

Ричард Докинз

Слепой часовщик

The Blind Watchmaker

by Richard Dawkins

Перевёл с английского Анатолий Протопопов.

Вступительная часть

Глава 1. В поисках объяснения невероятного

Глава 2. Удачный проект

Глава 3. Суммируем маленькие победы

Глава 4. Прокладываем пути по гиперпространству жизни

Глава 5. Власть над прошлым и будущим

Глава 6. Истоки и чудеса

Глава 7. Созидающая эволюция

Глава 8. Взрывы и спирали

Глава 9. Пунктуация пунктуализма

Глава 10. О правильном дереве жизни

Глава 11. Обречённые конкуренты

Приложение. Эволюция самой эволюции

Об авторе

Ричард Докинз родился в Найроби в 1941 году. Он закончил Оксфордский университет, и остался там работать над диссертацией под руководством нобелевского лауреата, этолога Нико Тинбергена. С 1967 по 1969 год он был ассистентом профессора зоологии в Калифорнийском университете в Беркли. С 1970 года он читал лекции по зоологии в Оксфордском университете и был членом совета Нового Колледжа. В 1995 году он стал первым профессором Оксфордского профессората популяризации науки Чарльза Симойи.

Первая книга Ричарда Докинза, "Эгоистичный Ген" (1976; второе издание, 1989), сразу стал международным бестселлером и, как и "Слепой часовщик", была переведена на все главные языки мира. В 1982-м году вышло её продолжение - "Расширенный фенотип". Среди других его бестселлеров - "Бегство из рая" (1995) и "Восхождение на пик невероятности" (1996; Пингвин, 1997).

За "Слепого часовщика" Ричард Докинз получил в 1987 году литературную премию Королевского общества поддержки литературы, и премию газеты "Лос Анжелес Таймс". Телефильм по этой книге, показанный в серии "Горизонт", получил премию за лучшую научную программу в 1987 году. В 1989-м году он также получил годовую серебряную медаль Лондонского зоологического общества, а в 1990-м премию имени Майкла Фарадея от Королевского общества содействия популяризации науки; в 1994-м - приз Накаямы за науки о человеке, и был удостоен почётного гонорара Д. Литта университетом св. Эндрю и Австралийским национальным университетом в Канберре.

Предисловие

Замысел этой книги исходит из убеждённости в том, что наше собственное существование, некогда представлявшееся Тайной Всех Тайн, более не Тайна. Дарвин и Уоллес её раскрыли для нас, хотя мы и будем какое-то время добавлять примечания к их решению. Написать эту книгу меня побудило удивление тем, что очень много людей, похоже, не только не в курсе наличия изящного и красивого решения этой, самой глубокой из проблем, но, как это ни невероятно, часто не осознающих само наличие проблемы!

Проблема состоит в нашей сложности. Компьютер, на котором я пишу эти слова, обладает памятью для хранения информации ёмкостью около 64 килобайт (один байт используется для хранения одного символа текста). Компьютер был осознанно спроектирован, и осознанно изготовлен. Мозг, с помощью которого вы воспринимаете мои слова - есть совокупность примерно десяти миллионов килонейронов. Почти из каждой из этих миллиардов нервных клеток исходят "электрические провода" (которых может быть несколько тысяч), соединяющие её с другими нейронами. Кроме того, на молекулярно-генетическом уровне каждый из этих многих триллионов нейронов хранит примерно в тысячу раз больше дискретно-кодированной информации, чем весь мой компьютер. Сложность живых организмов сочетается с их изящной эффективностью. Если кто-то полагает, что такой уровень сложности не требует объяснений, то я не возражаю. Нет, конечно, поразмыслив, я возражаю, ибо одна из целей моей книги состоит в том, чтобы поделиться с читателем, которому ещё не знакомо это ощущение, чувством неопишущего изумления сложностью биологических систем. Но вводя вас в мир тайны, я не забываю другую, главную свою цель - снять снова её покров, объясняя, как всё устроено.

Объяснять - непростое искусство. Из какого-нибудь вашего объяснения читатель может разве что понять слова; но можно объяснить то же самое так, что читатель прочувствует вашу мысль до мозга костей. Чтобы достичь последнего, иногда бывает недостаточно беспристрастно выкладывать перед читателем доказательства. Требуется быть адвокатом, используя разные хитрости адвокатского ремесла. Эта книга - не бесстрастный научный трактат. Другие книги по дарвинизму именно таковы, и многие из них превосходно информативны и их неплохо читать вместе с этой. Эта книга далеко не беспристрастна! И нужно признать, что отдельные части её написаны со такой страстью, которая, появившись она в профессиональном научном журнале, вызвала бы примечание редакции. Конечно, я стремился и информировать, но также я стремился и убеждать, и даже - как без некоторой самонадеянности? - вдохновлять. Я хотел заразить читателя взглядом на наше собственное существование как на жуткую тайну, и в то же время наполнить его восторгом от осознания того факта, что эта тайна имеет изящную разгадку, к тому же лежащую в пределах нашего понимания. Более того, я хочу убедить читателя не только в том, что дарвиновское мировоззрение истинно, но и в том, что это единственная известная теория, способная, в принципе, раскрыть тайну нашего существования. Это делает теорию убедительной вдвойне. Было бы здорово, если бы подтвердилось, что дарвинизм верен не только на нашей планете, но и везде во вселенной, где бы удалось найти жизнь. Но выступая в таком духе, я в одном отношении дистанцирую себя от профессиональных адвокатов. Адвокат, или политический деятель страстен корыстно, убеждая людей в интересах клиента, или дела, которым он на самом деле может не верить. Я никогда так не поступал, и никогда не буду. Возможно, я не всегда прав, но я страстно стремлюсь к истине, и никогда не говорю чего-то, в истинность чего я не верю. Однажды меня шокировал один случай, когда я участвовал в университетских дебатах с креационистами. На обеде после дебатов я оказался за одним столиком с молодой женщиной, чья речь в пользу креационизма на этих дебатах была довольно яркой. Она нисколько не была креационистом, и поэтому я попросил её честно сказать, зачем она так сделала. Она спокойно признала, что просто отработывала навыки дебатирования, и нашла, что защита позиции, в которую она не верит, будет более эффективным тренингом. Очевидно, что это обычная практика в университетских обществах любителей дебатов - когда выступающий защищает ту сторону, какую ему велят. Его собственная вера здесь не участвует. Я проделал длинный путь, чтобы участвовать в сложном публичном выступлении, потому что я верил в искренность пригласившего меня движения. Когда я обнаружил, что члены общества используют это движение как платформу для игры в дебаты, я принял решение впредь отклонять приглашения от обществ любителей дебатов, поощряющих неискреннюю защиту на заседаниях, когда научная правда находится под угрозой.

По каким-то, не до конца ясным мне причинам, дарвинизм представляется более нуждающимися в защите, чем аналогичные истины в других областях науки. Многие из нас не имеют и понятия о квантовой механике, или о специальной теории относительности

Эйнштейна, но это само по себе не приводит нас к оппозиции этим теориям! Критики дарвинизма, в отличие от эйнштейнизма, полагают себя компетентными для его критики при любом уровне их невежества. Я полагаю, что одна из проблем с дарвинизмом проистекает из того, что, как пронизательно отметил Жак Монод, всякий полагает, что разбирается в нём. Это действительно замечательно простая теория; даже, как многие полагают, несерьёзная - в сравнении с почти всей физикой и математикой. В сущности, её можно свести просто к идее о том, что упорядоченное воспроизводство, которое допускает вариации, будет иметь далеко идущие последствия, если есть время для их накопления. Однако имеются веские основания полагать, что эта простота может ввести в заблуждение. Вспомните, что несмотря на кажущуюся простоту теории, до неё никто не додумался до середины 19-го века - до Дарвина и Уоллеса! "Принципы" Ньютона появились почти за 200 лет, а Эратосфен определил размер Земли более чем за 2000 лет до этого - как могла такая простая идея столь долго оставаться не открытой мыслителями такого крупного калибра, как Ньютон, Галилео, Декарт, Лейбниц, Хьюм и Аристотель? Почему ей пришлось ждать двух натуралистов викторианской эпохи? Что было неладно у философов и математиков, проглядевших её? И почему столь мощная идея продолжает и сейчас оставаться в значительной степени невоспринятой массовым сознанием? Ну словно человеческий мозг специально сделан так, чтобы не понимать дарвинизм, и с трудом верить в него. Возьмём, к примеру, такое понятие, как "случайность", которое часто драматизированно воспринимают как "слепой шанс". Подавляющее большинство атакующих дарвинизм людей, с почти непристойным рвением хватаются за ошибочную идею о том, будто в мире нет ничего, кроме случайности. Сам факт сложности жизни буквально олицетворяет антитезу случайности, но если вы полагаете, что дарвинизм эквивалентен слепому случаю, то вы очевидно найдете, что опровержение дарвинизма несложно! Одна из моих задач будет состоять в том, чтобы разрушить этот страстно обожаемый миф о том, что дарвинизм - это "теория шанса". Другая возможная причина, по которой мы предрасположены не верить дарвинизму, состоит в том, что наш мозг настроен на обработку событий во временных шкалах, радикально отличных от тех, в которых происходят эволюционные изменения. Мы располагаем способностями оценки процессов, которые длятся секунды, минуты, годы, самое большее - десятилетия. Дарвинизм - теория о нарастающих изменениях, длящихся тысячи и миллионы десятилетий. Все наши интуитивные суждения о вероятности чего-либо могут быть ошибочны на много порядков величины. Наш точно настроенный аппарат скептицизма и субъективной теории вероятности даёт осечки в этих огромных временных просторах, потому что он настроен, иронично говоря, самой эволюцией, на работу в течение одной жизни, длящейся нескольких десятилетий. Потребуется напрячь воображение, чтобы выйти из тюрмы привычных временных отрезков, чему я буду стараться помогать.

Третья возможная причина, по которой наш мозг предрасположен сопротивляться дарвинизму, проистекает из больших успехов людей-проектировщиков. Наш мир находится во власти креативных достижений инженеров и деятелей искусства. Мы полностью привыкли к мысли о том, что элегантная сложность - признак преднамеренного, продуманного замысла. Это, вероятно наиболее сильная причина для веры, исповедовавшейся подавляющим большинством когда-либо живших на Земле людей - веры в наличие некоего сверхъестественного божества. Дарвину и Уоллесу потребовался очень большой всплеск воображения, чтобы увидеть, вопреки всем интуициям, что есть другой способ, и как только вы поняли это, вы нашли гораздо более правдоподобный путь происхождения "сложной конструкции" из первозданной простоты. Этот потребный всплеск воображения настолько велик, что и по сей день многие люди всё ещё не желают так напрягаться. И главная цель этой книги - помочь читателю делать это.

Естественно, любой автор надеется, что его книга будет жить дольше одного эфемерного соприкосновения с читателем. Но любой адвокат, заботясь о жизни своего случая в веках, должен также реагировать на современных ему оппонентов, или оппонировавшие точки зрения. И есть риск того, что какие-то из этих аргументов, как бы жгуче они ни полыхали сегодня, будет выглядеть жутко устаревшими по прошествии нескольких десятилетий. Часто отмечается

такой парадокс - первое издание "Происхождения видов" лучше шестого. А всё потому, что Дарвин полагал себя обязанным в более поздних изданиях отвечать на текущую критику первого издания, критику, настолько теперь устаревшую, что его реплики просто мешают, а местами даже вводят в заблуждение. Однако, искушению проигнорировать модную сиюминутную критику, когда кто-то предполагает, что через девять дней случится чудо, этому искушению нельзя потворствовать, и не только ради вежливости к критикам, но и потому, что она может запутать читателя. И хотя у меня есть несколько собственных частных идей, эфемерность которых в конечном итоге докажут последующие главы этой книги (по той же причине), но пусть читатель - и время - нас рассудят. Я с огорчением обнаружил, что некоторые из моих подружек (по счастью, немногие) трактуют использование мною безличного местоимения мужского рода, как моё намерение не иметь их в виду. Но если бы здесь и имело место какое-то игнорирование такого рода (к счастью, этого нет), то думаю, что скорее имел бы в виду мужчин, но когда я однажды ради эксперимента попробовал обращаться к моему абстрактному читателю как "она", то феминистки осудили меня за высокомерную снисходительность, и что я должен писать "он" или "она" и "его" или "её". Сделать это нетрудно, если вас не беспокоит литературная правильность языка, но если вас это не беспокоит, то вы демонстрируете неуважение к читателям обоих полов. Тогда я вернулся к нормальным соглашениям по использованию английских местоимений. Я могу обратиться к "читателю" местоимением "он", но полагаю читателя именно мужчиной не больше, чем говорящий по-французски думает о столе как о женщине. Фактически, как мне кажется, я чаще думаю о своём читателе, как о женщине, но это - моё личное дело; мне бывает неприятно когда эти соображения вмешиваются в мою практику использования моего родного языка.

Некоторые люди для меня - объекты для благодарности. Те, кому я могу показать себя с лучшей стороны, поймут. Мои издатели не сочли необходимым утаить от меня личности своих референтов (не рецензентов; именно рецензенты, самоуверенные американцы под 40, критикующие книги только после публикации, когда автор уже не может что-либо сделать). Мне были очень полезны предложения Джона Кребса (в который раз!), Джона Дюрана, Грэма Кейнс-Смита, Джеффри Левинтона, Майкла Рас, Энтони Халлам и Дэвид Пи. Ричард Грегори любезно критиковал главу 12, и заключительная версия выиграла от её полного исключения. Марк Ридли и Алан Графен, отныне даже официально более не мои студенты, вместе с Биллом Хамилтоном - путеводные звёзды группы коллег, с которыми я обсуждаю эволюцию, и из чьих идей я извлекаю пользу почти ежедневно. Они, а также Памела Веллс, Питер Аткинс и Джон Докинз любезно критиковали различные главы по моей просьбе. Сара Банни предложила много улучшений, а Джон Гриббин исправил главную ошибку. Алан Графен и Вилл Аткинсон консультировали по компьютерным проблемам, а агенство "Эппл Макинтош" отделения зоологии любезно позволило распечатать биоморфы на их лазерном принтере.

Повторюсь о полезности для меня неослабного динамизма которым Майкл Роджерс, а теперь Лонгман, увлекали всех нас. Он, а также Мэри Кеннан Нортон, умело применяли акселератор (к моей морали) и тормоза (к моему чувству юмора) когда те были необходимы. Часть книги была написана в творческом отпуске, любезно предоставленном отделением зоологии и Новым колледжем. Наконец, упомяну мой долг обоим моим предыдущим книгам - оксфордская система обучения и многие обученные мною ученики все эти годы помогали мне отрабатывать те немногие навыки, что есть у меня в трудном искусстве объяснений.

Ричард Докинз
Оксфорд, 1986

Глава 2

Удачный проект

Естественный отбор - это слепой часовщик. Он слеп, ибо не смотрит вперёд, не планирует результатов, и не имеет никакой цели. Тем не менее, живые результаты естественного отбора несказанно впечатляют нас ощущением задуманности как бы высококвалифицированным часовщиком, впечатляют иллюзией запроектированности и запланированности.

Цель этой книги - разрешить этот парадокс к удовлетворению читателя, а цель этой главы - ещё более впечатлить читателя силой этой иллюзии задуманности. Мы рассмотрим конкретный пример, и сделаем вывод, что Пали лишь прикоснулся к этой теме, настолько велика его сложность и красота замысла.

Мы можем говорить, что живое тело или орган хорошо разработаны, если они обладают особенностями, которые умный и опытный инженер мог встроить в них для достижения определённой разумной цели - такой, как полёт, плавание, видение, питание, размножение, или - говоря шире - для поддержки своего выживания и репликации генов организма. Нет необходимости предполагать, что замысел данного тела или органа - это лучшее из того, до чего инженер мог бы додуматься. Часто бывает, что лучшее достижение одного инженера, может быть в общем случае превзойдено лучшим достижением другого инженера, особенно если второй живёт позже в технологической истории. Но любой инженер может понять цель разработки объекта, даже если он разработан плохо, и обычно он может понять эту цель, изучая его структуру. В первой главе мы интересовались главным образом философскими аспектами. В этой главе я буду рассматривать конкретный пример, который, полагаю, произвёл бы впечатление на любого инженера - а именно сонар ("радар") летучих мышей. Объясняя каждый пункт, я буду начинать с изложения проблемы, стоящей перед живой машиной; затем я буду рассматривать возможные решения этой проблемы, которые мог бы рассмотреть разумный инженер; и наконец - к решению, фактически принятому природой. Разумеется, наш пример для иллюстрации выбран почти произвольно. Если инженера увлечёт функционирование летучих мышей, его столь же увлекут другие бесчисленные примеры живых проектов.

Перед летучими мышами стоит проблема: как находить путь в темноте? Они охотятся ночью, и не могут использовать свет для поисков добычи и избегания препятствий. Вы могли бы здесь заметить, что если это проблема, то это проблема их привычек, и этой проблемы они могли бы избежать, просто изменив эти привычки, и перейти к охоте днём. Но дневная экономическая ниша уже плотно занята другими существами, такими, как птицы. Учитывая, что ночью есть возможность изыскать средства к существованию, а также учитывая, что альтернативные дневные экономические ниши полностью заняты, естественный отбор одобрил летучих мышей, которые практикуют экономику ночной охоты. Кстати, вероятно, что ночной образ жизни вели предки всех ныне существующих млекопитающих. В эпоху, когда динозавры доминировали в дневной экономике, наши млекопитающие предки, возможно, именно потому сумели вообще выжить, что нашли способы карабкаться за существование ночью. И только после таинственного массового исчезновения динозавров примерно 65 миллионов лет назад, наши предки получили возможность выйти на дневной свет в каких-то существенных количествах.

Итак, у летучих мышей есть техническая проблема: как находить путь и искать добычу при отсутствии света. Летучие мыши - не единственные существа, стоящие перед этой трудностью сегодня. Очевидно, что летающие ночью насекомые, на которых летучие мыши охотятся, также должны как-то находить свой путь. Глубоководных рыб и китов тоже окружает полная или почти полная темнота - и днём, и ночью, потому что лучи солнца не могут проникать глубоко в воду. Рыбы и дельфины, которые живут в чрезвычайно мутной воде, также не могут видеть - несмотря на наличие света, так как свет рассеивается загрязнениями. Многие другие современные животные живут в условиях, в которых использование зрения затруднено или невозможно.

