод и зной, лето и зима, день и ночь не прекратятся".

Сила тяжести содействует другим циклам, которые также имеют значение для жизни, хотя они менее очевидны. В отличие от других планет, имеющих много спутников, часто довольно маленьких, Земля, так случилось, обладает одним большим спутником, который мы называем Луной. Она достаточно большая, чтобы сама по себе оказывать существенное гравитационное воздействие. Мы ощущаем его в основном как приливный цикл: не только довольно быстрый цикл, по мере ежедневно прибывающих и спадающих приливов, но и более медленный ежемесячный цикл сизигийного и квадратурного прилива, который вызван взаимодействиями между гравитационными эффектами Солнца и обращающейся по ежемесячной орбите Луны. Эти приливные циклы особенно важны

для морских и прибрежных организмов, и люди задавались довольно невероятным вопросом, не сохранилась ли какой-нибудь память вида о нашем морском происхождении в наших ежемесячных репродуктивных циклах. Он может быть неправдоподобным, но это является предметом интригующих размышлений, насколько отличной была бы жизнь, если бы у нас на орбите не было Луны. Было даже предположение, снова же невероятное по моему мнению, что жизнь без Луны была бы невозможна.

Что было бы, если бы наша планета не вращалась вокруг своей оси? Если бы она была подолгу повернута одной стороной к солнцу, как Луна к нам, то половина с постоянным днем была бы пекущим адом, в то время как половина с постоянной ночью была бы невыносимо холодной. Смогла бы жизнь выжить в промежуточной сумеречной полосе, или, возможно, спрятанная глубоко в земле? Я сомневаюсь, что она бы возникла в таких неблагоприятных условиях, но если бы Земля постепенно замедляла вращение до остановки, было бы много времени, чтобы приспособиться, и не является неправдоподобным, что по крайней мере некоторые бактерии могли бы преуспеть.

Что, если бы Земля вращалась, но вокруг оси, которая не была бы наклонена? Я сомневаюсь, что это исключало бы жизнь. Не было бы никакого летне-зимнего цикла. Летние и зимние условия зависели бы от широты и высоты, но не от времени. Зима была бы постоянным сезоном, переживаемым существами, живущими или близко к любому из двух полюсов, или высоко в горах. Я не вижу, почему это должно исключить жизнь, но жизнь без сезонов была бы менее интересной. Не было бы никакого стимула мигрировать или размножаться в любое конкретное время года, а не в любое другое, или сбрасывать листья, или линять, или впадать в спячку.

Если бы планета не обращалась по орбите вокруг звезды вообще, то жизнь была бы совершенно невозможна. Единственная альтернатива движению на орбите вокруг звезды - это нестись через вакуум -

темный, близкий к температуре абсолютного нуля, в одиночестве и вдалеке от источника энергии, позволяющего жизни струиться против течения, временно и локально, против термодинамического потока. Фраза Дарвина "обращалась согласно неизменному закону тяготения" - это не больше, чем просто поэтический прием, чтобы выразить неумолимый и невообразимо протяженный ход времени.

Находиться на орбите звезды - единственный способ, при котором тело может оставаться на относительно неизменном расстоянии от источника энергии. Около любой звезды – и наше солнце является типичным – есть ограниченная зона, омываемая теплом и светом, где эволюция жизни возможна. По мере перемещения от звезды в космос эта пригодная для жизни зона быстро убывает, следуя известному закону обратных квадратов. Таким образом, свет и тепло уменьшаются не прямо пропорционально расстоянию от звезды, а пропорционально квадрату расстояния. Нетрудно понять, почему так должно быть. Представьте себе концентрические сферы увеличивающегося радиуса, со звездой в центре. Энергия, излучаемая звездой, попадает на внутреннюю часть сферы и "распределяется" равномерно на каждый квадратный дюйм внутренней поверхности сферы. Площадь поверхности сферы пропорциональна квадрату радиуса. Так, если сфера А вдвое дальше от звезды, чем сфера В, то одно и то же число фотонов должно быть "распределено" по четверо большей площади. Вот почему Меркурий и Венера, планеты, наиболее близкие к центру нашей солнечной системы, очень жаркие, в то время как внешние, такие как Нептун и Уран - холодные и темные, хотя все же не столь холодные и темные как открытый космос.

Второй закон термодинамики гласит, что, хотя энергия не может быть ни создана, ни уничтожена, она может – должна в закрытой системе – становится менее способной делать полезную работу: именно это имеется в виду, когда говорят, что "энтропия" увеличивается. "Работа" включает, например, перекачку воды в гору

или – химический аналог – извлечение углерода из атмосферного углекислого газа и использование его в тканях растения. Как уже разбиралось в Главе 12, оба эти результата могут быть достигнуты, только если энергия питает систему, например электрическая энергия приводит в действие водяной насос, или солнечная энергия движет синтез сахара и крахмала в зеленом растении. Как только вода будет закачана на вершину горы, она будет иметь тенденцию течь под гору, и часть энергии ее нисходящего потока может быть использована, чтобы привести в действие водяное колесо, которое может выработать электричество, которое может заставить электромотор накачать часть этой воды в гору снова: но только часть! Часть энергии всегда теряется – хотя никогда не уничтожается. Вечный двигатель (Вы не сможете сказать это слишком категорично) невозможен.

В химии жизни углерод, извлеченный из воздуха движимыми солнцем химическими реакциями "в гору" в растениях, может быть сожжен, чтобы выпустить часть энергии. Мы можем буквально сжечь его в форме угля, который Вы можете себе представить как сохраненную солнечную энергию, поскольку она была помещена туда солнечными панелями давно умерших растений в каменноугольном периоде и в другие прошедшие времена. Или энергия может быть выпущена более управляемым способом, чем фактическое горение. В живых клетках, и растений, и животных, поедающих растения, или животных, поедающих животных, которые едят растения (и т.д.), созданные солнцем соединения углерода "медленно сжигаются". Вместо того, чтобы буквально вспыхивать пламенем, они отдают свою энергию удобной для использования струйкой, где она работает контролируемым образом, приводя в действие химические реакции "в гору". Неизбежно часть этой энергии тратится впустую в виде тепла – если бы этого не было, то у нас был бы вечный двигатель, который (Вы не можете говорить это слишком часто) невозможен.

Почти вся энергия во вселенной неуклонно деградирует от форм, способных к выполнению работы, к формам, неспособным к ее выполнению. Происходит выравнивание, смешивание, пока в конечном счете вся вселенная не успокоится в однообразной, (буквально) не отмеченной событиями "тепловой смерти". Но пока вселенная в целом мчится под гору к своей неизбежной тепловой смерти, существует возможность для маленьких количеств энергии вести небольшие локальные системы в противоположном направлении. Вода из моря поднимается в воздух в виде облаков, которые позже оседают водой на горных вершинах, с которых она бежит под гору в ручьях и реках, которые могут приводить в движение водяные колеса или электростанции. Энергия для подъема воды (и, следовательно, для запуска турбин на электростанциях) поступает от Солнца. Это не является нарушением Второго Закона, поскольку энергия постоянно подается от Солнца. Энергия Солнца делает нечто подобное в зеленых листьях, локально приводя в действие химические реакции "в гору", чтобы создавать сахар и крахмал, ткани растения и целлюлозу. В конечном итоге растения умирают или могут быть съедены сначала животными. Захваченная солнечная энергия имеет возможность просачиваться через многочисленные каскады и через длинную и сложную пищевую цепь, достигающую кульминации в бактериальном или грибковом разложении растений или животных, что продолжает пищевую цепь. Или часть ее может быть накоплена под землей, сначала как торф, а затем как уголь. Но всеобщая тенденция к конечной тепловой смерти никогда не обращается вспять. В каждом звене пищевой цепи и в каждом тонко струящемся каскаде в каждой клетке часть энергии деградирует в бесполезную. Вечные двигатели... хорошо, достаточно повторять, но я не буду извиняться за цитирование, как я сделал по крайней мере в одной предыдущей книге, изумительного высказывания сэра Артура Эддингтона на эту тему:

Если кто-то указывает Вам, что Ваша любимая теория вселенной противоречит уравнениям Максвелла – тогда

тем хуже для уравнений Максвелла. Если обнаруживается противоречие наблюдениям – что ж, эти экспериментаторы действительно иногда совершают промахи. Но если Ваша теория, оказывается, выступает против второго закона термодинамики, я не могу Вас обнадежить; ей не остается ничего, кроме краха в глубочайшем унижении.

Когда креационисты говорят, как они часто делают, что теория эволюции противоречит второму закону термодинамики, они говорят нам не больше, чем то, что они не понимают второй закон (мы уже знаем, что они не понимают эволюции). Нет никакого противоречия, из-за солнца!