Какие решения мог бы рассмотреть инженер, поставленный перед проблемой маневрирования в темноте? Первое, что могло бы придти к нему в голову, так это идея выработки света - какого-нибудь фонаря или прожектора. Светлячки и некоторые рыбы (обычно с помощью бактерий) имеют возможность излучать собственный свет, но этот процесс,

похоже, потребляет много энергии. Светлячки используют свой свет для привлечения самок. Для этого не требуется непомерно большой энергии: самка может заметить тёмной ночью крошечную светящуюся точка самца с довольно большого расстояния, поскольку на её глаза действует прямой свет самого источника. Использование света для освещения своего пути требует значительно большей энергии, так как глаза должны при этом уловить крошечную долю излучённого света, рассеянного предметами окружающей сцены. Поэтому, если мы хотим использовать свет для освещения пути, то источник этого света должен быть намного ярче, чем сигнальный источник для информирования кого-то другого. Ну так или иначе, действительно ли причина в расходе энергии, или нет, но похоже, что это факт - за возможным исключением одной таинственной глубоководной рыбы, никакое другое животное, кроме человека, не использует продуцированный свет для освещения пути своего передвижения. О чём ещё инженер мог бы подумать? Вроде бы слепые люди иногда демонстрируют сверхъестественное чутьё препятствий на их пути. Этому явлению дали название "лицевого зрения", потому что слепые сообщали об ощущениях, подобных лёгкому прикосновению к лицу. Одно сообщение описывает полностью слепого мальчика, который мог ездить на хорошей скорости на своём трёхколесном велосипеде вокруг квартала близ своего дома, пользуясь "лицевым зрением". Эксперименты показали, что на деле "лицевое зрение" не имеет ничего общего с прикосновениями к лицу, хотя ощущения при этом могут быть описаны именно так, и видимо подобны фантомной боли ампутированной конечности. Оказалось, что ощущение "лицевого зрения", на деле приходит через уши. Слепые люди, даже не осознавая этого факта, на деле используют эхо звука своих собственных шагов, и других звуков, ощущая наличие препятствий. Инженеры построили приборы, использующие этот принцип, например - для замера глубины моря под судном, ещё до обнаружения этого факта. Как только эта техника была изобретена, то адаптация ее разработчиками оружия для обнаружения субмарин была лишь вопросом времени. Обе стороны во второй мировой войне активно использовали эти устройства под наименованиями "Асдик" (в Британии) и "сонар" (в США). Подобная технология была использована в "радарх" (в США) или "RDF" (в Британии), где использовалось эхо не звуковой, а радиоволны. Разработчики первых сонаров и радаров ещё не знали про летучих мышей, но сейчас весь мир знает, что летучие мыши, или скорее - естественный отбор, работавший на летучих мышах, усовершенствовал эту систему на десятки миллионов лет раньше, и их "радары" творят такие подвиги детектирования и навигации, от каких инженер онемел бы от восторга. Будет технически неправильным говорить, что летучие мыши пользуются "радаром", так как они не используют радиоволны. Это сонар. Но теоретические принципы работы радара и сонара очень близки, и большая часть научного осмысления подробностей работы сонара летучих мышей появилась благодаря приложению к ним теории радаров. Американский зоолог Дональд Гриффин, внёсший значительный вклад в открытие сонара у летучих мышей, предложил термин "эхолокация", охватывающий как звуковую, так и радиолокацию, и применимый как эхолокаторам животных, так и рукотворным человеческим приборам. Впрочем, на практике это слово в основном относится к сонарам животных.

Неправильно говорить о летучих мышах как об совершенно однородной группе. Ну это примерно как если бы мы говорили про собак, львов, ласок, медведей, гиен, панд и других в одном духе - только потому, что все они - плотоядные животные. Различные группы летучих мышей используют сонар совершенно по-разному, и, похоже "изобрели" его независимо друг от друга - подобно тому, как англичане, немцы и американцы независимо друг от друга изобрели радар. Не все летучие мыши используют эхолокацию. У тропических растительноядных летучих мышей Старого Света хорошее зрение, и они в основном используют для ориентации только свои глаза. Однако один или два вида плодовых летучих мышей, например *Rousettus*, способны ориентироваться в полной темноте, где глаза, даже хорошие, бессильны. Они используют сонар, но более примитивный, чем тот, что используется более мелкими летучими мышами умеренных широт, с которыми мы знакомы. *Rousettus* в полёте громко и ритмично щёлкает языком, и ориентируется, измеряя интервал времени между

каждым щелчком его эхо. Rousettus издают ясно слышимые для нас щелчки (т.е. издают, по определению, звуки, а не ультразвуки: ультразвук - это то же самое, что и звук, только слишком высокого тона, чтобы люди могли его слышать).

По теории, чем выше используется тон звука, тем точнее производится эхолокация - потому, что у звуков низкого тона большая длина волны, которая не позволяет различать близко расположенные объекты (*волны хорошо отражаются лишь от крупных объектов. Если он мельче длины этой волны, - то отражаются плохо, а если он мельче 1/6 длины волны - не отражаются совсем. Уместно напомнить, что "длина волны" - это расстояние между её гребнями, а не длина фронта "вдоль" - А.П.*). Поэтому летательному снаряду, использующему эхолокацию в системе наведения, при прочих равных условиях было бы целесообразно генерировать очень высокие звуки. И в самом деле - большинство летучих мышей используют чрезвычайно высокие звуки, намного более высокие, чем те, которые люди могут слышать - ультразвуки. В отличие от Rousettus, которые видят очень хорошо, и которые используют неизменяющиеся относительно низкие звуки для своей скромной эхолокации в дополнение к своему хорошему зрению, более мелкие летучие мыши, судя по всему, - технически высокоразвитые механизмы эхолокации. У них крошечные глаза, которые в большинстве случаев не могут увидеть много. Они живут в мире эхо, и вероятно их мозг может на основании эхо производить что-то вроде "построения изображений", хотя нам почти невозможно представить, как бы могло выглядеть такое изображение. Шум, который они производят, не просто слегка выше того, что люди могут слышать, вроде своего рода пронзительного визга супер-собаки. В многих случаях он значительно выше того, что какое-либо существо может услышать или вообразить. И кстати, нам очень повезло, что мы не можем их слышать, ибо это очень мощные звуки, и для нас они были бы оглушительно громки - при такой громкости мы вряд ли смогли бы спать.

Эти летучие мыши, как миниатюрные самолёты-разведчики, нашпигованы изощрённой аппаратурой. Их мозг - это тонко настроенный пакет миниатюрных штучек для электронного колдовства, запрограммированных сложным программным обеспечением, необходимым для расшифровки мира эхо в режиме реального времени. Их мордочки часто искривлены в фантастические горгульи, представляющиеся нам отвратительными, - до тех пор, пока мы не видим для чего они нужны - это изысканно скроенные инструменты для излучения ультразвука в нужных направлениях. Хотя мы не можем непосредственно слышать импульсы ультразвука этих летучих мышей, но мы можем понять происходящее посредством аппаратуры перевода, или "бат-детектора". Он принимает импульс специальным ультразвуковым микрофоном, и преобразует его в слышимый щелчок или тон, который мы уже можем слышать в наушниках. Если мы возьмём такой "бат-детектор" на лесную вырубку, где кормятся летучие мыши, то мы услышим каждый испускаемый ими импульс, хотя мы не можем слышать, как этот импульс в действительности "звучит". Если наши летучие мыши - Myotis, а это одна из обычных у нас небольших коричневых летучих мышей, то мы услышим щелчки с частотой примерно 10 щелчков в секунду (10 Герц), когда она курсирует по своему обычному маршруту. Это примерно частота работы стандартного телетайпа, или скорострельного пулемёта.

Возможно, что образ мира, в котором крейсирует летучая мышь, обновляется 10 раз в секунду. Наш с вами визуальный образ мира представляется нам непрерывно, пока наши глаза открыты, обновляющимся. Мы можем видеть, как мог бы выглядеть дискретно обновляющийся образ мира, включив ночью стробоскоп. Их иногда используют на дискотеках, и он производит довольно впечатляющий эффект. Танцующий человек выглядит последовательностью замороженных статичных поз. Очевидно, что чем чаще следуют импульсы строба, тем ближе полученный образ соответствует нормальному "непрерывному" зрению. Стробоскопическое видение с частотой крейсерского полёта летучей мыши (примерно 10 образов в секунду) - даёт почти столь же хорошую картину, как и нормальное "непрерывное" зрение - для обычных целей, но не для ловли шарика или насекомого.

Но это "дежурная" частота выборки образов летучей мышью на обычном крейсерском полёте. Когда маленькая коричневая летучая мышь обнаруживает насекомое, и ложится на курс

его перехвата, то частота щелчков возрастает. Она щелкает при этом быстрее пулемёта, частота может достичь 200 Герц, пока она наконец не достигает свою движущуюся цель. Чтобы достичь того же эффекта, нам придётся ускорить наш стробоскоп настолько, чтобы его вспышки следовали с частотой, вдвое большей, чем полуволны в нашей электрической сети, хотя даже эта частота мы уже воспринимаем слитно, и не видим мерцания люминесцентных ламп. Обратите внимание, что у нас при этом нет никаких проблем с выполнением наших обычных визуальных задач в их свете - даже при игре в сквош или пинг-понг, хотя наш визуальный мир при этом пульсирует на такой высокой частоте (100 Герц). Если предположить, что мозг летучей мыши строит образ мира, аналогичный нашим визуальным образам при частоте нашей сети, то можно предположить, что образ мира в эхе летучей мыши по меньшей мере столь же детализирован, и "беспрерывен" как и наш с вами визуальный образ. Конечно, возможны и другие причины, приводящие к меньшей (чем у нас) детализации образа мира летучей мыши.

Если летучие мыши могут повышать частоту импульсов до 200 Герц, то почему они не поддерживают эту частоту всё время? Так как у них очевидно есть "регулятор частоты", своего "стробоскопа", то почему они не держат его постоянно на максимуме? Ведь тем самым всё время они поддерживают своё восприятие мира в его наиболее отчётливой форме, и готовы отреагировать на любую критическую ситуацию? Одна из причин этого может быть в том, что высокие частоты хороши лишь для близких целей. Если импульсы следуют слишком часто, то один излучаемый импульс может слиться с эхом его предшественника от далёкой цели. Даже если это не так, то вероятно имеются веские экономические причины для того, чтобы не поддерживать частоту импульсов на максимальном уровне всё время. Должно быть накладно производить громкие сверхзвуковые импульсы - накладно в смысле и энергии, и износа голоса и слуха, и может быть - в компьютерном времени. Мозг, который обрабатывает 200 отдельных эхокартин в секунду, возможно уже не имеет запаса производительности для "размышлений" о чём-нибудь ещё. Частота выборки даже в 10 герц вероятно также весьма накладна, но намного меньше таковой на максимальной частоте 200 Герц. Конкретная летучая мышь, повысившая частоту своих тиков, заплатит дополнительную цену в энергии, и т.д., которая не будет оправдана увеличенной точностью сонара. Когда единственный движущийся объект в округе - сама летучая мышь, то образы видимого мира, отстоящие друг от друга на десятую долю секунды вполне подобны друг другу, и не нуждаются в более частой смене. Когда же в обозримой близости наличествует другой движущийся объект, особенно - летящее насекомое, бьющееся и мечущееся в отчаянной попытке избавиться от преследователя, то выгода от увеличения частоты импульсов более чем оправдывает возросшие издержки. Конечно, соображения насчёт издержек и выгод в этом параграфе - это предположение, но что-нибудь вроде этого почти наверняка должно иметь место.

Инженер, приступающий к разработке эффективного сонара или радара скоро сталкивается с проблемой, вытекающей из необходимости производить импульсы максимальной громкости. Они должны быть громкими, потому что волновой фронт излученного звука распространяется по расширяющейся сфере. Интенсивность звука распределяется, и в каком-то смысле, "растворяется" по всей поверхности сферы. Поверхность сферы пропорциональна квадрату радиуса. Поэтому интенсивность звука в любой заданной точке на поверхности сферы уменьшается не прямо пропорционально расстоянию (радиусу), а пропорционально квадрату расстояния от источника звука. Это означает, что в своём путешествии от источника (в нашем случае - летучей мыши) звук затихает довольно быстро.

Когда этот ослабленный звук достигает цели, скажем - мухи, он от неё отражается. Этот отражённый звук, в свою очередь, также излучается от мухи по расширяющемуся сферическому фронту. Как и в случае первичного импульса, он угасает пропорционально квадрату расстояния от мухи. К тому моменту, когда эхо вновь достигает летучей мыши, угасание его интенсивности оказывается пропорциональным не расстоянию от мухи до летучей мыши, и даже не квадрату этого расстояния, а квадрату квадрата - т.е. четвёртой степени расстояния. Это означает, что он будет очень, и очень тихим. Проблему возможно частично преодолеть, если летучая мышь будет излучать звук направленно, как из мегафона, но для этого

ей нужно уже знать направление на цель. В любом случае, если летучей мыши нужно получить некое внятное эхо от всех отдалённых целей, то писк, исходящий от мыши, должен быть в самом деле очень громким; а инструмент обнаружения отражённого - ухо, должен быть очень чувствителен к слабому звуку эхо. И как мы уже знаем, летучая мышь часто и в самом деле кричит очень громко, а её уши и в самом деле очень чувствительны.

Теперь рассмотрим проблему, которая озадачила бы инженера, если бы он попытался спроектировать некое подобие механической летучей мыши. Если микрофон (или ухо) будет столь чувствительным, как это требуется здесь, то он будет подвергаться большой опасности серьёзного повреждения собственным - чрезвычайно громким излученным импульсом звука. Нет смысла бороться с проблемой, снижая громкость излученного звука, ибо тогда эхо будет слишком тихим, чтобы его расслышать. И также нет смысла повышать чувствительность микрофона ("уха"), ак как это делает его более уязвимым для повреждений, путь уже несколько более тихим излученным звуком! Эта дилемма неразрывно связана с радикально различной интенсивности излученного, и принятого звука, и различие это неумолимо следует из законов физики.

Какое другое решение мог бы предложить инженер? Когда перед аналогичной проблемой встали проектировщики радара во второй мировой войне, то они натолкнулись на решение, которое они назвали "приёмо-передающим" радаром. Локационные сигналы посылались обязательно в виде очень мощных импульсов, которые могли бы повредить высокочувствительный приёмник, ожидающий слабое отражённое эхо. Приёмо-передающий переключатель временно отсоединяет входные цепи приёмника от антенны непосредственно перед началом излучения исходящего импульса, а затем снова включает их к тому времени, когда нужно будет принимать эхо.

Летучие мыши развили "приёмо-передающее" переключение очень давно, вероятно за миллионы лет до того, как наши предки спустились с деревьев. Она работает так: в ухе, как и у летучей мыши, так у нас, звук передаётся от барабанной перепонки к "микрофонным", звукочувствительным клеткам посредством моста из трёх крошечных костей, названных (из-за внешнего сходства) молоточком, наковальней и стремячком. Между прочим, расположение и подвеска этих трёх костей очень точно решают задачу, которую квалифицированный инженер назвал бы задачей "согласования импедансов", но это уже другая история. Важно, что у некоторых летучих мышей хорошо развиты мускулы, воздействующие на стремя и молоточек. Когда эти мускулы напряжены, то эти косточки передают звук ослабленно - как если бы вы приглушили микрофон, прижимая палец к вибрирующей мембране. Летучая мышь может использовать эти мускулы, чтобы временно отключать свои уши. Сокращение этих мускулов непосредственно перед выдачей каждого исходящего импульса, тем самым выключает уши, чтобы они не были повреждены громким звуком. Затем они расслабляются, чтобы ухо возвратилось к своей максимальной чувствительности ко времени получения отражённого эха. Эта приёмо-передающая переключательная система работает только тогда, когда обеспечивается точность отслеживания времени в доли секунды. Летучая мышь, называемая *Tadarida* способна к поочерёднему напряжению и расслаблению переключающих мускулов 50 раз в секунду, соблюдая полную синхронизацию с механизмом стрельбы импульсами ультразвука. Это огромное достижение, сопоставимое с хитрым механизмом, использовавшимся в некоторых истребителях времён первой мировой войны. Их пулемёты, стреляющие "сквозь" пропеллер, тщательно выбирали момент выстрела, строго синхронизированный с его вращением, чтобы пули всегда пролетали между лопастями и никогда не отстреливали их.

Следующая проблема, которая могла бы возникнуть у нашего инженера, такова. Раз уж сонар измеряет расстояние до цели, измеряя длительность тишины между излучением звука, и вернувшимся от него эхом - а этот метод *Rousettus* кажется и в самом деле использует, то импульс должен быть при этом очень кратким и отрывистым - эдакое стаккато. Длинный, растянутый импульс всё ещё бы излучался, когда бы уже вернулось эхо, и даже будучи частично приглушенным мускулами "приемо-передатчика", попал бы в механизм

распознавания эха. В идеале импульс летучей мыши должен быть очень коротким, и это похоже так и есть. Но чем короче импульс, тем труднее сделать его достаточно мощным, чтобы получить удовлетворительное эхо. Здесь имеет место другая неблагоприятная для нас альтернатива, вытекающую из законов физики. Изобретательные инженеры могли бы предложить два решения этой проблемы, что и действительно было предложено ими, опять же применительно к радару. Какое из этих двух решений предпочтительнее - зависит от того, что для нас важнее - измерить удаление объекта от измерителя, или измерить скорость перемещения объекта относительно измерителя. Первое решение известно радиоинженерам как "чирикающий радар" (*в отечественной радиотехнике для обозначения таких радаров используется аббревиатура ВИЛЧМ (радар с внутриимпульсной линейной частотной модуляцией) - А.П.*).

Радарные сигналы представляют собой серию импульсов, но у каждого импульса есть так называемая несущая частота. Представьте себе быстрое включение и выключение звука (или ультразвука). Как мы помним, крики летучей мыши представляют собой импульсы с частотой следования в десятки или сотни штук в секунду (десятки и сотни герц). И каждый из этих импульсов имеет несущую частоту - от десятков до сотен тысяч герц.

Популярно говоря, каждый импульс является коротким, и очень высоким взвизгом. Импульс радара точно так же является "взвизгом" радиоволн, с высокой несущей частотой. Специфической особенностью "чирикающего" радара является отсутствие строго фиксированной несущей частоты каждого взвизга. Вместо этого, несущая частота меняется вверх или вниз примерно на октаву. Если вы хотите представить себе звуковой эквивалент его, то каждый такой радарный импульс можно представить как ниспадающий свист удивлённого человека. Преимущество "чирикающего" радара в сравнении с радаром фиксированной несущей частотой состоит в следующем. Для него не имеет большого значения, что исходящий импульс всё ещё не закончился, когда уже пришло эхо. Они не будут перепутаны друг с другом - ведь эхо, получаемое в данный момент времени, будет отражением более ранней части импульса, и следовательно будет иметь отличающуюся частоту.

Люди-разработчики радаров извлекли много пользы из этой изобретательной техники. Имеются ли какие-нибудь свидетельства того, что летучие мыши тоже это "открыли" - подобно тому, как они открыли приёмо-передающую систему? Да, действительно, многие виды летучих мышей производят крики с ниспадающей несущей частотой, обычно примерно на октаву в каждом крике. Эти послышки "удивлённого свиста" известны как частотная модуляция (FM). Они используются людьми там, где требуется использовать технику "чирикающего радара". Однако, есть свидетельства, пока предположительные, что летучие мыши используют эту технику не для различения сигнала эхо от исходного звука, а для решения более тонкой задачи отличия одного эхо от другого. Летучая мышь живёт в мире многих эхо - близких объектов, далёких, и объектов на всех промежуточных расстояниях, и ей нужно отсортировывать эти эхо друг от друга. Если она издаёт ниспадающие "удивлённые свисты", то сортировку можно чётко сделать по тону. Когда эхо от далёкого объекта наконец приходит назад к летучей мыши, оно будет "старше", чем одновременно пришедшее эхо от близкого объекта, и поэтому будет иметь более высокий тон. Когда летучая мышь принимает эхо от нескольких объектов сразу, то она может следовать простому эмпирическому правилу: чем выше тон, тем дальше объект.

Вторая умная идея, которая могла бы придти в голову инженеру, особенно он интересуется измерением скорости перемещающейся цели, заключается в использовании интересного эффекта, называемого физиками доплеровским сдвигом. Его можно также назвать "эффектом санитарной машины", так как самое знакомое его проявление - резкое снижение тона сирены санитарной машины, когда она проносится мимо слушателя. Допплеровский сдвиг случается всякий раз, когда источник звука (или света, а также волн другого вида) и его приёмник двигаются друг относительно друга. Легче всего представить источник звука неподвижным, а слушателя -двигающимся. Допустим, что сирена на крыше фабрики гудит непрерывно, и всё время на одной ноте. Звук излучается как ряд волн. Эти волны нельзя увидеть, так как это волны воздушного давления; но если бы они были видимы, то выглядели бы как

концентрические круги, распространяющиеся вдаль, наподобие волн от камешка, брошенного в спокойный пруд. Представьте себе, что непрерывная серия камешков падает в середину пруда так, чтобы волны постоянно исходили из середины. Если мы поставим игрушечный кораблик на якорь в какой-то фиксированной точке пруда, то кораблик будет ритмично качаться на проходящих под ним волнах. Частота, с которой раскачивается кораблик, в чём-то подобна звуковому тону. Теперь предположим, что кораблик снялся с якоря, и на всех парах двинулся пересекать пруд в примерном направлении центра, от которого и исходят круги волн. Он по-прежнему будет раскачиваться, поскольку волны по-прежнему будут проходить под ним. Но частота проходящих под корабликом волн будет теперь выше, так как он путешествует к источнику волн, и будет качаться с более высокой частотой. На другой стороне от центра пруда, когда кораблик минует источник волн, частота, с которой он будет раскачиваться, очевидно понизится.

Если мы быстро проедем на (предпочтительно малошумном) мотоцикле мимо гудящей фабричной сирены, то по той же причине при приближении к фабрике высота тона будет повышена - наши уши при этом поглощают волны с более высокой частотой, чем когда они бы не двигались. И точно также, когда наш мотоцикл минует фабрику, и будет удаляться от неё, тон будет понижен. Когда мы останавливаем движение, то мы будем слышать тон сирены, средний по высоте между двумя доплер-сдвинутыми тонами. Из этого следует, что если мы знаем точную высоту тона сирены, то мы в принципе можем определить, насколько быстро мы двигаемся к, или от источника, просто сравнивая слышимый тон с известным "истинным".

Те же самые рассуждения справедливы, когда источник звука перемещается, а слушатель неподвижен. Именно этот случай имеет место при движении санитарной машины мимо нас. Хотя это не слишком правдоподобно, но говорят, сам Христиан Допплер демонстрировал этот эффект, наняв духовой оркестр для исполнения музыки на открытом железнодорожном вагонеплатформе, которая помчалась мимо его изумлённой аудитории. Имеет значение относительное перемещение, и для эффекта Допплера безразлично, источник ли звука перемещается относительно уха, или ухо перемещается мимо источника. Если два поезда движутся во встречном направлении, каждый - со скоростью 125 миль в час, то пассажир одного поезда будет слышать пронзительный вой другого поезда, мчащегося навстречу, повышенный особенно радикальным доплеровским сдвигом, ибо относительная скорость этих поездов составит 250 миль в час (400 км/ч). Эффект Допплера используется в полицейских радарах - измерителях скорости автомобилей. Неподвижный прибор излучает сигнал радара вдоль дороги. Волны радара отражаются от приближающегося автомобиля, и регистрируются приёмной аппаратурой. Чем быстрее движется автомобиль, тем выше будет доплеровский сдвиг по частоте. Сравнивая излученную частоту с частотой отражённого эха, полиция, или скорее - их автоматический прибор, может вычислять скорость каждого автомобиля. Ну если полиция может использовать этот эффект для измерения скорости лихачей, то смеем ли мы надеяться, что удастся обнаружить использование её летучими мышами для измерения скорости насекомого-добычи? Да, есть такое дело. Давно было известно, что маленькие летучие мыши, известные как "подковки" издают длинные крики стабильного тона - а не стаккато щелчки, или ниспадающий "свист удивления". Говоря "долго", я имею в виду, что долго по стандартам летучих мышей. Её "крик" длится менее десятой части секунды. И, как мы далее увидим, часто в конце крика имеется "свист удивления". Представим себе, что вначале подковка издаёт неизменяющийся тон ультразвука, когда быстро летит к неподвижному объекту, например, к дереву. Волны импульса будут падать на дерево с увеличенной частотой, так как мышь летит к дереву. Если бы в дереве был микрофон, то он бы "слышал" повышенный из-за доплер-смещения тон звука этого импульса благодаря движению летучей мыши. Микрофона в дереве конечно нет, но эхо, отражённое назад от него, будет иметь именно такой повышенный тон, какой бы слышал микрофон. Далее волны эха бегут назад от дерева к приближающейся летучей мыши, ибо она всё ещё быстро движется навстречу к ним. Поэтому происходит дальнейший доплеровский сдвиг тона эхо вверх при восприятии его летучей мышью. Движение летучей мыши приводит к своего рода двойному доплер-эффекту,

величина которого точно характеризует скорость летучей мыши относительно дерева. Сравнивая тон своего крика с тоном эхо, летучая мышь (лучше сказать - её бортовой компьютер в мозгу), может в принципе вычислять, как быстро она приближается к дереву. Этот эффект не сообщает мыши, как далеко это дерево, но тем не менее, это может быть очень полезной информацией.

Если отражающий эхо объект будет не статичным деревом, а двигающимся насекомым, доплер-эффект будет сложнее, но тем не менее - летучая мышь сможет вычислить скорость своего перемещения относительно цели - очевидно, такого рода информация нужна такой сложной "управляемой ракете", как охотящаяся летучая мышь. Некоторые летучие мыши проделывают более интересный трюк, чем просто испускание крика постоянного тона с последующим измерением тона вернувшегося. Они так подстраивают тон исходящих криков, чтобы принимаемый тон был постоянен после его доплеровского сдвига. Так как, бросившись к двигающемуся насекомому, они ускоряются, то тон их криков всё время непрерывно меняется, чтобы эхо возвращалось некоего фиксированного тона. Эта изобретательная хитрость поддерживает эхо такого тона, к которому их уши максимально чувствительны, что важно, так как эхо слабое. При этом они точно так же получают информацию о скорости цели, сравнивая излученный и принятый тон. И хотя в данном случае сдвигается излученный, а не принятый тон, но разность их будет той же самой. Я не знаю, используют ли эту хитрость рукотворные устройства, будь то сонары или радары. В принципе, я бы рискнул держать пари, что наиболее умные идеи в этой сфере первыми изобрели летучие мыши.

Логично предположить, что эти два весьма различных метода - техника доплеровского сдвига, и техника "чирикающего радара", полезны для различных конкретных применений. Одни группы летучих мышей специализируются на одной из них, другие - на другой. Некоторые группы вроде бы даже стараются взять лучшее из обоих миров, прицепляя частотно-модулированный "свист удивления" к концу (или иногда к началу) длинного "крика" с постоянной частотой. Другая любопытная хитрость "подковок" относится к движениям их ушных раковин. В отличие от других летучих мышей, "подковки" быстро двигают своими ушными раковинами, двигая их вперёд и назад. Можно предположить, что эти дополнительные быстрые перемещения звуковоспринимающей поверхности относительно цели порождает полезные модуляции доплеровского сдвига, дающие дополнительную информацию. Когда ухо движется в сторону к цели, то воспринимаемая скорость движения к цели будет выше. Когда оно двигается от цели, то будет наоборот. Мозг летучей мыши знает направление движения каждого уха, и в принципе может проделывать необходимые вычисления, чтобы извлекать пользу из этой информации.

Возможно наиболее трудная проблема из тех, с которыми сталкиваются все летучие мыши - это опасность непредумышленных взаимных помех от криков других летучих мышей. Люди-экспериментаторы обнаружили, что помешать летучим мышам делать их великие успехи, облучая их громким искусственным ультразвуком, до удивления сложно. Впрочем, это легко было предсказать. Летучие мыши, должно быть уже давно справились с проблемой помех. Многие виды летучих мышей ночуют в пещерах огромными скоплениями, и могли бы оглохнуть от вавилонского столпотворения криков и эхо, но тем не менее, они быстро летают в полной темноте пещер, избегая стен и друг друга. Как удаётся летучей мыши идти по следу своего эхо, и не впасть в заблуждение от эхо других? Первое решение, которое могло бы придти в голову инженеру - применить какую-то разновидность разнесения частот: каждая летучая мышь могла "работать" на своей собственной личной частоте, точно так же, как это делают наши радиостанции. В какой-то степени это может иметь место, но это ни в коем случае не может быть исчерпывающим решением проблемы.

Как летучие мыши избегают помех от других летучих мышей, пока не очень ясно, но интересный ключ к решению дают эксперименты по попыткам сбить с толку летучих мышей. Они показывают, что можно активно обманывать каких-нибудь летучих мышей, проигрывая им их собственные крики в искусственной задержкой. Другими словами, подсовывать им ложное эхо из их собственного крика. Удаётся даже, тонко управляя электронным аппаратом задержки

ложного эха, вынудить летучих мышей к попытке приземлиться на фантомном выступе скалы. Я предполагаю, что у летучих мышей имеет место некий эквивалент нашего взгляда на мир через хрусталик глаза. Похоже, что летучие мыши могут использовать нечто такое, что мы могли назвать "фильтром чужака". Каждое следующее эхо собственного крика летучей мыши порождает картину мира, которая имеет смысл лишь в сопоставлении с предыдущей картиной этого мира от более ранней локации. Если мозг летучей мыши воспринимает эхо крика другой летучей мыши, то попытки включить её в текущую картину мира, будут бессмысленны. Это будет выглядеть так, словно все предметы в мире внезапно подскочили в разнообразных случайных направлениях. Объекты в реальном мире не ведут себя таким сумасшедшим образом, так что мозг может их без опаски отфильтровывать, как явное фоновое эхо. Когда человек-экспериментатор предлагает летучей мыши искусственно задержанное или ускоренное "эхо" её собственных криков, то ложное эхо будет иметь смысл в образе картины мира, которую летучая мышь построила до этого. Ложное эхо пропущено фильтром чужака, потому что оно вполне вероятно в контексте предыдущего эхо. Оно принуждает объекты выглядеть лишь слегка измененными, что есть именно то поведение, какое можно правдоподобно ожидать от объектов в реальном мире. Мозг летучей мыши полагается на предположение о том, что мир, порождаемый неким импульсом эха, будет примерно тем же самым, что и мир, порождённый предыдущими, или лишь слегка отличным: например, отслеживаемое насекомое возможно, немного передвинулось.

У философа Томаса Нейджела есть известная статья под названием "Каково быть летучей мышью?". Статья эта не столько про летучих мышей, сколько о философской проблеме вживания в образ того или чего, чем мы не являемся. Философ выбрал летучую мышшь в качестве особенно красноречивого примера потому, что восприятие мира эхолокацией было сочтено особенно чуждым нам, и отличным от нашего собственного. Если вы хотите разделить с летучей мышью её жизненный опыт, то зайдите в пещеру, крикните, или стукните ложку об ложку, засекайте время задержки до прихода эхо, и вычислите, насколько далеко должна быть стена. Впрочем, это будет весьма обманчивое сходство - не сходнее попытки понять хорошую картину, используя только и возможный для летучей мыши метод восприятия цвета - с помощью прибора для измерения длины волны входящего в глаз света: если волна длинная, то вы видите красный, если короткая - то фиолетовый или синий. Так получилось, что свет, который мы называем красным, имеет большую длину волны, а свет, который мы называем синим - меньшую. Свет с различными длинами волн воздействует на различные виды фоторецепторов в сетине - красно-, зелёно- и сине-чувствительные. Но в нашем субъективном восприятии цвета нет и следа физической концепции длины волны. Ничто не подсказывает нам, что красный цвет имеет более длинную волну, чем синий. Если это вдруг имеет значение (обычно нет), то мы просто вспоминаем этот физический факт, или (как всегда делаю я) смотрим это в книге. Точно так же летучая мышь чувствует расположение насекомого, используя то, что мы называем эхо. Но конечно же, летучая мышь чувствуя насекомое, думает о задержках эхо не больше, чем мы думаем о длинах волн, когда ощущаем синий или красный цвет.

Вообще-то, если бы мне пришлось постараться сделать невозможное, и представить себе каково быть летучей мышью, я бы предположил, что эхолокация для них могла быть довольно близким подобием того, что есть зрение для нас. Мы столь неотъемлемо визуальные животные, что вряд ли понимаем, насколько это сложное дело - видение. Объекты - "вон там", и мы полагаем, что мы "видим" их там. Но я полагаю, что в действительности наше восприятие - это компьютерная модель в мозгу, тщательно построенная на основе информации, поступающей оттуда, однако преобразованная в голове в удобную для использования форму. Различия длин волн наружного света будут закодированы как "цветовые" различия в компьютерной модели у нас в голове. Очертание и другие атрибуты объекта кодируются сходным образом в форму, удобную для дальнейшей работы с ними. Восприятие видения очень отлично для нас от восприятия слышания, но не потому, что свет и звук очень физически отличаются. И свет, и звук - в конце концов, транслируются соответствующими органами чувств в те же самые

нервные импульсы. Исходя из физических параметров нервных импульсов, невозможно определить, идёт ли по этому нерву передача информации о свете, звуке или запахе. Причина, по которой зрительное ощущение настолько отлично от слухового и обонятельного в том, что мозг полагает удобным использовать различные модели для внутреннего визуального мира, внутреннего мира звука и мира запаха. Из-за того, что мы внутри себя используем визуальную и слуховую информацию различным образом и для различных целей, наши визуальные и слуховые ощущения настолько различны. Но не из-за непосредственного физического различия между светом и звуком. Но летучая мышь использует свою звуковую информацию для почти тех же самых целей, для которых мы используем визуальную. Она использует звук для восприятия и непрерывного уточнения положения объектов в трёхмерном пространстве - точно также, как мы используем свет. Следовательно, потребный тип внутренней компьютерной модели должен отвечать задаче внутреннего представления меняющегося положения объектов в трёхмерном пространстве. Моё мнение таково, что форма этого субъективного представления мира животным будет определяться свойствами внутренней компьютерной модели. Какая именно модель будет разработана эволюцией для её удобного и продуктивного внутреннего представления, не будет зависеть от физических характеристик стимулов, воспринимаемых ею извне. И мы, и летучие мыши, нуждаемся в однотипной внутренней модели для представления расположения объектов в трёхмерном пространстве. Тот факт, что летучие мыши строят свою внутреннюю модель на основании сигналов эхо, а мы строим нашу на основании световых сигналов, не имеет значения. Эта внешняя информация в любом случае транслируется те же самые нервные импульсы, гуляющие в мозге. Поэтому я предполагаю, что летучие мыши "видят" почти так же, как и мы, хотя физическая среда, посредством которой мир "вон там" транслируется в нервные импульсы очень различна - в одном случае - ультразвук, в другом - свет. Летучие мыши могут в принципе даже испытывать ощущения - типа нашего цвета - для восприятия каких-то различий в "наружном" мире, которые не имеют никакого отношения к физике и длине волны, но которые играют для них ту же функциональную роль, что цвета играют для нас. Возможно, что у самцов летучих мышей поверхность тела тонко текстурирована таким образом, что отражающееся от неё эхо будет воспринято самками великолепно раскрашенным, эдакий звуковой эквивалент свадебного оперения Райской птицы. И это не отвлечённая метафора. Возможно, что самка летучей мыши и в самом деле субъективно ощущает цвет самца, как, скажем, ярко красный - такой же, какой я ощущаю, глядя на фламинго. Ну по крайней мере, восприятие летучей мышью своего партнёра может не более отличаться от моего визуального ощущения фламинго, чем моё визуальное ощущение фламинго отличается от визуального ощущения одним фламинго другого.

Дональд Гриффин рассказал о своём (в соавторстве с Робертом Галамбосом) первом сообщении на конференции зоологов в 1940-м году об их тогда новом открытии - эхолокации у летучих мышей. Участники были изумлены! Один выдающийся ученый настолько негодовал в своём недоверии, что...

...схватил Галамбоса за плечи и тряс его, выражая недовольство тем, что мы возможно не имели в виду столь скандальные намёки. Радар и сонар в то время были одними из высших достижений военной технологии, и указание на то, что летучие мыши могли бы проделывать что-нибудь даже отдалённо похожее на наипоследний триумф радиотехнической мысли, шокировала бы большинство людей не только как нечто неправдоподобное, но и эмоционально отталкивающее.

Выдающегося скептика легко понять. Имеется нечто очень человеческое в его нежелании верить в это. И это нечто говорит: человек - это точно то, что он есть. Точно - потому, что человеческие органы чувств не способны к тому, к чему способны летучие мыши - во что так трудно поверить. Трудно, поскольку мы можем воспринять это лишь нашей аппаратурой, и после математических вычислений на бумаге, и трудно представить, что это небольшое животное проделывает это в своей маленькой головке. Однако математические вычисления, потребные для объяснений принципов зрения, столь же сложны и трудны, но ни для кого не

составляет труда поверить, что маленькое животное может видеть. Причина такого нашего пристрастного скептицизма весьма проста - мы сами можем видеть, но не можем эхолоцировать.

Можно представить себе некий другой мир, в котором совершенно слепые, летуче-мышеподобные учёные участники конференции изумлялись бы, если бы им рассказывали о животных, называемых людьми, способных использовать недавно обнаруженные неслышимые лучи, называемые "свет" (кстати, объект сверхсекретной военной разработки), для ориентации в пространстве. Эти, во всех остальных отношениях невзрачные "люди" - почти совсем глухие (ну ладно, они могут неважнецки слышать, и даже издавать редкое, тяжко медленное, глубоко тягучее рычание, но они используют эти звуки лишь для элементарных целей, таких как коммуникация друг с другом; они не выглядят способными использовать эти способности для обнаружения даже самых крупных объектов). Вместо этого, у них есть высокоспециализированный орган, называемый "глазами" для эксплуатации световых лучей. Солнце - главный источник этих лучей, и "люди", умеют замечательно эксплуатировать сложное световое эхо, которое отражается от объектов, когда световые лучи от солнца падают на их. У них есть хитроумное устройство под названием "хрусталик" форма которого представляется математически рассчитанной так, чтобы эти неслышимые лучи преломлялись таким образом, что на поверхности из клеток, называемой "ретиной" получается точное, один-к-одному соответствие между объектами в мире, и их образами на "изображении". Эти клетки сетчатки способны каким-то таинственным образом переводить свет в, так сказать, "слышимую" форму, и ретранслировать эту информацию в мозг. Наши математики показали, что теоретически возможно, производя крайне высокосложные вычисления, использовать эти световые лучи для безопасной навигации в мире - столь же эффективно, как мы обычно делаем, используя ультразвук - а некоторых отношениях, эффективно даже более! Но кто может вообразить, что эти невзрачные "люди" в состоянии проделывать такие вычисления?

Эхолокация летучих мышей - это только один из тысяч примеров, которые я мог бы выбрать в качестве примера хорошего проекта. Животные создают у нас впечатление, что они были разработаны теоретически подкованным, и практически изобретательным физиком или инженером, но не может быть и речи о том, чтобы сами летучие мыши знали или понимали эту теорию в том же смысле, в каком её понимает физик. Летучую мышь следует понимать как некий аналог полицейского радарного скоростемера, но не аналог человека, разработавшего этот прибор. Проектировщик полицейского радарного скоростемера понимал теорию эффекта Доплера, и выразил это понимание в математических уравнениях, записанных на бумаге. Знания проектировщика воплощены в разработанном приборе, но сам прибор не понимает, как он работает. Прибор содержит в себе радиодетали, соединённые между собой так, что они автоматически сравнивают две радарные частоты, и преобразуют результат сравнения в удобные единицы - мили или километры в час. Производимые при этом вычисления сложны, но сложность эта лежит в пределах возможностей маленьких кубиков современных электронных схем, должным образом соединённых между собой. Конечно, эти соединения производил искусственный сознательный мозг (или по крайней мере - он разработал диаграмму межсоединений), но никакой сознательный мозг не вовлекается в работу прибора в момент его использования.