Вся система, говорим ли мы о жизни или о воде, поднимающейся в облака и падающей снова, в конечном счете зависит от постоянного притока энергии от солнца. Никогда фактически не нарушая законов физики и химии – и, конечно, никогда не нарушая второй закон – энергия солнца поддерживает жизнь, вытягивая все возможное из законов физики и химии, чтобы эволюционировали потрясающие достижения сложности, разнообразия, красоты и странной иллюзии статистического неправдоподобия и преднамеренного дизайна. Поэтому убедительность состоит в том, что иллюзия, которая дурачила наши самые великие умы в течение многих столетий, пока на сцене не появился Чарльз Дарвин. Естественный отбор - насос невероятности: процесс, который порождает статистическую невероятность. Он систематически захватывает то меньшинство случайных изменений, которое дает то, что требуется для выживания, и накапливает его, шаг за крохотным шагом в невообразимом масштабе времени, пока эволюция, в конечном итоге, не поднимется в горы невероятности и разнообразия, пики, высота которых и размах, кажется, не знают предела, на метафорическую гору, которую я назвал "Горой Невероятного". Насос невероятности естественного отбора, двигая сложность живого, поднимается на

"Гору Невероятного", своего рода статистический эквивалент солнечной энергии, поднимающей воду на вершину обычной горы. Все большая сложность живого эволюционирует лишь потому, что естественный отбор локально движет ее от статистически вероятного к невероятному. А это возможно только из-за непрерывного обеспечения энергией от Солнца.

"ИЗ СТОЛЬ ПРОСТОГО НАЧАЛА"

Мы немало знаем о том, как эволюция работала с того времени, как началась, гораздо больше, чем знал Дарвин. Но мы знаем не намного больше, чем Дарвин, о том, где и как она началась изначально. Эта книга о свидетельствах, и у нас нет никаких свидетельств, касающихся того исторического события, которое было началом эволюции на этой планете. Оно могло быть событием величайшей редкости. Это должно было произойти только однажды, и, насколько нам известно, это произошло только однажды. Возможно даже, что это произошло только однажды во всей вселенной, хотя относительно этого я сомневаюсь. Одно мы можем сказать на основе чистой логики, а не свидетельств, что Дарвин был достаточно разумен, чтобы сказать "из столь простого начала". Противоположностью простому является статистически невероятное. Статистически невероятные вещи спонтанно не возникают: именно это значит "статистически невероятное". Начало должно было быть простым, и эволюция путем естественного отбора является все еще единственным известным нам процессом, через который простые начала могут стать источником сложных результатов.

Дарвин не обсуждал, как началась эволюция, в "О происхождении видов". Он думал, что проблема выходит за рамки науки его времени. В письме Хукеру, которое я цитировал ранее, Дарвин продолжал говорить: "Это просто чушь, думать в настоящее время о

происхождении жизни, с таким же успехом можно думать о происхождении материи". Он не исключил возможности того, что проблема в конечном счете будет решена (на самом деле, проблема происхождения материи в значительной степени была решена), но только в отдаленном будущем: "Пройдет какое-то время, прежде чем мы увидим "слизь, протоплазму, и т.п. ", порождающую новых животных.

В этом месте в своем издании писем отца, Фрэнсис Дарвин вставил сноску, говорящую нам:

На ту же тему мой отец писал в 1871 году: "Часто говорят, что сейчас присутствуют все условия для первого возникновения живого организма, которые когда-либо могли присутствовать. Но если (и О! какое большое если!) мы могли бы вообразить себя в некотором теплом небольшом пруду, с наличием всех видов аммиачных и фосфорных солей, света, тепла, электричества, и т.д., химически сформировались бы белковые структуры, готовые к более сложным изменениям, то в наши дни такое вещество немедленно было бы съедено или поглощено, чего никогда не произошло бы до формирования живых существ".

Чарльз Дарвин здесь делает две весьма различные вещи. С одной стороны, он представлял свое единственное предположение о том, как жизнь, возможно, возникла (пассаж со знаменитым "небольшим теплым прудом"). С другой стороны, он освобождал современную науку от иллюзорных надежд на наблюдение этого события, воспроизведенного на наших глазах. Даже если "все условия для первого возникновения живого организма" сейчас наличествуют, любое такое новое возникновение "немедленно было бы съедено или поглощено" (предположительно бактериями, для этого добавления у

нас сегодня есть серьезные основания), "чего никогда не произошло бы до формирования живых существ".

Дарвин написал это спустя семь лет после того, как Луи Пастер сказал на лекции в Сорбонне, "Никогда доктрина спонтанного зарождения не оправится от смертельного удара, который нанес этот простой эксперимент". Тем простым экспериментом был эксперимент, в котором Пастер показал, вопреки популярному в то время ожиданию, что бульон, отрезанный от доступа микроорганизмов, не прокиснет.

Демонстрации, подобные Пастеровским, иногда цитируются креационистами в качестве свидетельства в их пользу. Этот ложный силлогизм звучит следующим образом: "Самозарождение ни разу в наши дни не наблюдалось. Поэтому возникновение жизни невозможно". Замечание Дарвина 1871 года было разработано именно как ответный удар на такую нелогичность. Очевидно, что самозарождение жизни - очень редкое событие, но оно должно было случиться однажды, и это так, независимо от того, считаете ли вы первичное самозарождение естественным или сверхъестественным событием. Вопрос о том, насколько редким событием является возникновение жизни, довольно интересен, и я к нему вернусь.

Первые серьезные попытки представить, как могла возникнуть жизнь, Опарина в России и (независимо) Холдейна в Англии, обе начались с отрицания того, что условия для первого образования жизни все еще имеются. Опарин и Холдейн предположили, что ранняя атмосфера могла очень отличаться от современной. В частности, не должно было быть свободного кислорода, и атмосфера таким образом - как ее загадочно называют химики - была "восстановительной" атмосферой. Мы сейчас знаем, что весь свободный кислород в атмосфере - продукт жизни, а именно растений - и очевидно, не является частью первоначальных условий, в которых жизнь возникла. Кислород наводнил атмосферу как

загрязняющая примесь, даже яд, пока естественный отбор не сформировал живые существа, процветающие на этом веществе, и более того, задыхающиеся без него. "Восстановительная" атмосфера вдохновила самую известную экспериментальную атаку на проблему происхождения жизни, колбу Стэнли Миллера, наполненную простыми элементами, которые бурлили и искрились в течение всего лишь недели, прежде чем произвести аминокислоты и других предвестников жизни.

"Небольшой теплый пруд" Дарвина, вместе с варевом ведьмы, состряпанным Миллером, которого он вдохновил, в настоящее время часто отвергается как преамбула к выдвижению некоторой предпочитаемой альтернативы. Правда в том, что нет полного согласия. Несколько многообещающих идей были предложены, но нет никаких решающих свидетельств, которые убедительно указывали бы на одну конкретную. В предыдущих книгах я уделял внимание различным интересным возможностям, включая теорию неорганических кристаллов глины Грэма Кэрнс-Смита, и более современное модное представление, что условия, при которых впервые возникла жизнь, были близкими к гадейским условиям обитания сегодняшних "термофильных" бактерий и архей, некоторые из которых процветают и размножаются в горячих источниках, которые буквально кипят. Сегодня, большинство биологов движутся в направлении "Теории Мира РНК", и по причине, которую я нахожу весьма убедительной.

У нас нет никаких свидетельств того, каков был первый шаг в создании жизни, но мы действительно знаем род шага, которым он должен был быть. Он должен был быть тем, что запустило бы естественный отбор. До этого первого шага виды улучшения, которые только естественный отбор может достичь, были невозможны. И это означает, что этим ключевым шагом было возникновение в каком-то, пока неизвестном, процессе самореплицирующейся сущности. Саморепликация порождает

борьбу в популяции существей, которые конкурируют друг с другом за возможность репликации. Поскольку ни один процесс копирования не является совершенным, популяция неизбежно придет к вариации и, если в популяции репликаторов существуют варианты, у которых есть то, что требуется для успеха, они станут преобладающими. Это естественный отбор, и он не мог начаться, пока не появилось первая самореплицирующаяся сущность.

Дарвин, в своем параграфе о "теплом небольшом пруде", размышлял, что ключевым событием в происхождении жизни, возможно, было непосредственное возникновение белка, но это, оказывается менее перспективным, чем большинство идей Дарвина. Не то, чтобы белки не имели жизненно важного значения для живого. Мы видели в Главе 8, что у них есть очень особое свойство скручиваться и формировать трехмерные объекты, точная форма которых определена одномерной последовательностью их составных элементов, аминокислот. Мы также видели, что та же самая точная форма придает им способность катализировать химические реакции с большой специфичностью, ускоряя конкретные реакции, возможно, в триллионы раз. Специфика ферментов делает биологическую химию возможной, и белки кажутся почти бесконечно гибкими в спектре форм, которые они могут принимать. Это то, в чем белки хороши. Они действительно очень, очень хороши в этом, и Дарвин был совершенно прав, упоминая их. Но есть нечто, в чем белки откровенно плохи, и это Дарвин упустил. Они абсолютно безнадежны в репликации. Они не могут делать копии самих себя. Это означает, что ключевым шагом в происхождении жизни не было спонтанное возникновение белка. Что же это было?