Наш опыт общения с электронными устройствами подготовил нас к восприятию того, что бессознательные машины могут вести себя так, как будто они понимают сложные математические идеи. Эта мысль непосредственно приложима и к деятельности "живых машин". Летучая мышь - это машина, "встроенная электроника" которой подключена к её крыльевым мускулам так, что они впрямую направляют мышь на насекомое, подобно тому, как лишённые разума управляемые ракеты направляет её на самолет. До этой точки наша интуиция, исходящая из понимания современной технологии, правильна. Но наш опыт понимания этой технологии также подводит нас к видению разума сознательного и целеустремлённого проектировщика в происхождении сложных машин. А вот эта часть нашей интуиции, в случае "живых машин" ошибочна - в этом случае, "проектировщиком" является бессознательный

естественный отбор, слепой часовщик.

Я надеюсь, что узнав столько про летучих мышей, читатель уже столь же проникся благоговением, столь и я - и наверняка проникся бы Уильям Пали, знай он это. В одном отношении моя цель идентична таковой у Пали. Я не хочу, чтобы читатель недооценил потрясающие достижения природы, и глубину проблем, перед которыми мы стоим в попытках объяснить их. Эволюция летучих мышей, хотя и не известная во времена Пали, послужил бы его задаче точно также, как и любой из приведённых им примеров. Пали убеждал читателя, множа свои примеры. Он прошёлся по всему телу, от головы до носка ноги, показывая, что каждая часть, каждая мельчайшая деталь - подобна внутренностям красиво выполненных часов. По многим причинам мне бы хотелось сделать то же самое, благо таких замечательных историй, заслуживающих рассказа, имеется много, И я люблю их рассказывать. Но нет никакой необходимости множить примеры. Одного или двух будет достаточно. Гипотеза, могущая объяснить навигацию летучих мышей - хороший кандидат на объяснение живого мира, и если объяснение любого из примеров Пали было неправильно, то мы не можем его исправить, приводя ещё примеры. Его гипотеза гласила, что "живые часы", были в буквальном смысле разработаны и изготовлены Главным часовщиком. Наша современная гипотеза гласит, что эта работа была сделана постепенными эволюционными шагами естественным отбором.

Современные богословы не столь прямолинейны, как Пали. Они, указывая на сложность живых механизмов, не говорят, что это с самоочевидностью говорит о разработанности их Творцом, подобной разработанности часов. Но они предпочитают, указывая на них, говорить, что "невозможной поверить" что такая сложность, или такое совершенство, могло развиваться в ходе естественного отбора. Всякий раз, когда я читаю такие ремарки, я испытываю желание записать заметочку "для себя" на полях страницы. Имеется множество примеров (я насчитал 35 в одной главе) в недавно вышедшей книге с названием "Возможность Бога" Бирмингемского епископа, Хью Монтефьёра. Я буду использовать эту книгу во всех примерах оставшейся части этой главы, потому что это - искренняя и честная попытка уважаемого и образованного автора осовременить естественное богословие. Говоря "честная", я имею в виду честная. В отличие от некоторых его коллег-теологов, епископ Монтефьёр не боится заявлять, что существование Бога для него является однозначным фактом. У него нет в запасе увёртливых отговорок вроде "Христианство - это образ жизни. Вопрос существования Бога снят: это - мираж, созданный иллюзиями реализма". Частично его книга посвящена физике и космологии, и я не компетентен комментировать их, кроме как заметить, что он вроде бы использует настоящих физиков для поддержки своего мнения. Вот бы то же самое он сделал в биологических разделах книги! К сожалению, он предпочел здесь консультироваться с работами Артура Кестлера, Фреда Хойла, Гордона Раттрей-Тейлора и Карла Поппера! Епископ верит в эволюцию, но не может поверить, что естественный отбор - адекватное объяснение того курса, которым идёт эволюция (частично потому, что подобно многим другим, он, к сожалению неправильно отождествляет "случайность" естественного отбора и "бессмысленность").

Он делает сильный акцент на то, что можно назвать доводом субъективного неверия. В одной главе имеются следующие фразы, в приведённом порядке:

... похоже, что ни одно дарвиновское объяснение не обосновано ..., его объяснения не легче ..., трудно понять ..., нелегко понять ..., это одинаково трудно объяснить ... я не считаю, что это легко воспринять ..., я не нахожу, что тут легко увидеть ..., я нахожу, что это трудно понимать ..., это нереально объяснять ..., я не вижу, как ..., нео-дарвинизм выглядит неадекватным объяснением многих из сложностей поведения животных..., нелегко понять, как такое поведение могло развиваться исключительно естественным отбором ..., Это невозможно ..., как столь сложный орган мог развиваться? ... Нелегко видеть ..., трудно видеть ...

Аргумент субъективного неверия - это чрезвычайно слабый аргумент, что отметил ещё сам Дарвин. В некоторых случаях он основан на простом невежестве. Например, один из фактов, который епископ нашёл трудным для понимания - это белый цвет полярных медведей.

Что касается камуфляжа, то его не всегда легко объяснить на основании нео-дарвинистских предпосылок. Раз уж белые медведи царят в арктике, то мне не кажется, что им необходимо развивать белоцветную форму камуфляжа.

Это следует перевести:

Сам я, с высоты своей головы, сидя в моём кабинете, никогда не бывав в арктике, никогда не видя белого медведя в природе, и получивший образование по классической литературе и теологии, пока не придумал объяснение, как белые медведи могли бы извлекать выгоду из своей белой окраски.

В этом конкретном случае имеется неявное предположение, что только животные - жертвы хищников нуждаются в камуфляже. Но не замечается, что хищникам тоже полезно скрываться от своей добычи. Белые медведи охотятся на тюленей, отдыхающих на льду. Если тюлень видит подходящего медведя с достаточно большого расстояния, он может улизнуть. Я подозреваю, что если епископ представил бы себе темного медведя-Гризли, пытающегося преследовать тюленей на снегу, то он сразу же увидел бы ответ на свой недоумённый вопрос.

Аргумент с белым медведем оказалось очень легко отвергнуть, но, это, в некотором важном смысле, не главное. Даже если какой-нибудь высший мировой авторитет не может объяснить некоторое значимое биологическое явление, то это не означает, что оно необъяснимо.

Множество тайн оставалось тайнами на протяжении столетий, и наконец поддались объяснению. Не уверен, что это представляет какую-то ценность, но большинство современных биологов не наши бы трудным объяснить все 35 примеров епископа в понятиях теории естественного отбора, хотя не все они столь же легки, как и пример с белыми медведями. Но мы тут не проверяем человеческую изобретательность. Даже если нашёлся один пример, который мы не смогли объяснить, то мы должны остерегаться делать грандиозные выводы из факта нашей личной неспособности. Сам Дарвин очень ясно выразился на этот счёт.

Есть более серьёзные формы аргументации, чем субъективное неверие, формы, которые не базируются просто на невежестве или нехватке изобретательности. Одна из форм этой аргументации прямо использует это чувство чрезвычайного удивления, которое все мы испытываем, когда сталкиваемся с высокосложными машинами, подобными скупулёзно совершенному оборудованию для эхолокации летучих мышей. Его смысл в "самоочевидности" факта, что что-нибудь столь удивительно, что вряд ли могло развиваться в ходе естественного отбора. Епископ с одобрением цитирует Г. Беннетта про паучьи паутины:

Для всякого, кто наблюдал работу паука в течение многих часов, не может быть никаких сомнений в том, что ни нынешние пауки этого вида, ни их предки, не были когда-либо архитекторами сети, или что они могли явно произвести это шаг за шагом, посредством случайных вариаций; это было бы столь же абсурдно, как и предположение о том, что замысловатые и точные пропорции Пантенона получились в результате сваливания в кучи кусков мрамора.

И вовсе это не-невозможно. Это как раз то, во что я твёрдо верю, ибо имею некоторый опыт наблюдения пауков и их паутин.

Епископ, переходя к человеческому глазу, риторически вопрошет - в предположении, что ответа нет: "Как столь сложный орган смог развиваться в ходе эволюции?" Это не аргумент, это просто подтверждение скептицизма. Базис этого субъективного неверия, в который все мы норовим впасть при виде того, что Дарвин назвал органами чрезвычайного совершенства и сложности, я думаю, двойственный. Прежде всего, мы не способны интуитивно осознать необъятности времени, доступного для эволюционных изменений. Большинство критиков естественного отбора готовы принять, что эволюция может порождать незначительные изменения - такие, как тёмная окраска бабочек, которая развилась у некоторых их видов после начала промышленной революции. Но приняв это, они затем указывают на малую величину этого изменения. Как подчёркивает епископ, тёмная бабочка - не новый вид. Согласен, что это малое изменение, не сопоставимое по масштабам с эволюцией ни глаза, ни эхолокации. Но бабочке потребовалась только сотня лет, чтобы произвести это изменение. Одна сотня лет выглядит для нас долгим временем потому, что она длиннее продолжительности нашей жизни.

Но геолог привык оперировать интервалами времени, в тысячи раз более длинными!

Глаза не оставляют окаменелостей, поэтому мы не знаем, сколь много времени потребовалось глазу нашего типа для развития "с нуля" в объект нынешней сложности и совершенства, однако доступное для этого время составляет сотни миллионов лет. Вспомните, за какое короткое время посредством селекции, человек вызвал значимые генетические изменения у собак. За несколько сотен, или в крайнем случае - тысяч лет, они ушли от волка, и дошли до Пекинца, Бульдога, Чи-хуа-хуа и Сенбернара. Да, но они все, тем не менее - собаки, не правда ли? Они не превратились в новый "вид" животных? Да, если это успокаивает вас - продолжайте играть подобными словами, и называйте их всех собаками. Но только не забывайте о времени этого развития. Давайте изобразим всё время, потребное для выведения всех этих пород собак от волка, одним обычным прогулочным шагом. Тогда, в том же масштабе, как далеко нам пришлось бы прошагать от нас до Люси (*Люси - знаменитая находка скелета самки Homo Erectus - А.П.*) и её вида - самых ранних окаменелостей предков человека, уже однозначно ходивших на двух ногах? Ответ: около 2 миль. И как далеко нам пришлось бы прошагать, чтобы вернуться в начало биологической эволюции на Земле? Ответ: вам придётся совершить изнурительное путешествие от Лондона до Багдада. Подумайте о произошедших изменениях на пути от волка до Чи-хуа-хуа, затем умножьте это на количество шагов между Лондоном и Багдадом. Возможно, это поможет вам интуитивно осознать полное количество изменений, происходивших в настоящей эволюции природы. Второе основание для нашего естественного скептицизма насчёт развития очень сложных органов, подобных человеческому глазу и ушам летучей мыши - интуитивное применение теории вероятности. Епископ Монтефьёр цитирует С. Е. Равена на тему кукушек. Они кладут свои яйца в гнёзда других птиц, которые затем играют роль невольных приёмных родителей. Подобно большинству биологических адаптаций, паразитизм кукушек не заключается в чём-то лишь одном - приспособленность кукушек к паразитическому образу жизни многогранна. Например, мать имеет привычку класть яйца в гнёзда других птиц, а птенец имеет привычку выбрасывать родных птенцов хозяина из гнезда. Обе привычки помогают кукушке преуспевать в её паразитической жизни. Равен продолжает:

Легко заметить, что каждая из этих привычек существенна для успеха всего предприятия. Однако по отдельности каждая из них бесполезна. Эта совокупность, должно быть, была достигнута одновременно. Шансы на случайное озникновение такого ряда совпадений, как мы уже выяснили, микроскопически низки.

Аргументы такого типа в принципе более убедительны, чем аргументы, основанные на явно субъективном неверии. Оценка статистической вероятности какого-то предположения - правильный способ оценки его правдоподобности. Более того, это как раз метод, который мы будем использовать в этой книге не один раз. Но мы должны делать это корректно! Есть два изъяна в аргументации Равена. Первый нам уже знаком, и мне уже трудно сдерживать раздражение, - отождествление естественного отбора с "хаотичностью". Мутации хаотичны, да; но естественный отбор - это сама антитеза хаоса! Второй: в корне неверно, что "каждый из них по отдельности бесполезен". Неверно, что вся совершенная работа должна быть закончена одновременно. Неверно, что наличие каждой из частей обязательно для успеха целого. Простой, рудиментарный полуразвитый глаз-ухо-эхолокационная система-система кукушкиного паразитизма, и т.д., - лучше, чем ничего вообще. Без глаза - вы полностью слепы. С полуразвитым глазом вы можете по крайней мере обнаружить общее направление движения хищника, даже если вы не можете видеть ясное изображение. И это может быть вопросом жизни и смерти. И эти проблемы мы подробно рассмотрим следующих двух главах.

Глава 3

Суммируем маленькие победы

Как мы уже поняли, живые существа слишком невероятны и слишком красиво "спроектированы", чтобы появиться случайно. Но тогда как же они возникли? Ответ, который дал Дарвин, таков: путём постепенных, пошаговых преобразований более простых существ, ведущих начало от первоначальных сущностей - достаточно простых, чтобы возникнуть самопроизвольно и спонтанно. Каждая последовательная, отталкивающаяся от предшествующего статус-кво новация эволюционного процесса была достаточно проста, чтобы возникнуть самопроизвольно. Но вся нарастающая последовательность таких шагов представляет собой совсем не случайный процесс, если рассматривать сложность конечных продуктов относительно изначальной отправной точки. Процессу накопления придаёт направленность неслучайный процесс выживания. Цель этой главы состоит в демонстрации мощности этой нарастающей селекции, как принципиально неслучайного процесса.

Прогуливаясь по галечному пляжу, вы наверняка заметите, что средний размер гальки в разных местах пляжа различается. Гальки помельче как правило сконцентрированы одних тянущихся вдоль пляжа зонах или полосах, покрупные - в других. Гальки отсортировались, упорядочились, отобрались. Какое-нибудь живущее на берегу племя могло бы задаваться вопросом о причинах этой сортированности и упорядоченности в мире, и могло бы сочинить объясняющий её миф, возможно приписывая эти деяния Великому Духу Небес, любящему опрятность и упорядоченность. Мы могли бы снисходительно улыбнуться, узнав о таком суеверном представлении, и объяснить, что на деле упорядоченность была плодом слепых сил физики, в данном случае - воздействием волн. У волн нет никаких целей и намерений, никакой любви к опрятности, и совсем никаких мыслей. Они лишь энергично разбрасывают гальку во все стороны, а гальки различных размеров различно реагируют на это воздействие, и в результате они оседают на различных уровнях пляжа. Из полного беспорядка получился маленький порядок, и никакой разум его не планировал.

Волны и галька являются простым примером системы, которая автоматически генерирует какую-то упорядоченность. Наш мир полон таких систем. В качестве простейшего примера я могу предложить отверстие. Через отверстие могут проходить только объекты меньшие его. Это означает, что, если вы начнёте хаотично собирать объекты над отверстием, и с какой-то силой трясти и толкать их в случайных направлениях, то через какое-то время объекты выше, и объекты ниже отверстия приобретут неслучайную отсортированность. Пространство ниже отверстия будет склонно содержать объекты, меньшие отверстия, а пространство выше - большие. Конечно же, человечество уже давно использует этот простой принцип генерации неслучайности в таком полезном устройстве, как сито.

Солнечная Система - это устойчивая система из планет, комет и разных осколков, вращающихся по орбитам вокруг Солнца; возможно, это одна из многих таких систем во вселенной. Чем ближе такой спутник к своему солнцу, тем быстрее он должен двигаться по орбите, чтобы противостоять его притяжению, и оставаться на устойчивой орбите. Для любой заданной орбиты существует только одна скорость, с которой спутник может двигаться, оставаясь на этой орбите. Если он приобретёт любую другую скорость, то или улетит в глубокий космос, или врежется в Солнце, или перейдёт на другую орбиту. И если мы посмотрим на планеты нашей солнечной системы, то увидим, что каждая из них движется с именно той скоростью, чтобы держаться на своей устойчивой орбите вокруг Солнца. Что это - благословенное чудо преднамеренного проекта? Нет - лишь другое естественное "сито". Очевидно, что все планеты, которые мы видим на орбитах вокруг солнца, должны двигаться со строго определённой скоростью, чтобы держаться на своих орбитах - в противном случае мы бы не видели их там, потому что их бы там не было! Но столь же очевидно, что это не есть свидетельство сознательности проекта. Это - лишь другой вид сита. Но отсеивания такого порядка из исходного беспорядка само по себе недостаточно, чтобы объяснить массовую упорядоченность, которую мы видим у живых существ - даже отдалённо. Вспомните аналогию с кодовым замком. Упорядочивать простым просеиванием - примерно то же самое, что открывать кодовый замок с одним диском: он легко открывается при минимальном везении. Живые системы эквивалентны гигантскому кодовому замку с почти неисчислимым

количеством дисков. Изготовление биологической молекулы, такой, как гемоглобин (красный пигмент крови), простым просеиванием было бы эквивалентно тому, чтобы смешивать наугад все аминокислотные остатки гемоглобина в надежде, что молекула гемоглобина спонтанно воссоздастся по счастливой случайности. Степень везения, которая бы потребовалась для этого подвига, невероятна, и образно названа Айзеком Азимовым "мысленным монстром".

Трёхмерная молекула гемоглобина состоит из четырёх переплетающихся аминокислотных цепей. Давайте рассмотрим только одну из них. Она состоит из 146 аминокислот. Всего в живой материи встречается 20 различных аминокислот. Количество возможных способов взаимосоединения 20 видов звеньев в цепь из 146 штук длиной - это немыслимо большое число, которое Азимов назвал "числом гемоглобина". Его легко вычислить, но невозможно представить. Первым звеном этой цепи из 146 звеньев могла быть любой из 20 возможных аминокислот. Вторая также могла быть любой из этих же 20, всего возможных вариантов двухзвенной цепи - $20 \times 20 = 400$. Количество возможных вариантов трёхзвенной цепи - $20 \times 20 \times 20 = 8000$. Количество возможных вариантов 146-звенной цепи - 20 умноженное само на себя 146 раз. Это потрясающе большое число. Миллион - это единица с 6 нулями. Миллиард (1000 миллионов) - единица 9 нулями. Искомое нами "число гемоглобина", это, округлённо - единица 190 нулями! Один против этого числа - вот наш шанс натолкнуться на гемоглобин наудачу. А ведь сложность молекулы гемоглобина - ничтожная часть сложности живого тела. Очевидно, что само по себе простое просеивание даже отдалённо не способно к созданию той упорядоченности, что имеется в живом существе. Просеивание - это существенный компонент в генерации живой упорядоченности, но это далеко-далеко не весь рассказ. Нужно ещё кое-что. Чтобы пояснить эту мысль, мне будет нужно подчеркнуть различие между "одноразовым" и "нарастающим" отбором. Простые сита, которые мы пока рассматривали в этой главе - это всё примеры одноразового отбора. Организация живой материи - это плод нарастающего отбора.

Принципиальное различие между одноразовым и нарастающим отбором состоит вот в чём. При одноразовом отборе отбираемые или сортируемые объекты, гальки, или что бы то ни было ещё, сортируются раз и навсегда. При нарастающем отборе, напротив, они "размножаются"; или как-то иначе передают результаты одного просеивания в последующее просеивание, которое передает его далее ..., и так бесконечно. Объекты подвергаются отбору или сортировке в течение многих последовательных поколений. Конечный продукт одного поколения - отправная точка отбора следующего поколения, и так много раз. Применение таких слов как "воспроизводство" и "поколение", которые мы ассоциируем с живыми существами естественно, ибо живые существа - главные примеры известных нам сущностей, участвующих в нарастающем отборе. На практике они, возможно, единственные сущности, которые в нём участвуют. Но в этот момент я не хочу ставить вопрос столь жёстко.

Облака, под действием хаотичных порывов ветра, принимают форму, похожую на знакомые нам предметы. Есть публикация большой фотографии, сделанной пилотом маленького самолета, на которой облако выглядело как лицо Иисуса, пристально глядящего с неба. Все мы видели облака, которые напомнили нам что-нибудь - скажем, морского конька, или улыбающееся лицо. Эти совпадения возникли в результате одноразового отбора, то есть - совпадение было единственным. Следовательно, они не очень выразительны. Подобие зодиакальных созвездий тем животным, в честь которых они были названы - Скорпион, Лев, и так далее, столь же невыразительны, как и предсказания астрологов. Мы не видим при этом такого ошеломляющего подобия, какое мы видим в биологических адаптациях - продукте нарастающего отбора. Подобие насекомого листу растения, или подобие богомола соцветию розовых цветов мы описываем как сверхъестественное, жуткое, или захватывающее. Подобие облака горностаю только слегка развлекает, и достойно лишь привлечения внимания нашего компаньона. Не говоря уж о том, что мы, весьма вероятно тут же изменим своё мнение насчёт того, на что это облако похоже точнее.

Гамлет: Ты видишь вон там облако, которое так похоже на верблюда?

Полониус: Истинно подобно верблюду.

Гамлет: Сдаётся мне, что оно похоже на горностаю.

Полониус: И вправду подобно горностаю.

Гамлет: Или похоже на кита?

Полониус: Очень похоже на кита.

Я не знаю, кто сказал первым, что при наличии достаточного времени, обезьяна, беспорядочно стучащая по клавишам пишущей машинки, смогла бы когда-нибудь напечатать все произведения Шекспира. Ключевая фраза здесь, конечно "при наличии достаточного времени". Давайте несколько сузим задачу, стоящую перед нашей обезьяной. Предположим, что ей нужно воспроизвести не все произведения Шекспира, а только короткое предложение "Methinks it is like a weasel" ("Сдаётся мне, что оно похоже на горностаю"), и облегчим её работу, предоставив ей пишущую машинку с клавиатурой, состоящей только из 26 букв (заглавных), и клавиши пробела. Сколько времени ей потребуется, чтобы написать это небольшое предложение?

Предложение состоит из 28 символов, так что давайте предположим, что обезьяна будет производить серию попыток, состоящих из 28 ударов по клавиатуре. Если она напечатает фразу правильно, то это будет окончанием эксперимента. Если нет, то мы предоставляем ей другую 28-символьную "попытку". У меня нет знакомых обезьян, но к счастью, моя 11-месячная дочь - опытный генератор случайных символов, она лишь продемонстрировала слишком большое нетерпение, чтобы продвигаться в работе обезьяны-машинистки поэтапно. Вот что она напечатала на компьютере:

```
UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM  
S SS FMCV PU I DDRGLKDXRRDO  
RDTE QDWFDVIOY UDSKZWCCVYT  
H CHVY NMGNBAYTDFCCVD D  
RCDFYYRM N DFSKD LD K WDWK  
JKAUIZMZI UXDKIDISFUMDKUDXI
```

Поскольку у дочери есть другие важные дела, то роль такой машинистки я поручил компьютерной программе, имитирующей беспорядочно печатающего младенца или обезьяну:

```
WDLDMNLDTJBKWIRZREZLMQCO P  
Y YVMQKZPGJXWVHGLAWFVCHQYOPY  
MWR SWTNUXMLCDLEUBXTQHNZVJQF  
FU OVAODVYKDGXDEKYVMOGGS VT  
HZQZDSFZIHIVPHZPETPWVOVPMZGF  
GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF
```

И так далее в том же духе. Несложно подсчитать, как долго нам придётся ждать, пока генератор случайных символов (младенец или обезьяна) напечатает "METHINKS IT IS LIKE A WEASEL". Оценим общее количества возможных фраз заданной длины, которые обезьяна, младенец или генератор случайных символов могли бы напечатать. Вычисления будут теми же самыми, какие мы делали для гемоглобина, и приведут к аналогично большому результату. На первой позиции этой строки возможно 27 возможных символов (включая символ пробела). Шанс, что обезьяна, напечатает букву "M" прямо следует из количества символов - 1 из 27. Шанс, что вторая буква будет "E" аналогичен шансу, что первая буква будет "M", а шанс, что первые две буквы будут "ME" равен их произведению $1/27 \times 1/27$, что даст $1/729$. Шанс на то, что первое слово будет "METHINKS" - это шанс на появление каждой буквы на своём месте - $1/27$ для каждой, итого $(1/27) \times (1/27) \times (1/27) \times (1/27) \dots$, и так далее 8 раз, то есть $(1/27)$ в степени 8. Шанс на получение всей этой фразы из 28 символов, есть $(1/27)$ в степени 28, то есть $(1/27)$ умножимое само на себя 28 раз. Это очень маленький шанс, примерно 1 из 10000

миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов. Искомую фразу, таким образом придётся ждать, мягко говоря, долго, не говоря уж о всех произведениях Шекспира.

Так долго получается в случае одноразового отбора случайной вариации. Теперь рассмотрим нарастающий отбор - насколько он будет эффективнее? Очень и очень много! Гораздо эффективнее, чем мы возможно себе представляем в первый момент, хотя это почти очевидно, если мы подумаем над этим чуть более. Мы снова используем нашу компьютерную обезьяну, но внесём критическое изменение в программу. Она, как и раньше, снова начинает, выбирая случайную последовательность из 28 букв:

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

Однако теперь она "размножает" эту случайную фразу. Она реплицирует её неоднократно, но с некоторой вероятностью случайной ошибки - "мутации" при копировании. Компьютер исследует мутировавшую бессмысленную фразу, "потомка" первоначальной, и выбирает ту, которая более всего (хотя бы чуть-чуть) походит на нашу искомую фразу, "METHINKS IT IS LIKE A WEASEL". В данном случае, в следующем поколении победила такая фраза:

WDLTMNLT DTJBSWIRZREZLMQCO P

Улучшение неочевидное! Но процедура повторилась, и снова мутировавший "потомок" "вывелся" от последней фразы, и отобран новый "победитель". И так поколение за поколением. После 10 поколений, фраза, выбранная на роль "производителя" была такой:

MDLDMNLS ITJISWHRZREZ MECS P

А вот что было после 20 поколений:

MELDINLS IT ISWPRKE Z WECSEL

А вот здесь глаз уже не может не заметить некоторого подобия искомой фразе. В 30-м поколении в подобии можно уже не сомневаться:

METHINGS IT ISWLIKE B WECSEL

На 40-м поколении - мы в одной букве от цели:

METHINKS IT IS LIKE I WEASEL

И вот цель наконец достигнута в 43-м поколении.
Второй прогон компьютер начал с фразы:

Y YVMQKZPFJXWVHGLAWFVCHQXYOPY

Результаты прогона были таковы (снова приводится только каждое десятое поколение):

Y YVMQKSPFTXWSHLIKEFV HQYSPY
YETHINKSPITXISHLIKEFA WQYSEY
METHINKS IT ISSLIKE A WEFSEY
METHINKS IT ISBLIKE A WEASES
METHINKS IT ISJLIKE A WEASEO
METHINKS IT IS LIKE A WEASEP

И конечная цель достигнута в поколении 64. Третий прогон компьютер начал с фразы:

GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

И достиг "METHINKS IT IS LIKE A WEASEL" в 41-м поколении селективного "размножения".

Точное время, затраченное компьютером на достижение цели, значения не имеет. Но если вы настаиваете, то он закончил весь первый прогон за время, пока я завтракал - то есть, примерно полчаса. (Энтузиасты-компьютерщики могут счесть, что это неправдоподобно долго. Но дело в том, что программа была написана на БЕЙСИКЕ - это язык программирования для младенцев. Когда я переписал её на Паскаль, то она стала выполняться за 11 секунд). Компьютеры в этих делах несколько быстрее обезьян, но разница действительно не имеет значения. Значение имеет разница между временем нарастающей селекции, и временем, потребным тому же самому компьютеру, работающему с той же скоростью, на достижение целевой фразы, если мы заставим его использовать другую процедуру - процедуру одноразового отбора: это примерно миллион миллионов миллионов миллионов миллионов лет. Это в миллион миллионов миллионов раз больше времени существования Вселенной.

Фактически разумнее говорить, что в сравнении с временем, потребным, неважно кому - хоть обезьяне, хоть компьютерному генератору случайных символов, для генерации нашей целевой фразы, возраст вселенной - столь ничтожная величина, что на практике утонет в погрешностях данного рода вычислений. В то же время, компьютерному генератору случайных символов, но работающему по алгоритму нарастающего выбора, для выполнения той же самой задачи потребуются совершенно обозримое время - от 11 секунд до длительности спокойного завтрака.

Различие между нарастающим отбором (при котором каждое улучшение, пусть небольшое, используется как фундамент для будущей постройки), и одноразовым выбором (при котором каждая новая "попытка" делается "с нуля"), просто невероятно огромно. Если бы эволюционный прогресс полагался на одноразовый отбор, то он никогда и нигде не имел бы места. Однако, если где-нибудь и как-нибудь слепые силы природы создадут условия для нарастающего отбора, то необыкновенные и удивительные последствия не заставят себя ждать. Собственно говоря, именно это и произошло на нашей планете, и мы с вами - одно из новейших, и может быть - самое необыкновенное и удивительное из этих последствий. Просто поразительно, как можно всё ещё полагать вычисления, вроде наших вычислений "числа гемоглобина" аргументами против теории Дарвина. Люди, так полагающие, часто эксперты в своей сфере - астрономии или где-то ещё, похоже, вполне искренне полагают, что дарвинизм объясняет организацию живой материи в терминах "спонтанности" - одного только "одноразового отбора". Вера в то, что дарвиновская эволюция "спонтанна", не просто ложна. Это точная антитеза правды. Случай - второстепенный компонент в дарвиновском рецепте, главнейший же - нарастающий отбор, который принципиально неслучаен.

Облака не способны к нарастающему отбору. Не существует механизма, посредством которого облака какой-то конкретной формы могли бы передавать дочернему облаку сходство с собой. Если бы такой механизм имелся, если бы облако, похожее на горностаю или верблюда могли бы порождать линию других облаков примерно той же самой формы, то нарастающий отбор имел бы возможность продвижения. Конечно, облака дробятся, и иногда формируют "дочерние" облака, но для нарастающего отбора этого недостаточно. Также необходимо чтобы "потомок" любого данного облака походил на своего "родителя" больше, чем он походит на любого чужого "родителя" в "популяции". Этот жизненно важный момент очевидно искажённо истолковывался некоторыми философами, которые в последние годы проявили интерес к теории естественного отбора. Кроме того, необходимо, чтобы шансы данного облака на выживание и порождение потомков зависели от его формы. Возможно, в какой-нибудь отдалённой галактике эти условия действительно возникали, и результатом этого могла быть, если прошло достаточное количество миллионов лет, некая воздушная, утончённая форма жизни. Это могло бы быть хорошим научно-фантастическим рассказом - его можно было бы

назвать "Белое облако", но для нашей задачи, компьютерная модель - такая, как модель "обезьяна-Шекспир", легче для понимания.

Хотя модель "обезьяна-Шекспир" полезна для объяснения различий между одноразовым и нарастающим отбором, она в некоторых важных отношениях вводит в заблуждение. Одно из них состоит в том, что, в каждом поколении селективного размножения, мутантные фразы-потомки оценивались по критерию сходства с отдалённой идеальной целью, фразой "METHINKS IT IS LIKE A WEASEL". Жизнь не такова. Эволюция не имеет никаких долговременных целей. Не существует никаких отдалённых целей, никакого финального совершенства, которое могло бы служить критерием отбора, хотя человеческое тщеславие и лелеет абсурдную мысль о том, что наш вид является заключительной целью эволюции. В реальной жизни критерий для отбора всегда краткосрочен - это простое выживание; или строже говоря - репродуктивный успех. То, что по прошествии геологических эпох ретроспективно выглядит как движение к достижению какой-то отдалённой цели, на деле же - всегда побочное следствие многих поколений краткосрочного отбора. Наш "часовщик" - нарастающий естественный отбор - слеп к будущему и не имеет никаких долговременных целей.

Мы можем изменить нашу компьютерную модель, чтобы привлечь внимание к этому моменту; мы можем также сделать её более реалистичной в других отношениях. Буквы и слова - узкочеловеческие явления, так что давайте научим компьютер рисовать картины. Может быть, мы даже увидим очертания, подобные животным, эволюционирующим в компьютере посредством нарастающего отбора мутантных форм. Мы не будем навязывать своих представлений, предлагая начать с какого-нибудь конкретного животного. Мы хотим, чтобы они появились исключительно в результате нарастающего отбора случайных мутаций.

В реальной жизни, форма тела каждой особи животного продуцируется эмбриональным развитием. Эволюция получается потому, что в последовательных поколениях имеются небольшие различия в эмбриональном развитии. Эти различия возникают из-за изменений (мутации - это тот самый маленький элемент спонтанности в эволюции, о котором я говорил) в генах, управляющих развитием. Поэтому в нашей компьютерной модели должно быть нечто эквивалентное эмбриональному развитию, и нечто эквивалентное генам, могущим мутировать. Удовлетворить этим спецификациям в компьютерной модели можно различными путями. Я выбрал из них один, и написал программу, которая его реализовала. Сейчас я опишу эту компьютерную модель, чтобы вы не думали, что я что-то скрываю. Если вы не разбираетесь в компьютерах, то вам достаточно знать, что компьютеры - это механизмы, которые делают в точности то, что вы им велите, но часто удивляют вас результатом. Список инструкций для компьютера называется программой ("program" - это стандартная американская нотация, она к тому же рекомендуется Оксфордским словарём; альтернативная нотация, "programme", обычно употребляемая в Британии, вроде бы является заимствованием из французского).

Эмбриональное развитие - это слишком сложный процесс, чтобы его можно было реалистично смоделировать на маленьком компьютере. Нам придётся представить его неким упрощённым аналогом. Нам нужно найти простое правило рисования, которое компьютер может легко выполнить, и которое может затем изменяться под влиянием "генов". Какое правило рисования мы выберем? Учебники информатики часто иллюстрируют мощь того, что они называют "рекурсивным" программированием, простыми процедурами рисования деревьев. Компьютер начинает рисовать одну вертикальную линию. Затем линия разветвляется на две ветки, после чего каждая из ветвей разделяется ещё на две суб-ветки. Затем каждая из суб-ветвей подразделяется на суб-суб-ветки и так далее. Метод называется "рекурсивным" потому, что одно и то же правило (в нашем случае - правило ветвления) локально применяется на всём растущем дереве. Дерево может быть сколь угодно велико, ибо одно и то же правило ветвления применяется в кончиках всех его веток.

"Глубина" рекурсии - это количество допускаемых суб-суб- ... ветвлений между началом и остановкой процесса. На рисунке 2 показаны случаи, когда вы велите компьютеру выполнить одно и то же правило рисования, но остановиться на разных глубинах рекурсии. При очень глубокой рекурсии образец становится весьма сложным, но тем не менее на рисунке 2 можно

легко видеть, что это результат того же самого очень простого правила ветвления. Конечно, именно это происходит у настоящего дерева. Схема ветвления дуба или яблони выглядит сложной, но на деле таковой не является. Базовое правило ветвления очень просто. Но из-за того, что оно применяется рекурсивно во всех отрастающих кончиках всех ветвей дерева - ветви производят суб-ветви, затем каждая суб-ветвь производит суб-суб-ветви, и так далее - в результате всё дерево получается большим и густым.

Рекурсивное ветвление - это также хорошая метафора для эмбрионального развития растений и животных. Я не хочу сказать, что эмбрион животного

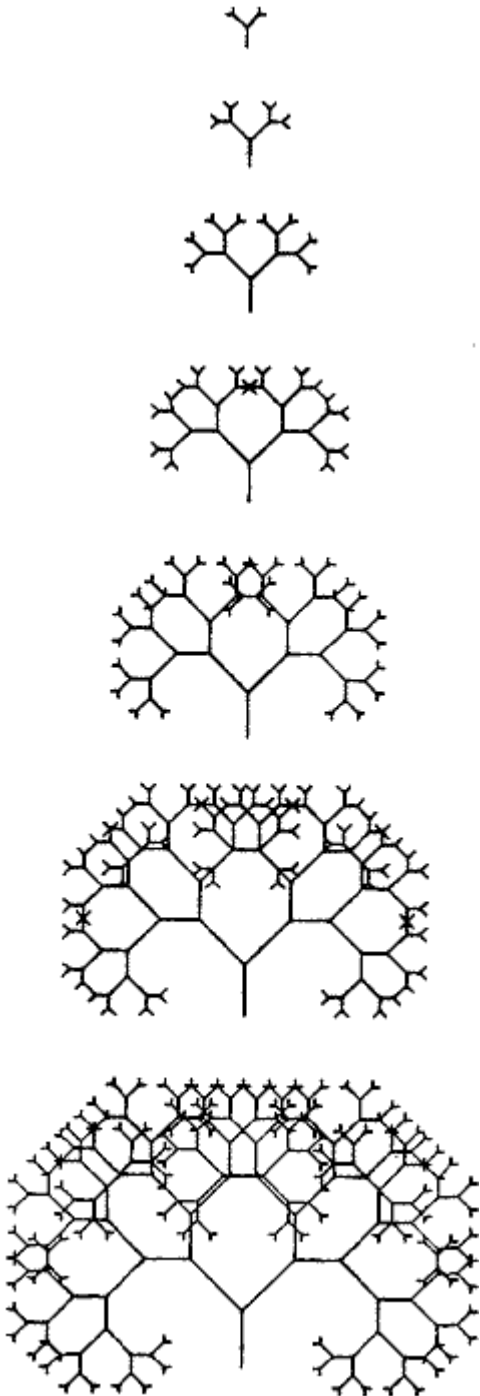


Рисунок 2

напоминает ветвящееся дерево. Нет, конечно. Но рост всех эмбрионов осуществляется делением клеток. Деление любой клетки всегда состоит в разделении её на две дочерние. И

гены всегда влияют на результирующие эффекты развития тел посредством локального влияния на клетки, и на "двухветочную" схему деления клетки. Гены животного никак не являются эдаким грандиозным чертежом всего тела. Как мы увидим далее, гены более подобны рецепту, чем подобному чертежу - более того, не тому рецепту, который описывает развивающийся эмбрион как целое, но рецепту поведения отдельной клетки, или локального кластера делящихся клеток. Я не спорю, что весь эмбрион, а позже и взрослая особь, может обладать крупными размерами и формой. Но это крупное тело появляется как результат большого количества маленьких локальных клеточных эффектов во всём развивающемся теле, и эти локальные эффекты в основном представляют собой такие вот "двухветочные" расколы клеток. Именно влияя на эти локальные события, гены в конечном счёте оказывают влияние на взрослое тело.

Итак, простое правило ветвления рисунка дерева будет похоже на обещанный аналог эмбрионального развития. Ну раз это так, то мы оформляем его в маленькую компьютерную процедуру, называем её РАЗВИТИЕ, и готовим к включению в БОльшую программу с названием ЭВОЛЮЦИЯ. И в качестве первого шага к написанию этой большей программы, обратим наше внимание на гены. Как будет мы моделировать "гены" в нашей компьютерной модели? В реальном живом существе гены делают две вещи: влияют на развитие, и переходят в следующие поколения. У реальных животных и растений имеются десятки тысяч генов, но мы скромно ограничим нашу компьютерную модель девятью. Каждый из этих девяти генов просто представлен неким числом в компьютере, которое мы будем называть его значением. Значение конкретного гена может быть, скажем, 4 или -7 (*здесь и далее автор имеет в виду только целые числа - А.П.*).