Лучшей самореплицирующейся молекулой, которую мы знаем, является ДНК. В развитых формах жизни, с которым мы знакомы, ДНК и белки элегантно дополняют друг друга. Молекулы белка - отличные ферменты, но паршивые репликаторы. ДНК - в точности наоборот. Она не свертывается в трехмерные формы, и поэтому не

работает ферментом. Вместо того, чтобы свернуться, она сохраняет свою открытую, линейную форму, и это делает ее идеальной в качестве репликатора и как задатчика аминокислотных последовательностей. Молекулы белка, именно потому что они свертываются в "закрытые" формы, не "выставляют" свою информацию о последовательности, которая могла бы быть скопирована или "прочитана". Информация о последовательности недоступно похоронена в скрученном белке. Но в длинной цепи ДНК информация о последовательности выставлена и доступна в качестве шаблона.

"Загвоздка-22" в происхождении жизни заключается в следующем. ДНК может реплицироваться, но она нуждается в ферментах, чтобы катализировать этот процесс. Белки могут катализировать формирование ДНК, но они нуждаются в том, чтобы ДНК задала правильную последовательность аминокислот. Как могли молекулы ранней Земли вырваться из этого замкнутого круга и позволить естественному отбору начаться? Вступает РНК.

РНК принадлежит к тому же семейству цепочных молекул, что и ДНК, полинуклеотидов. Она способна к переносу того же количества тех же четырех "букв" кода ДНК, и она действительно делает это в живых клетках, неся генетическую информацию от ДНК туда, где может быть использована. ДНК действует как шаблон для построения последовательности кода РНК. А затем последовательности белка строятся с использованием РНК, а не ДНК, в качестве шаблона. У некоторых вирусов вообще нет ДНК. РНК - их генетическая молекула, единственно ответственная за перенос генетической информации из поколения в поколение.

Теперь - к ключевому пункту происхождения жизни "Теории Мира РНК". В дополнение к растягиванию в форму, подходящую для того, чтобы передавать информацию о последовательности, РНК также способна к самосборке, как наше магнитное ожерелье Главы 8, в

трехмерные формы, которые имеют ферментативную активность. РНК-ферменты существуют. Они не столь эффективны, как белковые ферменты, но они действительно работают. "Теория Мира РНК" предполагает, что РНК была достаточно хорошим ферментом, чтобы держать оборону, пока не эволюционировали белки, чтобы взять на себя роль фермента, и эта РНК была также достаточно хорошим репликатором, чтобы как-то выполнять эту роль, пока не эволюционировала ДНК.

Я считаю "Теорию Мира РНК" правдоподобной, и я думаю довольно вероятно, что химики в течение следующих нескольких десятилетий смоделируют в лаборатории полную реконструкцию событий, которые отправили естественный отбор по его историческому пути четыре миллиарда лет назад. Захватывающие шаги в правильном направлении уже предприняты.

Однако, прежде чем оставить эту тему, я должен повторить предупреждение, которое я высказал в предыдущих книгах. Мы на самом деле не нуждаемся в правдоподобной теории происхождения жизни, и мы могли бы даже немного забеспокоиться, если бы слишком правдоподобная теория была бы обнаружена! Этот вопиющий парадокс является результатом известного вопроса "Где все?", который был поставлен физиком Энрико Ферми. Как бы загадочно не звучал вопрос, товарищи Ферми, коллеги-физики из лаборатории Лос-Аламоса, были достаточно приучены, чтобы точно знать, что он имел в виду. Почему нас не посещают живые существа откуда-либо еще во вселенной? Если не лично, то, по крайней мере, с помощью радиосигналов (что значительно более вероятно).

Сейчас можно оценить, что существует свыше миллиарда планет в нашей галактике, а галактик около миллиарда. Это означает, что, хотя и возможно, что наша планета является единственной в галактике, на которой есть жизнь, для того, чтобы это было так, вероятность возникновения жизни на планете должна была быть не

намного выше, чем один к миллиарду. Теория происхождения жизни на этой планете, которую мы ищем, поэтому решительно не должна быть правдоподобной теорией! Если бы она была правдоподобной, то жизнь должна быть распространенной в галактике. Возможно, она распространена, в таком случае правдоподобная теория - это то, что нам нужно. Но у нас нет никаких свидетельств, что жизнь существует вне этой планеты, и мы как минимум имеем право удовлетвориться неправдоподобной теорией. Если мы отнесёмся к вопросу Ферми серьезно и интерпретируем отсутствие визитов как свидетельство того, что жизнь чрезвычайно редка в галактике, мы, безусловно, должны выдвинуть предположение, что не существует правдоподобной теории происхождения жизни. Я развил аргументацию более полно в "Слепое Часовщике", и оставляю ее там. Моя догадка, насколько она ценна (не очень сильно, потому что слишком много неизвестных), что жизнь очень редка, но что число планет является настолько большим (все время обнаруживаются еще), что мы, вероятно, не одни, и могут быть миллионы островов жизни во вселенной. Однако даже миллионы островов все еще могут быть на таком расстоянии, что у них нет почти никакого шанса когда-либо натолкнуться друг на друга, даже по радио. К сожалению, поскольку затронуты практические вопросы, мы вполне можем быть одиноки.

"БЕСКОНЕЧНЫЕ ФОРМЫ, КРАСИВЕЙШИЕ И УДИВИТЕЛЬНЕЙШИЕ ЭВОЛЮЦИОНИРОВАЛИ И ЭВОЛЮЦИОНИРУЮТ"

Я не уверен, что Дарвин подразумевал под понятием "бесконечные". Это могла быть только превосходная степень, используемая, чтобы придать силу "красивейшим" и "удивительнейшим". Я полагаю,

отчасти было так. Но мне хочется думать, что Дарвин имел в виду что-то более конкретное под понятием "бесконечные". Когда мы оглядываемся назад на историю жизни, мы видим картину бесконечной, вечно омолаживающейся новизны. Умирают особи; виды, семейства, отряды и даже классы вымирают. Но сам эволюционный процесс, кажется, восстанавливается и периодически возобновляет свое цветение, с неизменной свежестью, с неослабевающей молодостью, по мере того, как эпоха сменяет эпоху.

Позвольте мне кратко вернуться к компьютерным моделям искусственного отбора, которые я описал в Главе 2: "сафари-парк" компьютерных биоморфов, включая программы артроморфов и конхоморфов, которые показали, как могло эволюционировать большое разнообразие раковин моллюсков. В той главе я представил эти компьютерные существа как иллюстрацию того, как искусственный отбор работает и насколько он силен, при достаточном количестве поколений. Сейчас я хочу использовать эти компьютерные модели с другой целью.

Мое общее впечатление, глядя на экран компьютера и размножающихся биоморфов, цветных или черных, и размножающихся артроморфов, что это никогда не становились скучными. Было ощущение бесконечно возобновляемой причудливости. Программа, казалось, никогда не "уставала", и игрок тоже. Это контрастировало с программой "D"Argy", которую я кратко описал в Главе 10, той, в которой "гены" математически тянули координаты виртуального резинового листа, на котором было нарисовано животное. Производя искусственный отбор в программе D"Argy, игрок, кажется, с течением времени перемещается все дальше и дальше от исходной точки, где вещи имеют смысл, в неизведанные земли искривленной неэлегантности, где смысл, кажется, все уменьшается, по мере того как мы путешествуем от отправной точки. Я уже указывал на причину этого. В программах биоморфов, артроморфов и конхоморфов у нас есть компьютерный

аналог эмбриологических процессов – трех различных эмбриологических процессов, каждый по-своему биологически правдоподобен. Программа D"Arcy, в отличие от них, не моделирует эмбриологию вообще. Вместо этого, как я объяснил в Главе 10, она управляет искажениями, с помощью которых одна взрослая форма может быть преобразована в другую взрослую форму. Это отсутствие эмбриологии лишает ее "изобретательной плодовитости", которую демонстрируют биоморфы, артроморфы и конхоморфы. И та же изобретательная плодовитость демонстрируется эмбриологиями из реальной жизни, что является минимальной причиной, почему эволюция производит "бесконечные формы, красивейшие и удивительнейшие". Но можем ли мы выйти за пределы минимального?

В 1989 году я написал работу, названную "Эволюция способности эволюционировать", в которой предположил, что мало того, что животные становятся лучше в выживании с течением поколений: потомственные линии животных становятся лучше в эволюции. Что означает быть "хорошим в эволюции"? Какие животные хороши в эволюции? Насекомые на суше и ракообразные в море кажутся чемпионами в порождении многообразия тысяч видов, распределяя ниши, изменяя костюмы в течение эволюционного времени с задорной энергией. Рыбы тоже демонстрируют удивительную эволюционную плодовитость, также как и лягушки, и более знакомые млекопитающие и птицы.