Как наши гены будут влиять на развитие? Они могут делать много чего. Основная идея состоит в том, что они должны оказывать какое-то небольшое количественное влияние на правило рисования, которое и есть РАЗВИТИЕ. Например, один ген мог бы влиять на угол ветвления, другой мог бы влиять на длину некоторых конкретных ветвей. Ещё очевидная задача для гена - влиять на глубину рекурсии (количество последовательных ветвлений). Я поручил этот эффект Гену 9. Таким образом, вы можете расценивать рисунок 2 как картину родственных организмов, идентичных друг другу во всём, кроме значения Гена 9. Я не буду подробно описывать, что делает каждый из других восьми генов. Вы можете получить общие представления об этом, изучая рисунок 3. В середине рисунка - основное дерево, одно из деревьев рисунка 2. Окружают это центральное дерево восемь других. Все они совпадают с центральным деревом, за исключением того, что какой-то один ген из восьми у них был изменён - "мутировал". Например, дерево справа от центрального показывает, что будет, если Ген 5 мутирует, увеличиваясь на +1 относительно его прежнего значения. Если б было достаточно места, я бы с удовольствием напечатал кольцо из 18 мутантов вокруг центрального дерева. Почему именно 18? Потому, что каждый из 9 генов может мутировать как в "восходящем" (на единицу больше его значения), так и "нисходящем" направлении (на единицу меньше его значения). Так что кольца из 18 деревьев было бы достаточно, чтобы отобразить всех возможных одношаговых мутантов, которых вы можете произвести от одного центрального дерева.

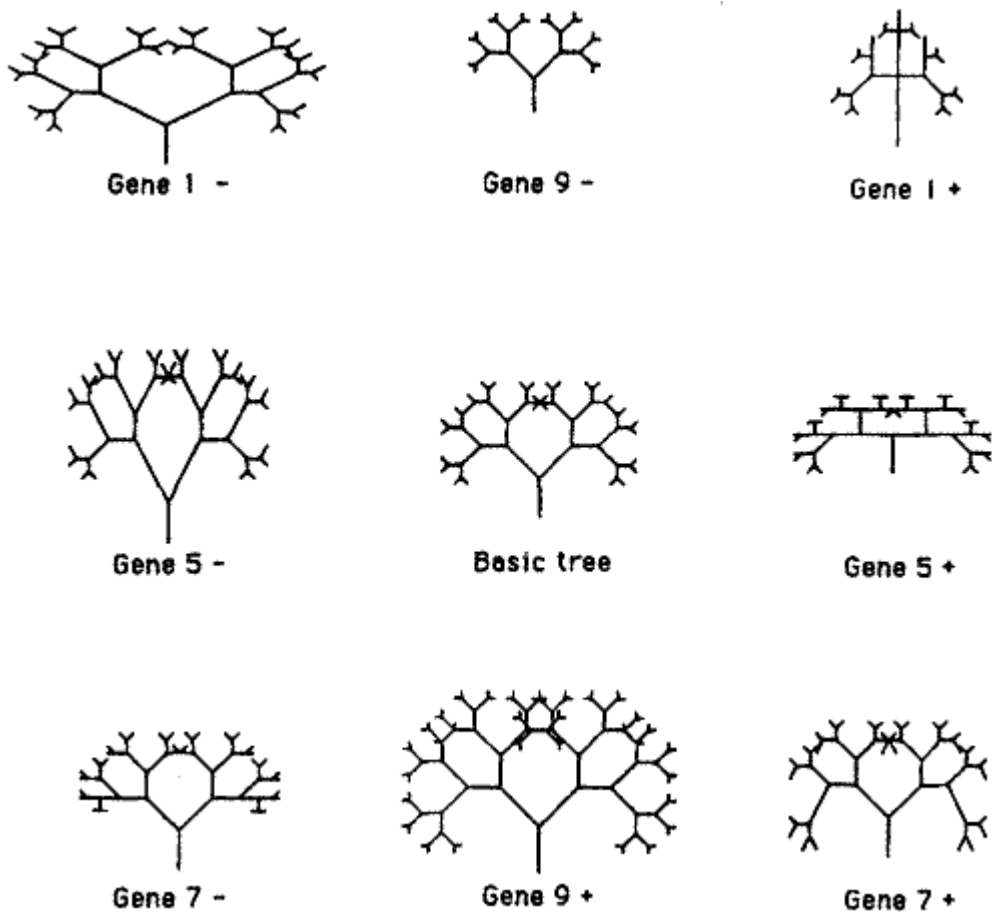


Рисунок 3

У каждого из этих деревьев есть своя собственная, уникальная "генетическая формула" - числовые значения всех его девяти генов. Я не записывал генетических формул, потому что они, сами по себе для вас ничего не значили бы. Это справедливо и для реальных генов. Гены только тогда начинают означать что-то, когда они транслированы посредством синтеза белка, в правила роста развивающегося эмбриона. Также и в нашей компьютерной модели, числовые значения этих девяти генов только тогда что-то значат, когда они транслированы в правила роста ветвящегося дерева. Но вы можете понять роль каждого гена, сравнивая тела двух организмов с известными к отличиями конкретного гена. Например, сравнив основное дерево в середине рисунка с двумя деревьями справа и слева, и вы получите некоторое представление о функции Гена 5.

Это как раз то, что делают генетики, изучающие реальную жизнь. Генетики обычно не знают, какие эффекты гены оказывают на рост эмбриона. Как и не знают полной генетической формулы животного. Но сравнивая тела двух взрослых животных, о которых известно, что они отличаются одним геном, они могут увидеть, какой эффект этот ген оказывает. Картина усложняется тем, что эффекты генов взаимодействуют друг с другом, причём сложнее, чем просто складываются. Это же самое справедливо и для компьютерных деревьев. И даже очень - что покажут дальнейшие рисунки.

Заметьте, что все очертания симметричны относительно вертикальной оси. Это есть ограничение, которое я наложил на процедуру РАЗВИТИЕ. Я сделал это отчасти по эстетическим соображениям, отчасти - чтобы сэкономить на количестве необходимых генов (если бы гены не оказывали зеркально-симметричных эффектов на обе стороны дерева, нам были бы нужны отдельные гены для левой и правой сторон); а частично потому, что я надеялся получить очертания, похожие на животных, а большинство тел животных весьма симметричны. Поэтому я с этого момента перестану называть эти создания "деревьями", и буду называть их

"тела" или "биоморфы". Биоморф - название, предложенное Десмондом Моррисом для образов, напоминающих каких-то смутных животных в его сюрреалистических картинах. Эти картины занимают особое место в моих привязанностях, потому что одна из них была воспроизведена обложке моей первой книги. Десмонд Моррис заявлял, что его биоморфы "эволюционировали" в его воображении, и что их эволюцию можно проследить в его последовательных картинах.

Вернёмся к компьютерным биоморфам, и к кольцу из 18 возможных мутантов. 8 наиболее интересных из них нарисованы на рисунке 3. Так как каждый член кольца отстоит только на один мутационный шаг от центрального биоморфа, то нам легко видеть, что это - дети центрального родителя. Здесь мы имеем аналог ВОСПРОИЗВОДСТВА, которое, как и РАЗВИТИЕ, мы можем оформить в другую маленькую компьютерную программу, готовую к включению в нашу большую программу под названием ЭВОЛЮЦИЯ. Обратите внимание на две вещи в нашем ВОСПРОИЗВОДСТВЕ. Первая: здесь нет никаких полов; воспроизводство асексуально. Я представляю себе биоморфы самками, потому что асексуальные животные, такие, как тли, почти всегда пребывают в форме самок. Вторая: все мои мутации ограничены одной штукой за раз. Ребёнок отличается от своего родителя в только в одном из девяти генов; кроме того, мутации всегда прибавляют или убавляют единицу из значения соответствующего родительского гена. Всё это - лишь произвольные соглашения; они могли быть другими, но всё ещё оставались бы биологически реалистичными.

Но есть ещё одна, совсем не произвольная особенность модели, которая реализует фундаментальный биологический принцип. Форма каждого ребёнка не отталкивается от самой по себе формы родителя. Форма каждого ребёнка вырабатывается исходя из значений его девяти генов (влияющих на углы, длины, и так далее). И каждый ребёнок получает свои девять генов от девяти генов его родителя. Именно это и происходит в реальной жизни. Тела не переходят в следующее поколение - только гены. Гены влияют на эмбриональное развитие тела, в котором они находятся.

И эти же гены или переходят в следующее поколение, или нет. Значения генов никак не меняются от их участия в развитии тела, но вероятность того, что они будут переданы в следующее поколение, будет зависеть от успешности тела, которое они помогали создавать. Вот почему в компьютерной модели было важно, чтобы эти две процедуры с названиями РАЗВИТИЕ и ВОСПРОИЗВОДСТВО были написаны, как две герметичные капсулы. Они взаимонепроницаемы, за исключением того, что ВОСПРОИЗВОДСТВО передаёт значения гена РАЗВИТИЮ, где они влияют на правила роста. РАЗВИТИЕ категорически не передаёт значения генов назад в ВОСПРОИЗВОДСТВО - иное было бы равносильно "ламаркизму" (см. главу 11).

Мы оттранслировали эти два наших программных модуля под теми же идентификаторами: РАЗВИТИЕ и ВОСПРОИЗВОДСТВО. ВОСПРОИЗВОДСТВО передаёт гены в следующее поколение, с вероятностью мутации. РАЗВИТИЕ считывает гены, предоставленные ВОСПРОИЗВОДСТВОМ в любом данном поколении, и транслирует эти гены в правила рисования, и следовательно - в очертания тела на компьютерном экране. Настало время свести эти два модуля в одну большую программу под названием ЭВОЛЮЦИЯ.

Работа ЭВОЛЮЦИИ в основном состоит из бесконечного повторяющегося вызова ВОСПРОИЗВОДСТВА. ВОСПРОИЗВОДСТВО в каждом поколении считывает гены, которые предоставлены ему предыдущим поколением, и передаёт их в следующее поколение, однако с небольшой случайной ошибкой - мутацией. Мутация состоит лишь в прибавлении или отъятии единицы из значения наугад выбранного гена. Это означает, что по мере смены поколений, отличие значения гена от его первоначального значения может стать очень большим, накапливаясь по одному маленькому шагу за поколение. Мутации случайны, однако накопленное изменение через многие поколения - нет. Потомок в любом поколении отличается от своего родителя в случайную сторону. Но для перехода в следующее поколение из этих потомков отбирается неслучайный экземпляр. Именно так и происходит дарвиновский отбор. Субъекты отбора - не сами гены, но тела, на форму которых гены влияют посредством РАЗВИТИЯ.

Кроме репродуцирования, гены в каждом поколении управляют РАЗВИТИЕМ, которое, повинаясь строго установленным правилам, выращивает соответствующее тело на экране. В каждом поколении присутствует весь "выводок" "детей" (то есть - особей следующего поколения). Все эти дети являются мутантными потомками одного родителя, отличающиеся от своего родителя одним геном. Это очень высокий темп мутаций - откровенно искусственная особенность компьютерной модели. Вероятность мутирования гена в реальной жизни - обычно меньше одного против миллиона. Столь высокая частота мутаций в модели выбрана потому, что вся эта деятельность происходит на компьютерном экране для наблюдения глазом человека, а у людей нет терпения ждать одну мутацию миллион поколений!

Человек играет активную роль в этой истории. Он - отбирающий агент. Он рассматривает выводок потомков и выбирает один для размножения. Каждый выбранный затем становится родителем следующего поколения, и выводок его мутировавших детей одновременно отображается на экране. Человек выполняет здесь точно ту же роль, что и при выведении новых пород собак, или элитных роз. Другими словами, наша модель - это модель искусственного отбора, а не естественного. Критерий "успешности" здесь не есть прямой критерий выживания, как это имеет место в реальном естественном отборе. В настоящем естественном отборе, если тело обладает особенностями, дарующими ему выживание, то его гены выживают автоматически, потому что является его частью. Так что выживающие гены автоматически являются теми генами, которые даруют телам помогающие им выживать качества. В нашей компьютерной модели критерий отбора - не выживание, а способность удовлетворить человеческой прихоти. Это не обязательно праздная, случайная прихоть, поскольку мы можем принять критерий отбора на приближение к какой-то особенности, вроде "сходства с плакучей ивой". Однако в моём опыте, человек-селекционер часто придиричвее и меркантильнее, чем он мало отличается от некоторых видов естественного отбора.

Селекционер сообщает компьютеру, какого потомка из текущего выводка нужно размножить. Гены избранника передаются в ВОСПРОИЗВОДСТВО, и начинается новое поколение. И этот процесс, как и эволюция реальной жизни, происходит нескончаемо. Каждое поколение биоморфов - это только единственный мутационный шаг от своего предшественника и своего преемника. Но через 100 поколений ЭВОЛЮЦИИ, биоморфы могут отстоять уже примерно на 100 мутационных шагов от прародителя. А за 100 мутационных шагов может много чего случиться. Начиная играть в свою свеженанписанную программу ЭВОЛЮЦИЯ, я многого не загадывал. Главное, что удивило меня - биоморфы могут довольно быстро переставать напоминать деревья. Базовое двухветочное ветвление всегда присутствует в них, но оно легко закрашивается, так как линии пересекают и пере-пересекают одна другую, производя массивы однородного цвета (в напечатанном виде - только чёрно-белые). Рисунок 4 показывает одну конкретную эволюционную историю, состоящая из 29 поколений. Прародитель - крошечное существо, одна точка. Хотя тело предка - точка, но она, подобно бактерии в девственной слизи, скрывала в себе потенциал для разветвления в точный аналог

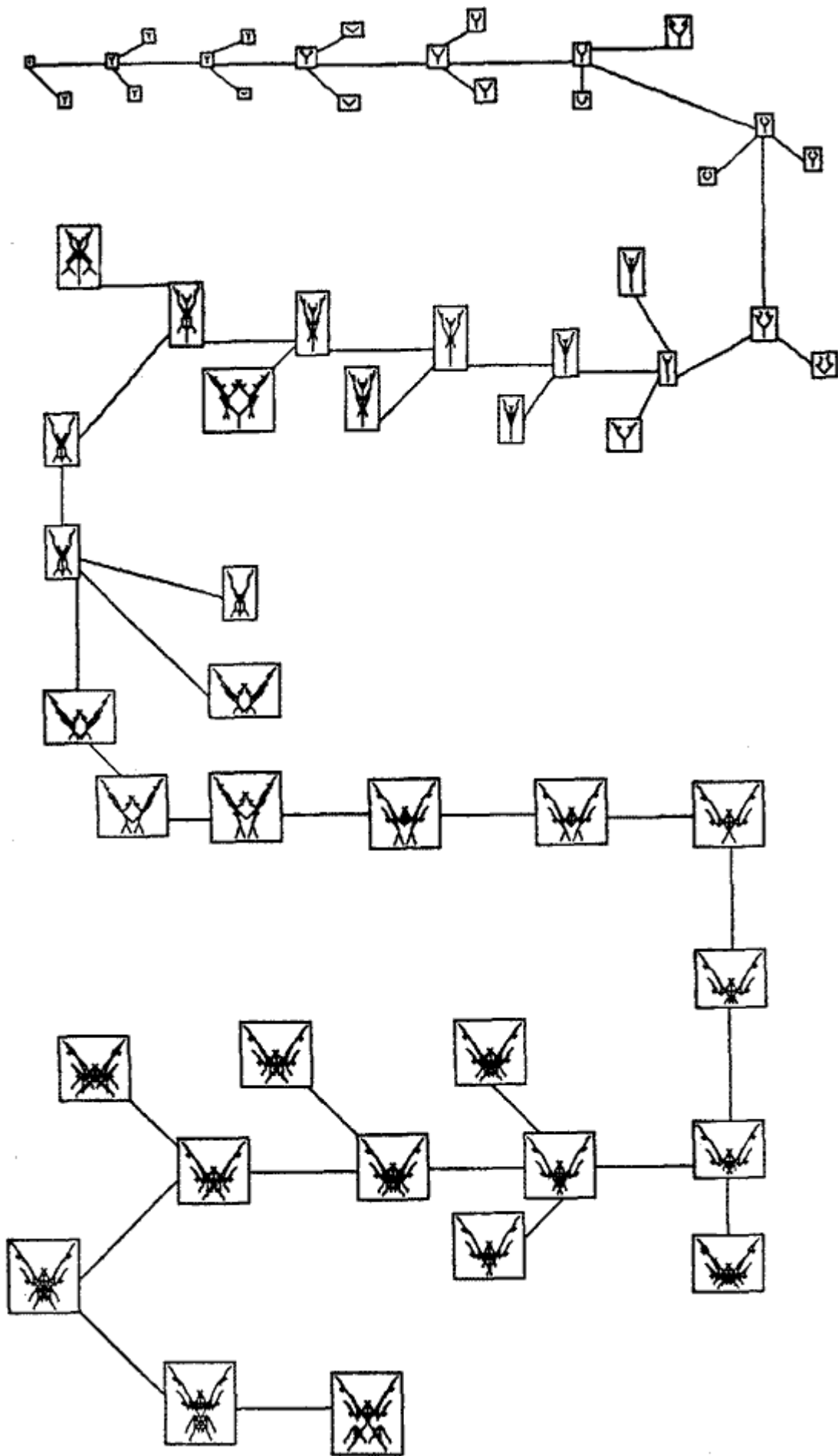


Рисунок 4

центрального дерева рисунка 3: однако Ген 9 велел ему ветвиться нуль раз! Все существа, изображённые на странице, происходят от точки. Чтобы избежать загромождения страницы, я привёл здесь не всех потомков, которых видел на экране. Я привёл только успешного ребёнка в каждом поколении (то есть - родителя следующего) и одну или двух её неудачливых сестёр. Таким образом, картина в основном показывает только одну, главную линию эволюции, ведомую моим эстетическим выбором. Показаны все стадии главной линии.

Давайте кратко пробежимся по первым нескольким поколениям главной линии эволюции рисунка 4. Точка превращается в "Y" во 2-м поколении. В следующих двух поколениях, "Y" становится больше. Затем ветви слегка изогнутся, как у хорошей рогатки. В 7-м поколении, изгиб усиливается так, что эти две ветви почти соприкасаются. Изогнутые ветви становятся большими, и каждый приобретает пару маленьких придатков в поколении 8. В поколении 9 эти придатки потеряны снова, а стебель рогатки становится более длинным. Поколение 10 напоминает разрез цветка; изогнутые боковые ветви походят на лепестки, охватывающие центральный придаток или "пестик". В поколении 11, цветок остался той же формы, но увеличился, и слегка усложнился.

Я не буду продолжать описание. Картина говорит сама за себя - все 29 поколений. Заметьте, как мало каждое поколение отлично от своего родителя или сестёр. Так как каждый из нас немного отличен от своих родителей, то логично ожидать, что каждый будет несколько более отличен от своих бабушек и дедушек (и соответственно - внуков), и ещё более отличен от прабабушек и прадедушек (и правнуков). Такова вот нарастающая эволюция - хотя из-за принятой здесь высокой частоты мутаций, мы нереалистично ускорили её. Поэтому, рисунок 4 выглядит более родословной вида, а не родословной особей, но принцип тот же самый. Когда я писал программу, я не думал, она породит что-нибудь большее, чем разнообразные древовидные формы. Я надеялся увидеть плачущие ивы, ливанские кедры, пирамидальные тополя, морские водоросли - ну возможно, рога оленя. Ни моя интуиция биолога, ни мой 20-летний опыт программирования на компьютерах, и ни мои самые смелые мечты, ничто из этого не подсказало мне, что я фактически увижу на экране. Я не помню точный момент моего озарения, когда я подумал, что в эволюционирующей последовательности возможно появление какого-то подобия насекомым. Вне себя от предчувствия, я начал выводить, от чего угодно, поколение за поколением - потомков, более похожих на насекомых. Я не верил своим глазам. Вы видите некоторые из результатов внизу рисунка 4. У них восемь ног (как у паука), а не шесть (как у насекомого), но ну и что! Я до сих пор не могу забыть того момента, когда я впервые увидел этих изящных существ, и того ликующего чувства. Мне отчётливо слышались триумфальные вступительные фанфары из "Так сказал Заратустра" ("2001 тема"). Я потерял аппетит, а ночью, когда я пытался заснуть, "мои" насекомые роились у меня перед глазами.