То, что я предположил в своей работе в 1989 году - что способность эволюционировать является свойством эмбриологий. Гены мутируют, изменяя тело животного, но они должны работать через процессы эмбрионального роста. И некоторые эмбриологии лучше других в расширении плодовитости диапазонов генетических вариаций, сырьем для работы естественного отбора, и поэтому, возможно, они лучше в эволюционировании. "Возможно" кажется слишком слабым. Разве фактически не очевидно, что некоторые

эмбриологии в этом смысле должны быть лучше других в эволюционировании? Я думаю, да. Менее очевидный, но, тем не менее, я думаю, что может иметь место своего рода высокоуровневый естественный отбор в пользу "поддающейся эволюционированию эмбриологии". С течением времени эмбриологии улучшают свою способность эволюционировать. Если существует "высокоуровневый отбор" подобного рода, он достаточно отличается от обычного естественного отбора, который отбирает особей на их способность успешно передавать гены (или, что то же самое, отбирает гены на их способность строить успешных особей). Высокоуровневый отбор, который улучшает способность эволюционировать, был бы чем-то вроде того, что великий американский эволюционный биолог Джордж К. Уильямс, назвал "кладовым отбором". Клада - ветвь дерева жизни, такая как вид, род, отряд или класс. Мы можем сказать, что происходит кладовый отбор, когда клад, такая как насекомые, распространяется, порождает многообразие и населяет мир более успешно, чем другая клад, такая как погонофоры (нет, Вы вероятно не слышали об этих скромных червеобразных существах, и есть причина: они - неудачная клад!). Кладовый отбор не подразумевает, что клад должны конкурировать друг с другом. Насекомые не конкурируют, по крайней мере прямо, с погонофорами за пищу, или место, или какой-либо другой ресурс. Но мир полон насекомых и почти лишен погонофор, и мы справедливо испытываем желание приписать успех насекомых некоторой черте, которой они обладают. Я предполагаю, что есть нечто в их эмбриологии, что делает их способными эволюционировать. В главе "Восхождения на гору Невероятности", названной "Калейдоскопические эмбрионы", я выдвигал различные предположения относительно конкретных черт, обеспечивающих способность эволюционировать, включая ограничения, накладываемые симметрией, и включая модульные архитектуры, такие как сегментированный план строения тела.

Возможно, частично из-за своей сегментной модульной архитектуры клада членистоногих хороша в эволюционировании, в подбрасывании вариаций в различных направлениях, в порождении многообразия, в оппортунистическом заполнении ниш, когда те становятся доступными. Другие клады могут быть столь же успешными, потому что их эмбриологии ограничены зеркальностью развития в разных плоскостях. Клады, которые мы видим заселившими земли и моря - это клады, которые хороши в эволюционировании. В кладовом отборе неудачные клады вымирают или им не удается породить многообразие, чтобы противостоять различным угрозам: они увядают и погибают. Успешная клада преуспевает и процветает как листья на филогенетическом дереве. Кладовый отбор звучит соблазнительно похоже на дарвиновский естественный отбор. Соблазнению нужно сопротивляться или, по крайней мере, бить тревогу. Поверхностные подобия могут активно вводить в заблуждение.

Сам факт нашего собственного существования почти слишком удивителен, чтобы его вынести. И таков же факт, что мы окружены богатой экосистемой животных, которые более или менее близко напоминают нас, растениями, которые напоминают нас немного меньше и от которых мы, в конечном счете, зависим в нашем пропитании, и бактериями, которые напоминают наших более отдаленных предков и к которым мы еще вернемся при разложении, когда наше время истечет. Дарвин далеко опередил свое время в понимании величины проблемы нашего существования, так же как в постижении ее решения. Он опередил свое время также в понимании взаимной зависимости животных, растений и всех других существ, во взаимоотношениях, запутанность которых поражает воображение. Как получилось, что мы не просто существуем, но окружены такой сложностью, такой элегантностью, такой бесконечностью форм, красивейших и удивительнейших?

Ответ таков. Не могло быть иначе, учитывая, что мы способны заметить наше существование вообще и задавать вопросы об этом. Не случайно, как указывают нам космологи, что мы видим звезды в нашем небе. Возможны вселенные без звезд в них, вселенные, физические законы и константы которых заставляют первозданный водород равномерно рассеиваться, а не концентрироваться в звезды. Но никто не наблюдает тех вселенных, из-за того, что субъекты, способные наблюдать что-нибудь, не могут эволюционировать без звезд. Жизнь не только нуждается по крайней мере в одной звезде для получения энергии. Звезды также являются печами, в которых "выплавлено" большинство химических элементов, а жизнь не может быть без богатой химии. Мы могли бы рассмотреть все законы физики, один за другим, и сказать то же самое о них: это не случайность, что мы видим...

То же самое верно и в отношении биологии. Не случайно, мы видим зеленый цвет почти везде, куда мы глядим. Не случайно, что мы обнаруживаем себя, взгромоздившимися на одном крошечном сучке в разгар цветения процветающего дерева жизни; не случайно, что мы окружены миллионами других видов, едящих, растущих, гнилостных, плавающих, ходящих, летающих, копающих, преследующих, убегающих, опережающих, обманывающих. Без зеленых растений, превосходящих нас по крайней мере в десятеро против одного, не было бы питающей нас энергии. Без постоянной эскалации гонки вооружений между хищниками и добычей, паразитами и хозяевами, без "войны в природе" Дарвина, без его "голода и смерти" не было бы нервной системы, способной видеть что-либо вообще, не говоря уже об оценке и понимании этого. Мы окружены бесконечными формами, красивейшими и удивительнейшими, и это не случайность, а прямое следствие эволюции путем неслучайного естественного отбора - единственного представления в городе, Величайшего шоу на Земле.



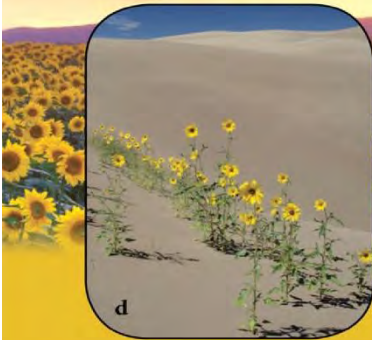
'And God blessed them, and God said unto them, Be fruitful, and multiply, and replenish the earth, and subdue it, and have dominion over the fish of the sea, and over the fowl of the air, and over every living thing that moveth upon the earth.'

Opinion polls show that many people are creationists who believe that all living things came into existence in a single week six thousand years ago.

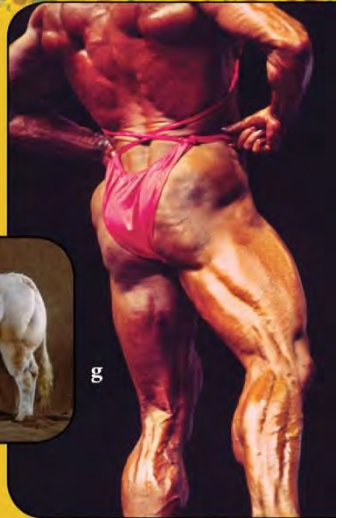


What artificial selection can do in a very short time: wild cabbage (a) and its useful (b) and monstrous (c) descendants.

Sunflowers were (d) artificially selected long ago by Native Americans and (e) enhanced by modern horticulturalists.



The Belgian Blue mound of beef (f) is artificially mutated. The beefcake woman (g) is artificially nurtured and exercised. Environmentally induced change can closely mimic genetic change.

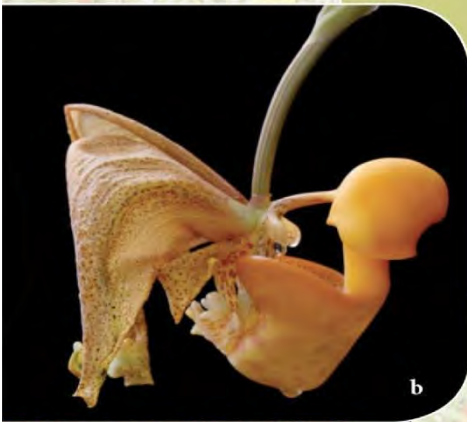


(h) Chihuahua and Great Dane: both are wolves under the skin, but who would guess it from their appearance, after a few centuries of artificial selection?



h

(a) The long nectary of this Madagascar orchid led both Darwin and Wallace to predict the eventual discovery of a long tongue to match. Years later, it was found: *Xanthopan morgani praedicta*, Darwin's hawk moth. (b) Bucket orchid: one of the most elaborate exponents of 'silver bullet' pollination. (c) Euglossine bee, struggling to leave bucket orchid and picking up pollen as it does so.