В продаже есть компьютерные игры, в которых у игрока создаётся иллюзия его блужданий в подземном лабиринте с определённой, довольно сложной географией и в котором он сталкивается с драконами, минотаврами или другими мифическими противниками. Монстры в этих играх довольно немного. Все они разработаны человеком-программистом, как и география лабиринта. При игре в эволюцию, будь то компьютерная версия или реальная жизнь, игрок (или наблюдатель) имеет то же самое чувство "блуждания" (метафорически) по лабиринту с ветвящимися проходами, но количество возможных путей - почти бесконечно велико, а монстры, с которыми он при этом сталкивается, невымыслены и непредсказуемы. В моих блужданиях по болотам Страны Биоморф, я сталкивался с волшебными креветками, ацтекскими храмами, с готическими окнами храмов, очертаниями кенгуру, нарисованными аборигенами, и в одном незабываемом, но невозпроизводимом случае - сносная карикатура на профессора логики Винчестерского колледжа.

Рисунок 5 - это другая маленькая коллекция из моей комнаты трофеев, все они были развиты примерно тем же путём. Я хочу подчеркнуть, что все эти фигурки - не плод фантазии художника. Они никак не подрисовывались или как-то иначе улучшались. Они именно таковы,

какими они были нарисованы компьютером, в котором эволюционировали. Роль человека ограничивалась отбором из хаотично видоизмененных потомков в ходе многих поколений нарастающей эволюции.

Теперь у нас есть намного более реалистичная модель эволюции, чем обезьяна, печатающая Шекспира. Но модель биоморфов всё ещё несовершенна. Она демонстрирует мощь нарастающего отбора для генерации почти бесконечно разнообразных квази-биологических форм, но она использует искусственный, а не естественный отбор. Отбор выполняет человек. А нельзя ли обойтись без человека, и поручить дело отбора самому компьютеру - на основе некоторых биологически реалистичных критериев? Это труднее, чем может показаться. Проблема заслуживает некоторых затрат времени на объяснения.



Рисунок 5

Отбор конкретной генетической формулы был бы тривиальным занятием, если у нас была бы возможность читать гены всех животных. Но естественный отбор не отбирает непосредственно гены - он отбирает эффекты, которые гены оказывают на тела: это так называемые фенотипические эффекты. Человеческий глаз неплохо подходит для отбора фенотипических эффектов - что мы видим на примере многочисленных пород собак, коров и голубей, а также, если позволите - тех, что показаны на рисунке 5. Чтобы поручить компьютеру самому выбирать фенотипические эффекты, нам придётся написать очень хитроумную программу распознавания образов. Программы распознавания образов существуют. Они используются, чтобы распознавать напечатанный и даже рукописный текст. Но эти трудные, "на грани искусства", программы требуют очень больших и быстрых компьютеров. Но даже если бы такая программа распознавания образов и не превосходила моих способностей программиста, и была бы по силам моему маленькому компьютеру с его 64 килобайтами

памяти, я бы всё равно не суеился на этот счёт. Эту задачу гораздо лучше решает человеческий глаз - вкуче с, и это более важно, 10-гиганейронным компьютером в голове. Было бы не слишком трудно поручить компьютеру отбор неопределённых общих особенностей - таких, как высоких и тонких, низких и широких, возможно изогнутости, остроконечности, даже украшенности в стиле рококо. Можно было бы запрограммировать компьютер так, чтобы он помнил качества, одобренные человеком в прошлом, и поддерживать селекцию того же самого качества в будущем. Но это нисколько не приблизило бы нас к моделированию естественного отбора. Важный момент - природе не нужно вычислительных мощностей для отбора, ну кроме разве что особых случаев, например - павам, выбирающим павлинов. В природе, обычный селектирующий агент непосредственен, непреклонен и прост. Это - мрачная старуха с косой. Конечно, критерии выживания совсем не просты - именно поэтому естественный отбор может создавать животных и растения такой огромной сложности. Но сама смерть очень груба и проста. И неслучайная смерть - это всё, что нужно природе для отбора фенотипов - и следовательно, генов, их поддерживающих. Чтобы смоделировать на компьютере естественный отбор (в интересующем нас смысле), мы должны забыть об украшениях в стиле рококо, и всех других визуально выраженных качествах. Вместо этого мы должны будем сосредоточиться на моделировании неслучайной смерти. Биоморфы должны взаимодействовать в компьютере с сымитированной враждебной окружающей средой. И какие-то особенности их формы должны оказать влияние на их выживание в этой окружающей среде. В идеале, враждебная окружающая среда должна включить эволюцию разных биоморфов: "хищников", "добычу", "паразитов", и конкурентов. Специфическая форма биоморфов-добычи должна определять её уязвимость к поимке, например, специфической формой биоморфа-хищника. Такие критерии уязвимости не должны быть предусмотрены программистом. Они должны появиться тем же самым путём, каким появляются любые формы. Тогда эволюция в компьютере действительно пойдёт сама собой, поскольку уже будут выполнены условия для самоподдержания "гонок вооружений" (см. главу 7), и я бы не осмелился предсказать, чем всё это могло бы закончиться. К сожалению, создание такого искусственного мира было бы выше моих возможностей как программиста.

Достаточно умны для такой работы видимо программисты, разрабатывающий трескучие и вульгарные игры - разновидности "Космических захватчиков". В этих программах симулируется искусственный мир. У него есть география, часто трёхмерная, и очень сжатая временная размерность. Объекты сжимаются в моделируемом трёхмерном пространстве, сталкиваясь друг с другом, стреляя друг в друга, глотая друг друга на фоне отвратительного шума. Симуляция может быть настолько хороша, что у игрока, манипулирующего джойстиком, складывается полная иллюзия, что он сам - часть этого искусственного мира. Мне кажется, что встретить такой уровень программирования можно на имитаторах, на которых тренируются пилоты самолётов и космических кораблей. Но даже эти программы - мелюзга в сравнении с программой, которую нужно было бы написать для моделирования появляющейся гонки вооружений между хищниками и добычей, проходящей в полноценно сымитированной экосистеме. Конечно, это выполнимая задача. Если кто-то из профессиональных программистов испытывает желание сотрудничать на эту тему - отзовитесь.

Между тем, есть идеи насчёт кое-чего намного более реализуемого, и я наметил их испробовать с наступлением лета. Я поставлю компьютер в затенённый угол сада; экран может показывать цветные картинку. У меня уже есть версия программы, которая поддерживает ещё несколько "генов", управляющих цветом - так же, как остальные 9 генов управляют формой. Я начну с более-менее компактных и ярко раскрашенных биоморфов. Компьютер одновременно покажет всех мутантных потомков биоморфа, отличающихся от данного по форме и/или цвету. Я надеюсь, что пчёлы, бабочки и другие насекомые будут садиться на экран, и "выбирать" своим телом конкретное пятно на экране. Когда будет зарегистрировано заданное количество "выборов", компьютер очистит экран, и "размножит" потомков от избранного биоморфа, и покажет следующее поколение мутантных потомков.

Я питаю большие надежды на то, что через много поколений настоящие насекомые вызовут

в компьютере эволюцию цветов. Если так и будет, то компьютерные цветы проэволюционируют под теми же самыми давлениями отбора, что и реальные цветы в реальной эволюции. Мои надежды поддержаны и тем фактом, что насекомые часто садятся на яркие цветные точки на женских платьях, и также более систематическими экспериментами, которые были опубликованы. Но есть также надежда, которую я бы счёл даже более захватывающей, что живые насекомые могли бы вызывать эволюцию насекомоподобных форм. Прецедент есть - и следовательно, основания для надежды: в прошлом пчёлы вызвали эволюцию орфисов - пчелоподобных орхидей. Трутни в течение многих поколений нарастающей эволюции орхидей, создали пчелоподобную форму цветка - они пытались совокупиться с цветами, и следовательно, переносили пыльцу. Представьте себе "пчелоподобную орхидею" из рисунка 5 в цветке (*мы решили для наглядности добавить фото настоящего орфиса - А.П.*). Разве вы не захотели бы вывести новый сорт цветов, если б вы были пчелой?



*Пчелоподобная орхидея Орфис
(Добавлено переводчиком)*

Главный повод для моего пессимизма на этот счёт - большие и принципиальные отличия нашего зрения, и зрения насекомых. Экраны компьютеров разработаны для человеческих глаз, а не для глаз пчелы. Очень может быть так, что хотя и мы, и пчёлы (при всём несходстве наших глаз), находим орфисов очень похожими на пчелу, но пчёлы возможно вообще не смогут видеть образы на экране. Возможно, что пчёлы увидят только 625 линий строчной развёртки! Однако, попытаться стоит. К тому времени, когда эта книга будет опубликована, я уже буду знать ответ.

Есть такое расхожее мнение, обычно формулируемое в стиле Стивена Поттера (который можно было бы назвать "плонкингом"), гласящее, что из компьютера нельзя извлечь больше, чем в него введено. Другие варианты: "компьютеры делают лишь в точности то, что вы велите им, но никогда не творят новое. Это мнение справедливо лишь в тупо тривиальном смысле - в смысле предположения, что Шекспир никогда не написал бы ничего, кроме отдельных слов, которые его учил писать его первый школьный учитель. Я запрограммировал ЭВОЛЮЦИЮ в компьютере, но я не планировал ни "моих" насекомых, ни скорпиона, ни спитфайра, ни лунного посадочного модуля. У меня не было даже отдалённых подозрений, что появятся именно они, и поэтому слово "появляться" здесь уместно. Да, производил отбор именно я, и я направлял

эволюцию, но на каждой стадии я был ограничен маленьким выводком потомков, предлагаемым случайной мутацией, а моя "стратегия" селекции была капризна и краткосрочна. Я не стремился к какой-то отдалённой цели - как и естественный отбор.

Я могу добавить красок, вспоминая то время, когда я пытался стремиться к отдалённой цели. Прежде всего должен признаться кое в чём - собственно, вы и сами это наверное уже предположили. Эволюционная история на рисунке 4 - это реконструкция. Это не были первые насекомые, которых я видел. Когда они впервые появились мысленные под звуки фанфар, у меня ещё не было возможности сохранения их генов. Они сидели на компьютерном экране, но я не мог забраться внутрь их, и не мог расшифровывать их гены. Я оставил компьютер включенным, мучительно думая о каких-то способах сохранения их, но ни одного не придумал. Гены были внедрены в толщу тканей также глубоко, как и в реальной жизни. Я мог распечатать изображения тел насекомых, но я потерял их гены. Я сразу же изменил программу, чтобы в будущем можно было бы сохранять генетические формулы, но было уже поздно. Я потерял моих насекомых.

Я начал попытки "найти" их снова. Однажды они вроде развились, и мне показалось, что можно развить их снова. Подобно аккордам из "Заратустры", они часто посещали меня. Я блуждал по Стране Биоморф, пересекая бесконечные пейзажи со странными существами и предметами, но нигде не было моих насекомых. Я знал, что они должны скрываться где-то здесь. Я знал гены прародителя. У меня были изображения тел моих насекомых. У меня даже были пошаговые изображения эволюционной последовательности тел, ведущих к моим насекомым от точечного прародителя. Но я не знал их генетическую формулу.

Вы могли бы подумать, что восстановить эволюционную линию было бы достаточно легко, но не тут-то было. Причина этого (к чему я буду ещё возвращаться), - в астрономическом количестве возможных биоморф, которые может предлагать нам достаточно длинная эволюционная линия, даже если она оперирует вариациями только девяти генов. В моих странствиях по Стране Биоморф, мне несколько раз казалось, что я подошёл вплотную к предшественнику моих насекомых, но затем, несмотря на мои героические усилия селекционера, эволюция уходила в сторону, и всё это оказывалось ложным следом. В конце концов, долго блуждая по Стране Биоморф, я наконец загнал их в угол. Ощущение триумфа было вряд ли меньше, чем в первый раз! Я не знал (и до сих пор не знаю), точно ли это те насекомые, как и в первый раз, насекомые ли это "финальных аккордов Заратустры", или они были поверхностно "конвергентны" (см. следующую главу), но они были достаточно хороши. На этот раз я не сделал оплошности - записал генетическую формулу, и теперь я могу "проэволюционировать" этих насекомых всегда, когда захочу.

Да я чуть приукрашиваю драму, но в ней есть серьёзный вывод. А вывод этот в том, что хотя именно я запрограммировал компьютер, и играл важную роль в этой эволюции, однако я не планировал животных, эволюционировавших самих по себе, и был совершенно удивлён, когда впервые увидел их предшественников. И я оказался столь бессилён в контроле за эволюцией, что даже когда я очень хотел вернуться на конкретную эволюционную линию, то я убедился в том, что это почти невозможно сделать. Я не думаю, что когда-нибудь нашёл бы моих насекомых ещё раз, если бы у меня не было напечатанных рисунков всех их эволюционных предшественников - и даже при этом задача была трудна и утомительна. Не выглядит ли бессилие программиста в управлении или предсказании направления эволюции в компьютере парадоксальным? Не означает ли это наличие каких-то таинственных и даже мистических процессов внутри компьютера? Конечно нет. Точно так же нет ничего мистического в ходе эволюции реальных животных и растений. Мы можем использовать компьютерную модель для разрешения этого парадокса, и изучить кое-что насчёт хода реальной эволюции.

Забегая вперёд скажу, что разрешение этого парадокса будет основано на следующем. Имеется определённый набор биоморфов, каждый из которых постоянно находится в своей уникальной точке математического пространства. "Постоянно находится" - в смысле, что если вы знаете его генетическую формулу, то вы можете сразу найти его; кроме того, его соседи в

этом специфическом пространстве - это биоморфы, отличающиеся от данного только одним геном. Сейчас, когда я знаю генетические формулы моих насекомых, я могу воспроизводить их по своему желанию; я могу велеть компьютеру "эволюционировать" к ним от любой произвольной отправной точки. Когда вы впервые развиваете новое существо искусственным отбором в компьютерной модели, это выглядит как творческий процесс. И это в самом деле так. Но в действительности, "находя" это существо, вы находите его уже существующим (в математическом смысле), в его уникальной точке генетического пространства Страны Биоморф. Почему это настоящий творческий процесс? Потому, что найти любое конкретное существо чрезвычайно трудно - просто потому, что Страна Биоморф очень велика, и общее количество находящихся в ней существ почти бесконечно. Искать его бесцельно и наугад бесполезно - мы должны применить несколько более эффективные, т.е. творческие, поисковые процедуры.

Некоторые люди наивно верят, что шахматные компьютеры играют, пробуя все возможные комбинации шахматных ходов. Они находят подтверждение этой веры тогда, когда компьютер их побеждает, но эта вера крайне ложна. Возможных шахматных ходов невероятно много: пространство поиска - в миллиарды раз больше того, что позволило бы слепому и спотыкающемуся поиску преуспеть. Искусство написания хорошей шахматной программы заключается в продумывании эффективных коротких ходов в поисковом пространстве. Нарастающий отбор, будь то искусственный отбор - как в компьютерной модели, или естественный отбор в реальном мире, является эффективной поисковой процедурой, и её последствия выглядят очень похожими на творческую интеллектуальную деятельность. А это, в конце концов, именно то, чем козырял Вильям Пали говоря о "Замысле". Формально говоря, всё, что мы делаем, играя в компьютерную игру "Биоморф", - это обнаружение животных, которые (в математическом смысле) уже ждут, когда их найдут. Что делает этот процесс похожим на креативное творчество художника. Поиск в узком пространстве, где имеется только несколько объектов, обычно не похож на творческий процесс. Детская игра "найди напёрсток" не воспринимается творческой. Переворачивание предмета наугад в надежде наткнуться на разыскиваемую цель - такая стратегия обычно срывается, когда пространство поиска мало. По мере того, как пространство поиска становится больше и сложнее, становятся всё более необходимы специальные поисковые процедуры. Если пространство поиска достаточно велико, то эффективные поисковые процедуры становятся неотличимы от истинного творчества.

Компьютерная модель биоморфов неплохо отвечает этим требованиям, а они составляют поучительный мост между творческими процессами у человека - типа планирования победной стратегии в шахматах, и эволюционным творчеством естественного отбора, слепого часовщика. Чтобы увидеть это, нам нужно развить идею Страны Биоморф как математического "пространства" - бесконечной, но организованной перспективы морфологического разнообразия, в котором каждое существо находится в своей уникальной точке, ожидая своего обнаружения. 17 существ рисунка 5 не выстроены в какой-то специальный порядок на странице. Но в Стране Биоморф каждое занимает своё уникальное положение, определяемое его генетической формулой, в окружении своих собственных конкретных соседей. Все существа в Стране Биоморф находятся в определённых пространственных отношениях между собой. Что это означает? Какой смысл мы можем вкладывать в "пространственную позицию"? Пространство, о котором мы говорим - это генетическое пространство. Каждое животное находится на своей позиции в генетическом пространстве. Ближайшие соседи в генетическом пространстве - это животные, отличающиеся друг от друга только одной мутацией. В рисунке 3, базовое дерево в центре окружено 8 из его 18 ближайших соседей в генетическом пространстве. 18 соседей животного - это 18 различных детей, которых это животное может породить, и 18 различных родителей, от которых оно могло произойти - таковы правила нашей компьютерной модели. В каждом колене, каждое животное имеет 324 (18×18 , игнорируя обратные мутации для упрощения) соседей - это множество его возможных внуков, бабушек, тётъ или племянниц. В каждом последующем колене, каждое животное имеет 5 832 ($18 \times 18 \times 18$) соседей - множество возможных правнуков, прабабушек, кузин, и т.д.

В чём смысл этих размышлений в понятиях генетического пространства? Что это нам даёт? А то, что они выводят нас на путь понимания эволюции, как постепенного, нарастающего процесса. В любой популяции, согласно правилам компьютерной модели, можно сделать только один шаг в генетическом пространстве. За 29 поколений в генетическом пространстве нельзя продвинуться дальше, чем на 29 шагов от прародителя. Каждая эволюционная история состоит из конкретной трассы, или траектории в генетическом пространстве. Случай эволюционной истории, зафиксированной в рисунке 4 - конкретная извилистая траектория в генетическом пространстве, подводящая к точке с насекомым, и проходящая через 28 промежуточных стадий. Именно это я имел в виду, когда метафорически говорил о своих "блужданиях" по Стране Биоморф.

Я хотел было представить это генетическое пространство в виде картины. Но вот проблема - картины двумерны. Генетическое пространство с биоморфами - не двумерное. И даже не трёхмерное. Это - девятимерное пространство! (Важно не пугаться высоколобого математического понятия. Это не так трудно, как математические снобы иногда подают. Всякий раз, когда я чувствую робость, я всегда вспоминаю изречение Сильвануса Томпсона про облегчение исчислений: "Что может сделать один дурак, может сделать и другой"). Если бы мы могли рисовать девятимерные картины, мы могли бы соотнести каждую размерность с каждым из девяти генов. Позиция конкретного животного, скажем, "Скорпиона" или "Летучей мыши" или "Насекомого", фиксирована в генетическом пространстве числовыми значениями его девяти генов. Эволюционные изменения состоят из пошаговой прогулки по девятимерному пространству. Величина генетической разности между животными, и следовательно - время, потребное на эволюцию, и сложность перехода от одного животного до другого, может быть измерена как расстояние в девятимерном пространстве между ними.