- (d) Moth that thinks it's a hummingbird? The hummingbird hawk moth, a wonderful example of convergent evolution.
- (e) Hummingbird in exquisite action. Bright red flowers are usually bird-pollinated, for birds, unlike insects, see well at the red end of the spectrum. (f) Sunbird sucking nectar from a red flower in Africa.
- (g) Bucking bronco ride of a thynnid wasp on a hammer orchid. (h) Honey trap? This orchid is a deceiver, relying on its resemblance to a female bee to lure a male into attempted copulation. (i) Evening primrose as we see it. (j) Evening primrose as an insect sees it? Not quite, but with false colours to show the patterns that an insect, with its ultraviolet vision, might see.
- (k) Spider orchid. Is the resemblance to a spider shaped by natural selection?



The bright colours of the cock pheasant (a) have been selected by generations of hens. (b) Underwater cock pheasants? Male guppies in predator-free waters are free to evolve bright colours that attract predators. As with roses and tulips, human breeders have latched on and taken the trend further. These guppies appeal to aquarists as well as females.

(c) Danger lurks in beauty. Purple praying mantis lies in wait for insects lured by the flower that it mimics. (d) Other mantises mimic leaves; this is the nymph (a juvenile stage) of one of them. Some animals, such as this gecko (e) from South America, mimic dead leaves. (f) This is not the front end of a snake but the back end of a caterpillar. Its ancestors survived because a significant number of would-be predators were frightened by the resemblance.





(a) Gorilla in our midst. Stunning evidence of the unreliability of eyewitness testimony (see text p. 14)




Figure provided by Daniel Simons. The video depicted in this figure is available as part of a DVD from Viscog Productions (<http://www.viscog.com>).



(b) If evolution is true, why isn't the world full of crocoducks and fronkeys, of doggyptomamuses and kangarabbits? To celebrate this knockdown argument (see text pp. 152–3) Josh Timonen kindly made me a crocoduck tie, to wear in honour of creationists everywhere.

(c) Tempting bait to hook an eager creationist (see text p. 154)

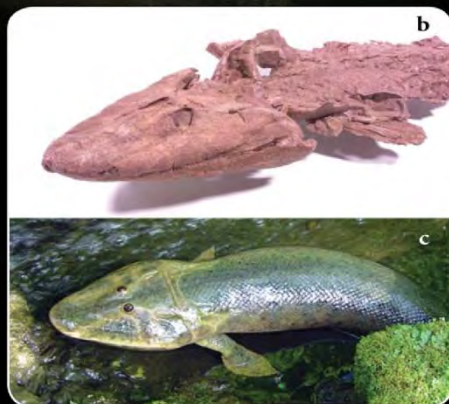




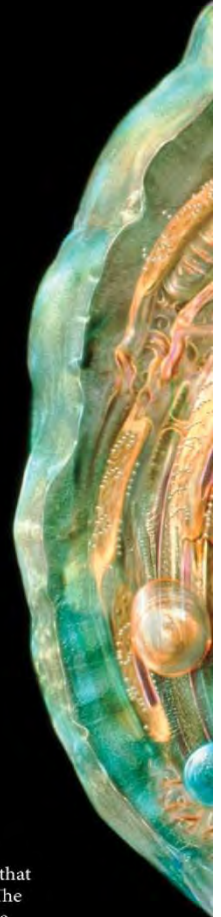
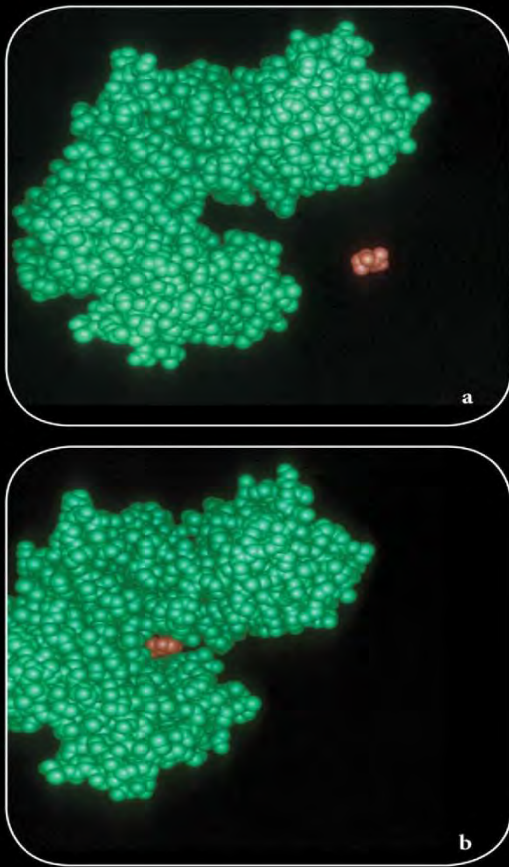
Is it a monkey? Is it a lemur? It's Superlink! *Darwinius masillae* has been classified as an Adapid primate, and it certainly lies somewhere close to the ancestry of anthropoids, but to say that 'this transitional species finally confirms Charles Darwin's theory of evolution' is ridiculous. Darwin's theory was confirmed long ago, and in any case applies to all living creatures, not just our own close relatives. This fossil has been described as the 'eighth wonder of the world', but the real wonder is the tightly orchestrated and bizarrely exaggerated hype that attended its discovery; 'the most important find for 47 million years'; a 'global event' that 'changes everything'; the 'first ever link to human beings'; the impact of its publication will be 'just like an asteroid hitting the Earth'. Preposterous nonsense, but it is a beautiful fossil which will certainly shed some light on our ancestry, and that is a good enough reason for picturing it here.



(a) The Devonian era when the land waited, full of promise, for the exodus of the fishes from the water. Embodying this huge transition was Canada's prize discovery *Tiktaalik* (b) and (c) – like all 'missing' links, just waiting to be found. But not all the animals who discovered the land stayed there: manatees (d, with babies) and dugongs (e) – together called sirenians, because of their alleged resemblance to mermaids, as perceived by frustrated sailors – returned to the water. Some groups – as suggested by the fascinating *Odontochelys semitestacea*, the proto-turtle without a top shell (f) – having returned to the water, may even have made another return to the land later.



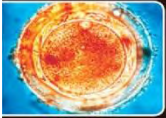




(a) and (b) The large green molecule is hexokinase, an important enzyme that processes glucose (the small brown molecule) by adding phosphate to it. The open 'jaws' (the 'active site' of the enzyme) in (a) clamp shut on the glucose (b), hold it while phosphate is added, then let it go. (c) Even a single cell is breathtakingly complicated. Far from being just a bag full of juice, the cell is packed with elaborate membranous machines and molecular conveyor belts. The key to understanding how such complexity is put together is that it is all done locally, by small entities obeying *local* rules.



c



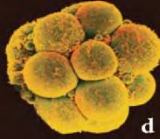
a



b



c



d



e

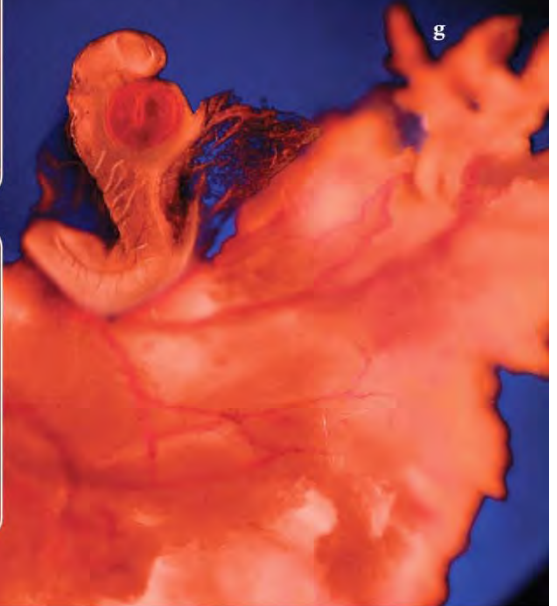
Stages in human development. The fertilized egg cell or zygote (a) splits into two (b), then four, then eight (c), then sixteen (d), all without any increase in total size. At ten days, the embryo implants into the wall of the uterus (e). At twenty-two days the neural tube begins to form (f). At twenty-four days (g) the embryo resembles a tiny fish. At twenty-five days (h) the face is forming. The little holes near the back of the head are the embryonic ears.



f



h



g



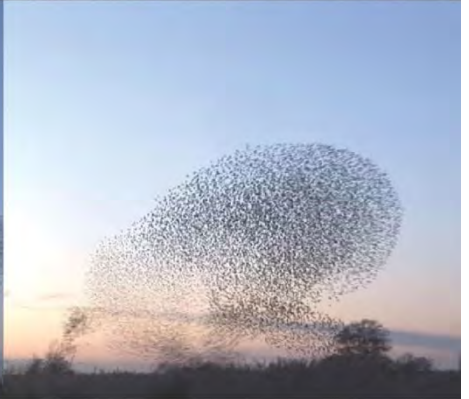
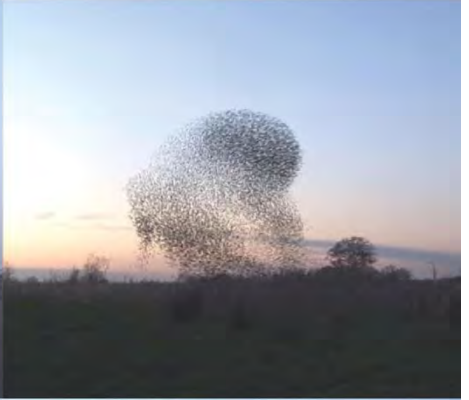
j




At five to six weeks (i) the embryo is starting to look like a baby and it continues to grow, with changing proportions, until birth (m) and beyond.



Surely one of the wonders of the world. Starlings flocking in winter over Otmoor, near Oxford. Group mind? No, local units obeying local rules.

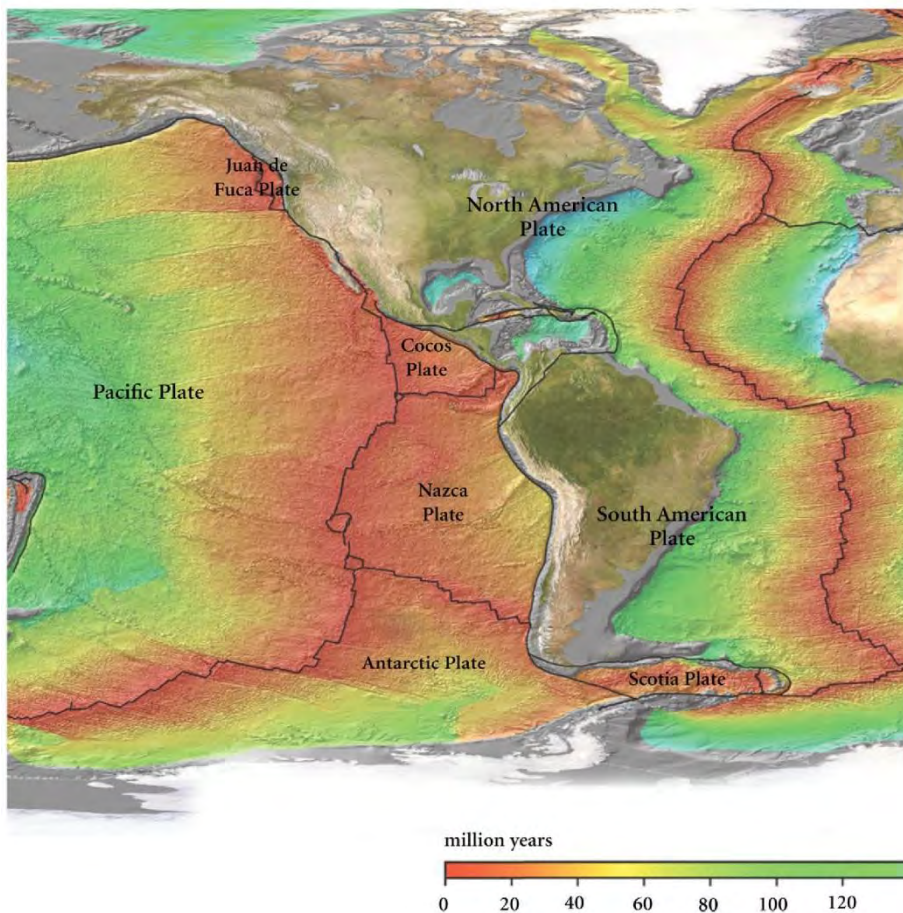


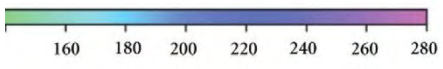
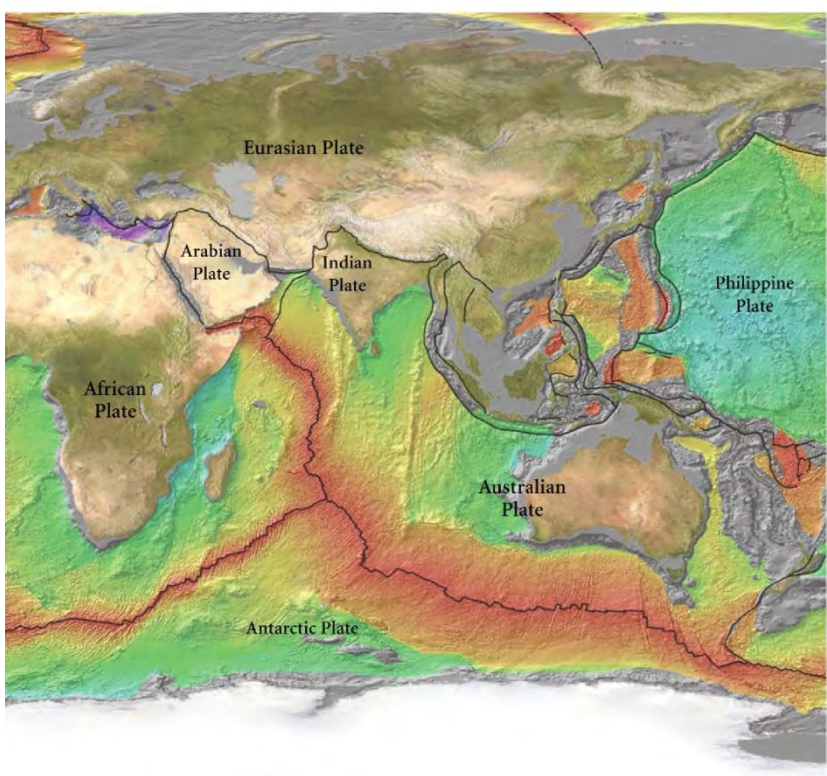
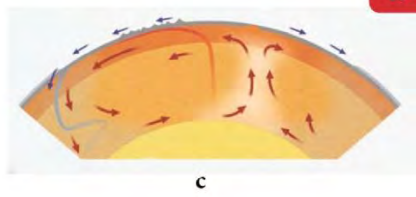
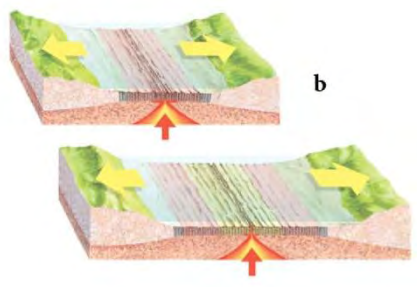


The San Andreas Fault, a great gash up the length of California. One day the western part of the state, with Baja California, will be an island in the Pacific.

(a) Colour coding the age of the rocks under the sea. Chapter 9's hypothetical submarine sets a course due east from the bulge of Brazil, reaching the young rocks of the mid-Atlantic ridge halfway across. (b) Sea-floor spreading and (c) the deep and slow convection currents that drive the movements of the plates.

a









Galapagos: young showcase of evolution?

(a) Caldera on Fernandina, youngest and most volcanically active of the Galapagos islands. (b) Aerial view of Galapagos, showing the green of the highlands (volcanoes) and the dark colour of the lava plains. (c) Galapagos pelican plunge-diving for fish. This Galapagos sub-species of the brown pelican bears, for some reason, the sub-specific name *urinator*.

(d) Galapagos marine iguana swimming. This habit is unique among lizards. The giant tortoises of Galapagos vary from island to island. The saddleback shape (e), unlike the dome shape of grazing tortoises (f), is characteristic of islands where the tortoises browse on cactuses and therefore have to stretch their necks high. (g) Typical Galapagos scene. Galapagos brown pelican, Galapagos penguin (the only penguin to reach – just – the Northern Hemisphere) and 'Sally Lightfoot' crabs on black lava rocks.



Australia and Madagascar: two 'islands' of evolution.



(a) Kangaroos are the Australian equivalent of antelopes, but they have specialized in hopping rather than galloping.

a



(b) Eucalyptus trees dominate the Australian forests.

b

(c) Koalas are the sloths of Australian forests, with a similarly slow metabolic rate. They have specialized in eating eucalypt leaves, perhaps because few other animals can deal with their toxins. Note the baby in the pouch, which points backwards, probably for reasons of historical accident.



d

(d) The platypus is a survivor from ancient times when the mammals of Gondwana still laid eggs.





e

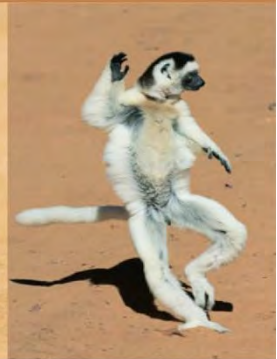


f

(e) Ringtailed lemur. If the *Beagle* had visited Madagascar instead of Galapagos, would we now speak of 'Darwin's lemurs'?
(f) Would Martian trees be any more strange than this Madagascan baobab?
(g) Possibly my favourite species in all the world: the dancing sifaka.



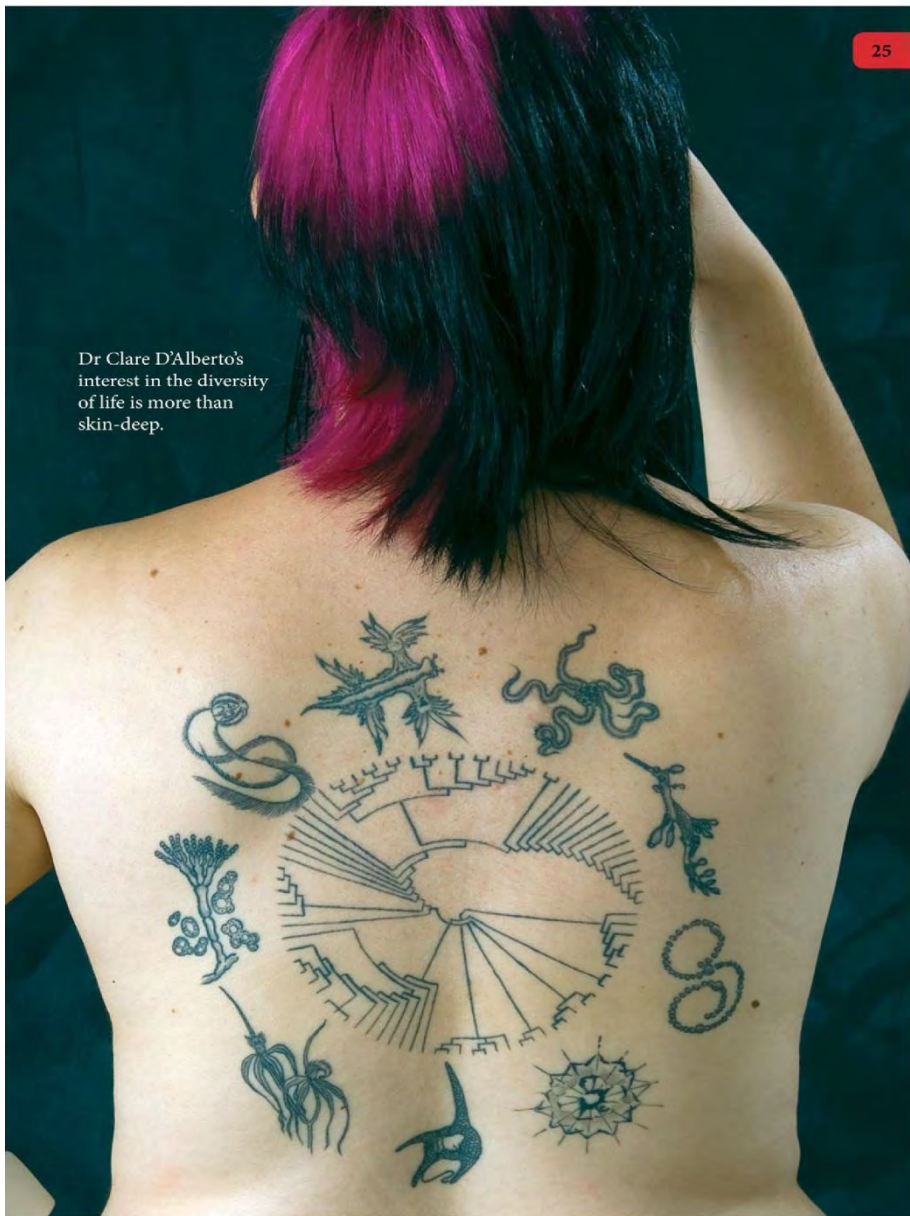
g

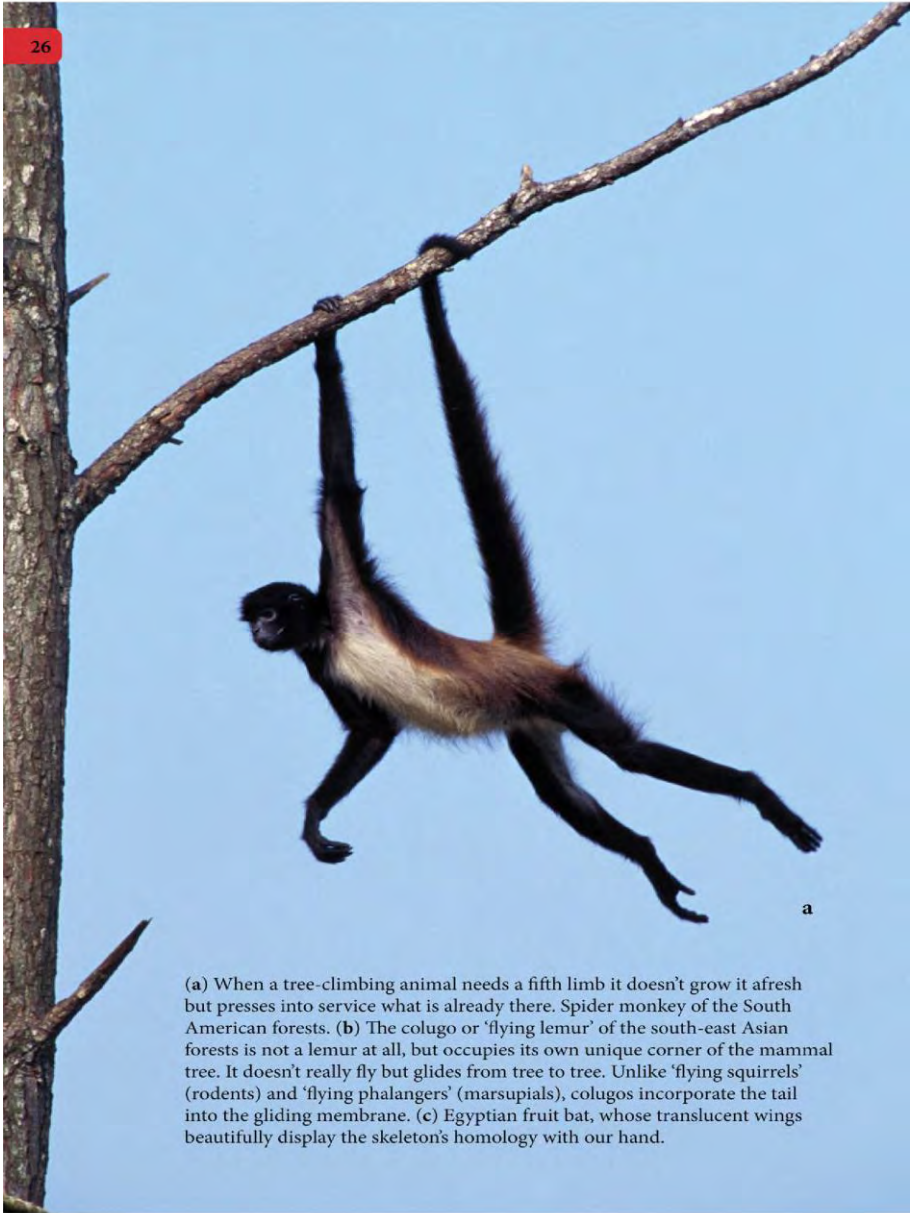




Don't laugh at the foot-raising, sky-pointing displays of the blue-footed booby. They impress other boobies, and that is all that matters.

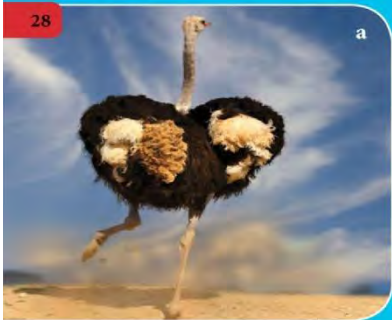
Dr Clare D'Alberto's
interest in the diversity
of life is more than
skin-deep.





(a) When a tree-climbing animal needs a fifth limb it doesn't grow it afresh but presses into service what is already there. Spider monkey of the South American forests. (b) The colugo or 'flying lemur' of the south-east Asian forests is not a lemur at all, but occupies its own unique corner of the mammal tree. It doesn't really fly but glides from tree to tree. Unlike 'flying squirrels' (rodents) and 'flying phalangers' (marsupials), colugos incorporate the tail into the gliding membrane. (c) Egyptian fruit bat, whose translucent wings beautifully display the skeleton's homology with our hand.





The stubby wings of these flightless birds unequivocally betray their descent from flying ancestors. Ostriches (a) still use their wings, but only for balance and social purposes. The Galapagos flightless cormorant (b) still hangs its useless wings out to dry, like its more familiar flying cousins. It is an expert underwater fisher (c) but, unlike penguins, it doesn't use its wings to swim but propels itself along with vigorous thrusts of its large, webbed feet. (d) 'Sadly,' according to Douglas Adams, 'not only has the kakapo forgotten how to fly, but it has also forgotten that it has forgotten how to fly. Apparently a seriously worried kakapo will sometimes run up a tree and jump out of it, whereupon it flies like a brick and lands in a graceless heap on the ground.'





(e) Wings are a burden underground, which is probably why worker ants don't grow them. Poignant testimony to this is provided by queen ants, who use their wings once only, to fly out of the natal nest, find a mate, and then settle down to dig a hole for a new nest. As they begin their new life underground the first thing they do is lose their wings, in some cases by literally



biting them off. (f) Cave-dwelling animals, like this salamander, are very often white. But, even though they don't use them in the dark caves, why do they 'bother' to reduce their eyes? See text p. 351. Mammalian dolphins (g) superficially resemble large, fast-swimming fish, like the 'dolphin fish' or dorado, because they make their living in a similar way.







d

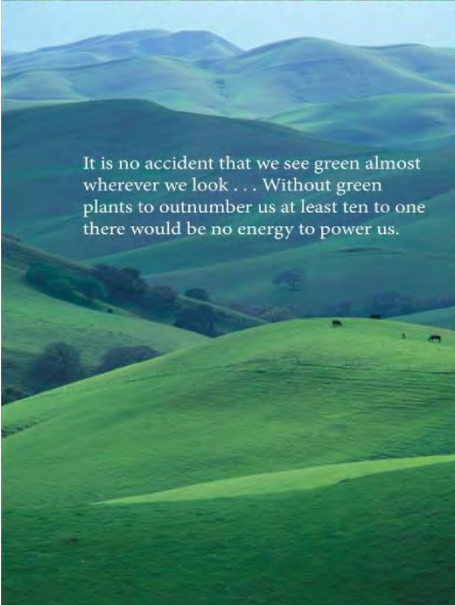
Products of evolutionary arms races.

(a) 'Thow mortherer of the heysugge on y braunche.' Baby cuckoo instinctively murders a foster-sibling before it can hatch and compete for food. (b) This kudu has lost its individual race with a lioness and its life will soon end,

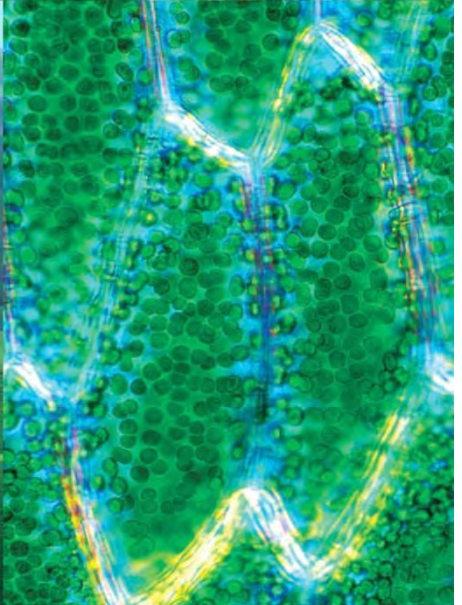
but the arms race between the gene pools of the two species is run in evolutionary time.

(c) A parasitoid wasp laid its eggs in this caterpillar, and the wasp larvae are here bursting out, full of life, to contribute their genes to the next generation.

(d) In the forest economy, light is a precious commodity. There is little to be had below the canopy, because the canopy itself is parcelled out between individual trees, with almost no gaps.



It is no accident that we see green almost wherever we look . . . Without green plants to outnumber us at least ten to one there would be no energy to power us.



U.S. \$30.00
Can. \$39.99

In 2008, a Gallup poll showed that 44 percent of Americans believed God had created man in his present form within the last 10,000 years. In a Pew Forum poll in the same year, 42 percent believed that all life on earth has existed in its present form since the beginning of time.

In 1859 Charles Darwin's masterpiece, *On the Origin of Species*, shook society to its core. Darwin was only too aware of the storm his theory of evolution would provoke. But he surely would have raised an incredulous eyebrow at the controversy still raging a century and a half later. Evolution is accepted as scientific fact by all reputable scientists and indeed theologians, yet millions of people continue to question its veracity. Now the author of the iconic work *The God Delusion* takes them to task.

The Greatest Show on Earth is a stunning counter-attack on advocates of "Intelligent Design," explaining the evidence for evolution while exposing the absurdities of the creationist "argument." Dawkins sifts through rich layers of scientific evidence: from living examples of natural selection to clues in the fossil record; from natural clocks that mark the vast epochs wherein evolution ran its course to the intricacies of developing embryos; from plate tectonics to molecular genetics. Combining these elements and many more, he makes the airtight case that "we find ourselves perched on one tiny twig in the midst of a blossoming and flourishing tree of life and it is no accident, but the direct consequence of evolution by non-random selection."

The Greatest Show on Earth comes at a critical time: systematic opposition to the fact of evolution is menacing as never before. In American schools, and in schools around the world, insidious attempts are made to undermine the status of science in the classroom. Dawkins wields a devastating argument against this ignorance, but his unjaded passion for the natural world turns what might have been a negative argument into a positive offering to the reader: nothing less than a master's vision of life, in all its splendor.



RICHARD DAWKINS is the author of the blockbuster bestseller *The God Delusion*. He was first catapulted to fame with *The Selfish Gene*, which he followed with *The Extended Phenotype*, *The Blind Watchmaker*, *River Out of Eden*, *Climbing Mount Improbable*, *Unweaving the Rainbow*, *The Ancestor's Tale*, and a collection of shorter writings, *A Devil's Chaplain*.

Dawkins is a Fellow of both the Royal Society and the Royal Society of Literature. He is the recipient of numerous honors and awards, including the Royal Society of Literature Award (1987), the Michael Faraday Award of the Royal Society (1990), the Kistler Prize (2001), the Shakespeare Prize (2005), the Lewis Thomas Prize for Writing about Science (2006), the Galaxy British Book Awards Author of the Year Award (2007), and, most valuable of all, the International Cosmos Prize of Japan. He retired from his position as the Charles Simonyi Professor for the Public Understanding of Science at Oxford University in 2008 and remains a Fellow of New College.

In 2008, Channel 4 in the UK broadcast a three-part television series, *The Genius of Charles Darwin*, written and presented by Richard Dawkins, examining the legacy of the great scientist and some of the issues covered in this timely book.

Visit the author at www.richarddawkins.net

AUDIO AND EBOOK EDITIONS ALSO AVAILABLE

MEET THE AUTHORS, WATCH VIDEOS AND MORE AT

SimonandSchuster.com

• THE SOURCE FOR READING GROUPS •

JACKET ART BY YOMI POLAND/TRANSMORLD

AUTHOR PHOTOGRAPH BY JOSH TIMONEN

PRINTED IN THE U.S.A. COPYRIGHT © 2009 SIMON & SCHUSTER

PRAISE FOR
THE GREATEST SHOW ON EARTH



"This is a magnificent book of wondering: Richard Dawkins combines an artist's wonder at the virtuosity of nature with a scientist's understanding of how it comes to be."
—MATT RIDLEY, author of *Nature via Nurture*

"There is grandeur in this view of life,' said Darwin, speaking of evolution. There is no one better qualified to convey this grandeur than his worthy successor, Richard Dawkins, who writes with passion, clarity, and wit. This may be his best book yet."
—V. S. RAMACHANDRAN

"To call this book a defense of evolution utterly misses the point: *The Greatest Show on Earth* is a celebration of one of the best ideas humans have ever produced. It is hard not to marvel at Richard Dawkins's luminous telling of the story of evolution and the way that it has shaped our world. In reading Dawkins, one is left awed at the beauty of the theory and humbled by the power of science to understand some of the greatest mysteries of life."
—NEIL SHUBIN, author of *Your Inner Fish*

"Up until now, Richard Dawkins has said everything interesting that there is to say about evolution—with one exception. In *The Greatest Show on Earth*, he fills this gap, brilliantly describing the multifarious and massive evidence for evolution—evidence that gives the lie to the notion that evolution is 'only a theory.' This important and timely book is a must-read for Darwin Year."
—JERRY COYNE, author of *Why Evolution Is True*

"This is the book Richard Dawkins needed to write and many need to read—a comprehensive account of evolution that faces the difficulties and questions his critics have raised. In it he draws on his great ability to write about science in a way that is clear, absorbing, and vivid."
—LORD HARRIES OF PENTREGARTH
(formerly Bishop Richard Harries)

"With characteristic flair and passion, Dawkins has put on a stunning exhibition of the evidence for evolution. In his own words, 'Evolution is a fact . . . and no unbiased reader will close the book doubting it.'"
—DR. ALICE ROBERTS,
biological anthropologist, author, and broadcaster

SCIENCE

0999

ISBN 978-1-4165-0478-9

\$30.00 U.S.
\$39.99 Can.