Увы, мы не можем рисовать девятимерные картины. Я искал обходные пути, чтобы на двумерном рисунке передавалось некое ощущение движения из точки в точку девятимерного генетического пространства Страны Биоморф. Есть несколько способов сделать это. Я выбрал способ, который я называю трюком треугольника. Посмотрите на рисунок 6. В трёх углах треугольника имеются три произвольно выбранных биоморфа. Тот, что сверху - наше основное дерево; слева - одно из "моих" насекомых; справа - не имеет названия, но я думаю, что оно симпатично. Как и все биоморфы, каждый из них имеет свою генетическую формулу, которая определяет его уникальное положение в девятимерном генетическом пространстве.

Треугольник лежит на двумерной "плоскости", которая пронизывает девятимерный гиперобъём (что может сделать один дурак, то может делать и другой).

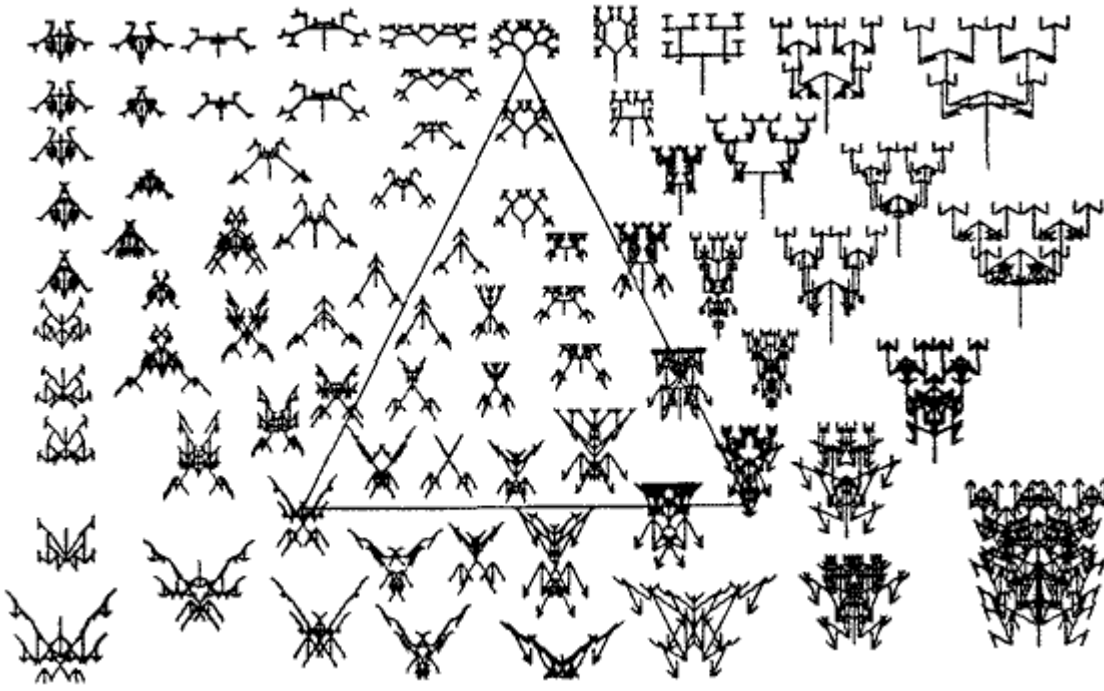
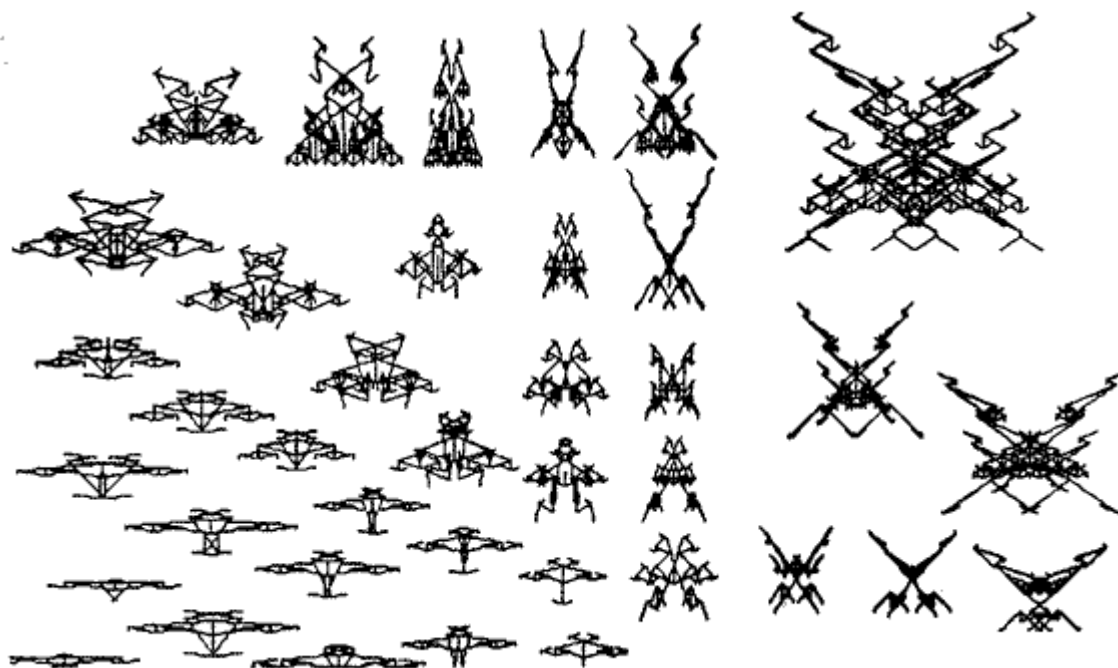


Рисунок 6

Плоскость подобна плоскому листу стекла, погруженному в желе. На стекле нарисован треугольник, и также некоторые биоморфы чья генетическая формула даёт им право находиться на этой конкретной плоскости. Что даёт им такое право? Такое право дают им эти три биоморфы в углах треугольника. Они называются якорными биоморфами.

Вспомним, что идея "расстояния" в генетическом "пространстве" предполагает, что наследственно подобные биоморфы - это близкие соседи, а наследственно отличные биоморфы - далёкие. На этой конкретной плоскости все расстояния рассчитаны относительно трёх якорных биоморф. Для любой заданной точки на пластине стекла, будь то внутри треугольника, или вне его, соответствующая генетическая формула этой точки рассчитана как "средневзвешенное" значение генетических формул трёх якорных биоморф. Вы уже можете предположить, как этот вес вычислен. Он вычислен по расстояниям на странице; точнее - степени близости рассматриваемой точки ко всем трём якорным биоморфам. Так, чем ближе вы к насекомому на плоскости, тем больше "насекомоподобие" данной биоморфы. А чем ближе вы продвигаетесь по стеклу к дереву, тем сходство с насекомым слабеет, но усиливаются древовидные черты. Если вы двинетесь в центр треугольника, то обнаружите животных, например, паука с еврейскими семи-веточными канделябрами на голове, которые будут различными "генетическими компромиссами" между тремя якорными биоморфами.

Но этот подход делает слишком много чести этим трём якорным биоморфам. Можно будет предположить, что компьютер использовал их для вычисления соответствующих генетических формул каждой точки на картине. Но на самом деле любые три якорные точки на плоскости могли бы сыграть ту же роль и дали бы идентичные результаты. Поэтому на рисунке 7 нет явно нарисованного треугольника. На рисунке 7 приведено примерно то же самое, что и на рисунке 6, там только показана другая плоскость. То же самое "насекомое" находится в одном из трёх якорных точек, на сей раз в правой. Другие якорные точки здесь - это "Спитфайр" и "цветок Офрис", оба - в точности, как на рисунке 5. На этой плоскости также легко заметить, что граничащие биоморфы похожи друг на друга больше, чем отдалённые. "Спитфайр" в частности, входит в эскадру подобных самолётов, летящих строем. Поскольку "насекомое" находится на обеих пластинах стекла, то вы можете полагать эти две плоскости пересекающимися под углом одна другую. По отношению к рисунку 6, плоскость рисунка 7, как говорят, "повёрнута" по оси, проходящей через "насекомое".



Убрав треугольник, мы усовершенствовали наш метод, потому что он только отвлекал. Он придавал незаслуженные привилегии трём конкретным точкам плоскости. Но нужно сделать ещё одно дальнейшее усовершенствование. В рисунках 6 и 7, геометрическое расстояние отражает генетическое, но масштаб перекошен. Один дюйм по вертикали может не быть эквивалентен одному дюйму по горизонтали. Чтобы его выправить, мы должны тщательно выбирать наши три якорные биоморфы, чтобы генетические расстояния между ними были одинаковы. На рисунке 8 именно это и сделано. Снова сам треугольник не нарисован. Три якоря - "скорпион" с рисунка 5, опять "насекомое" (здесь мы сделали ещё один поворот через "насекомое"), и довольно невнятный биоморф сверху. Эти три биоморфа отделены друг от друга 30 мутациями. Это означает, что каждому из них одинаково легко развиться до любого другого. Во всех трёх вариантах должно быть предпринято как минимум 30 генетических шагов. Внизу рисунка 8 нанесена шкала расстояний в генах. Вы можете рассматривать её как генетическую линейку. Линейка применима не только по горизонтали. Вы можете наклонить её в любую сторону, и измерять генетическое расстояние - и следовательно, минимум эволюционного времени между любыми точками на листе, или чём-то другом (к моей досаде, что это не совсем верно на странице книги, потому что компьютерный принтер искажает пропорции, но этот эффект не настолько велик, чтобы шуметь по его поводу, хотя он означает, что вы получите слегка неточный ответ, если просто примените эту линейку не по горизонтали).

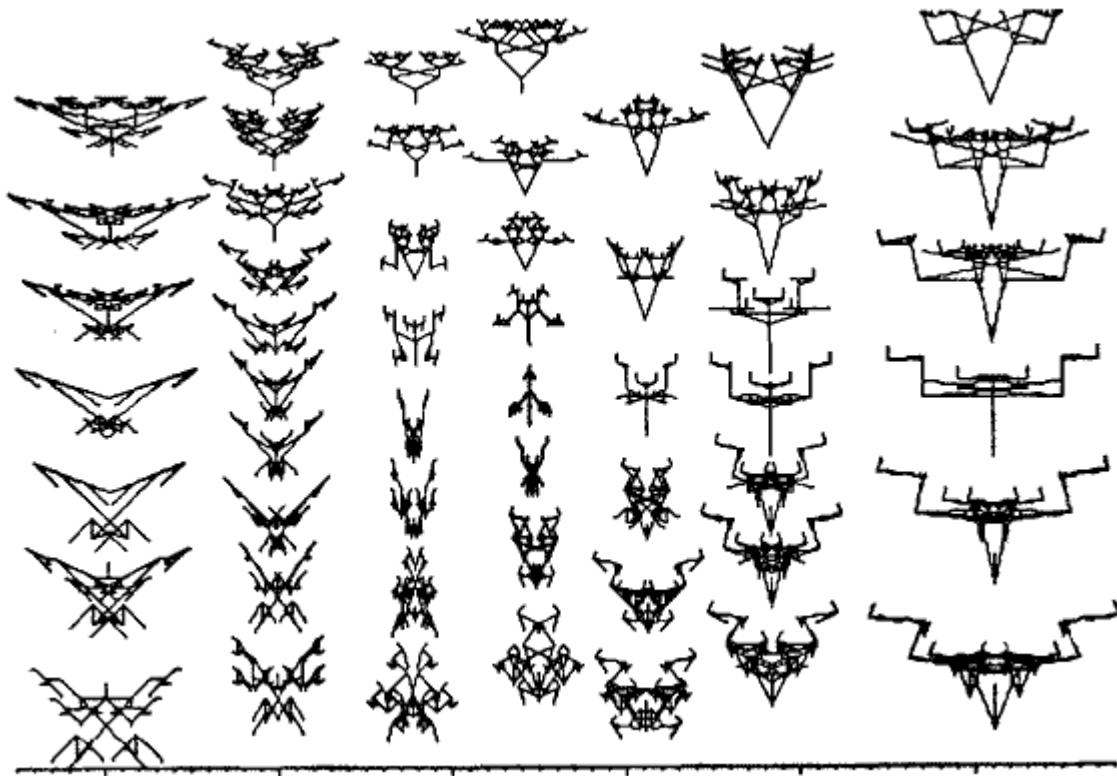


Рисунок 8

Это двумерные сечения девятимерного генетического пространства дают некоторое представление о том, что означает - ходить по Стране Биоморф. Чтобы дополнить это представление, нужно помнить, что эволюция не ограничена одной плоскостью. В настоящем эволюционном путешествии, вы могли бы в любое время "провалиться насквозь", на другую плоскость, например - из плоскости рисунка 6 на плоскость рисунка 7 (вблизи "насекомого", где эти две плоскости проходят вблизи друг от друга).

Я сказал, что "генетическая линейка" на рисунке 8 позволяет нам вычислить минимальное время для эволюции от одной точки до другой. Так оно и есть, учитывая ограничения изначальной модели, но следует подчеркнуть слово минимум. Так как "насекомое" и "скорпиона" отделяют 30 генетических единиц, то потребуется всего 30 поколений, чтобы одному проэволюционировать до другого, однако только если вы никогда не выберете неправильный поворот, то есть, вы точно знаете, к какой генетической формуле вы стремитесь, и каким путём идти к ней. В реальной эволюции нет ничего, что бы соответствовало знанию пути к определённой далёкой генетической цели.

Давайте теперь применим биоморфы, чтобы вернуться к идее, ранее проиллюстрированной обезьяной, печатающей Гамлета - идее важности постепенных, пошаговых изменений в эволюции, как антитезе прямой спонтанности. Давайте попробуем переградуировать масштабную линейку внизу рисунка 8 в других единицах. Вместо расстояния в "количестве генов, должных измениться в ходе эволюции", мы будем измерять расстояние как "вероятность проскочить это расстояние за один раз - на тупом везении". Для этого нужно сейчас ослабить одно ограничение, в которые я ввёл в компьютерную игру - и в конце мы увидим зачем я ввёл это ограничение одним из первых. Ограничение состояло в том, что детям "позволялось" отстоять от родителей только на одну мутацию. Другими словами, только одному гену позволялось мутировать в данной смене поколений, и этому гену разрешалось изменить его "значение" только на +1 или -1. Снимая это ограничение, мы теперь разрешаем любому количеству генов мутировать одновременно, и им можно добавлять любое число, положительное или отрицательное, к своему текущему значению. Впрочем, "любое" подразумевает от плюс до минус бесконечности, а это уж пожалуй, слишком. Есть смысл

ограничиться одноразрядными числами значений гена, в пределах от -9 до +9.

Итак, в этих широких пределах, мы разрешаем мутацию, которая за один раз, в одном поколении, может изменить любую комбинацию из наших девяти генов. Кроме того, значение каждого гена может изменяться с любым шагом, лишь не выводящим его значение за пределы от -9 до +9. Что это значит? Это значит, что эволюция может теоретически проскакать, за единственное поколение от любой точки Страны Биоморф, до любой другой. Не только до любой точки на плоскости, но и до любой точки во всём девятимерном гиперобъёме. Например, если вы хотите проскочить за одно поколение от "насекомого" до "лисы" в рисунке 5, то следуйте такому рецепту: прибавьте нижеуказанные величины к значениям генов, с номерами соответственно от 1 до 9: -2, 2, 2, -2, 2, 0, -4, -1, 1. Но так как мы рассматриваем случайные прыжки, то значит, все точки в Стране Биоморф равновероятны как цель для любого из этих скачков. Легко вычислить шансы на то, что случайный прыжок приведёт нас в любую другую точку, кроме нашей намеченной "лисы". Это просто общее количество биоморф в пространстве. Вы уже чувствуете, что нам предстоит вычислить ещё одно астрономически большое число? У нас есть девять генов, каждый из которых может принимать любое из 19 значений. Тогда общее число биоморф, к которым мы можем перескочить за один шаг - это 19, умноженное само на себя 9 раз, или 19 в степени 9, что составит порядка полтриллиона биоморф (*если точно, то 322 687 697 779; однако при истинно случайных скачках такое количество попыток не влечёт стопроцентно гарантированного попадания! Вероятность, что такое количество попыток приведёт к цели составляет порядка 50%. О гарантированном попадании в цель при таком числе попыток можно говорить только, если ни одна из попыток не повторит другую, что требует запоминания сделанных ходов, что есть уже отчасти нарастающий отбор, т.е. не чистая спонтанность - А.П.*). Сущий пустяк в сравнении с Азимовским "числом гемоглобина", но тем не менее, я бы сказал, что это очень много. Если вы начали с "насекомого", и подобно сумасшедшей блохе, подскочили полтриллиона раз, то вы бы пожалуй, однажды и попали бы в "Лису".

Как всё вышесказанное соотносится с реальной эволюцией? Всё так же - оно ещё раз доказывает важность постепенных, пошаговых изменений. Некоторые эволюционисты отрицали необходимость такого рода градуализма в эволюции. Наши вычисления с биоморфами точно указывают нам на одну из причин, почему постепенность, пошаговость изменений важна. Когда я говорю, что можно ожидать перескока эволюции от "насекомого" до одного из его непосредственных соседей, но не от "насекомого" сразу к "лисе" или "скорпиону", то я имею в виду следующее. Если бы по-настоящему случайные скачки действительно происходили, тогда скачок от "насекомого" к "скорпиону" был бы совершенно возможен. И он был бы столь же вероятен, как скачок от "насекомого" до одного из его непосредственных соседей. И он был бы столь же вероятен, как и скачок к любому другому биоморфу в Стране. А вот в этом загвоздка. Ибо число Биоморф в Стране - полтриллиона, и раз уж ни один из них не более вероятен, чем любой другой, то вероятность скачка к любому конкретному из них достаточно мала, чтобы её можно было проигнорировать.

Заметьте, что это не наводит нас на предположение о существовании мощного неслучайного "давления отбора". Не имело бы значения, если бы вам обещали королевскую награду за достижение "скорпиона" одним случайным скачком. Но у вас на это один шанс из полутриллиона! Однако если вместо большого скачка вы будете идти по одному шагу зараз, и получать при этом одну маленькую монетку за шаг в правильном направлении, вы бы достигли "скорпиона" за очень короткое время. Не обязательно за наикратчайшее из возможных время в 30 поколений, тем не менее, очень быстро. Теоретически, скачком вы могли бы заработать быстрее - вплоть до единственного. Но из-за астрономически низкого шанса на успех такого предприятия, альтернативный путь - ряд маленьких шагов, каждый из которых отталкивается от ранее накопленного успеха предыдущих шагов, является единственно выполнимым.

Тон моих предыдущих параграфов уязвим для недоразумений, которые я должен рассеять. Опять может создаться впечатление, что эволюция стремится к каким-то далёким целям, "самонаводясь" на объекты, подобные скорпионам. Как мы уже видели, это не так. Однако о

некотором подобии цели всё же можно говорить; цель эта - повышение вероятности выживания, и этот аргумент по-прежнему актуален. Если животное - родитель, то оно должно быть достаточно успешно, чтобы дожить по крайней мере до взрослого состояния. Возможно, что мутантный ребёнок этого родителя будет даже успешнее в деле выживания. Но если ребёнок мутирует настолько, что эта мутация переместит его на большое расстояние от его родителя в генетическом пространстве, то каковы шансы, что это существо будет лучше своего родителя? Конечно, шансы будут очень и очень низки. И причину этого мы только что видели в нашей модели биоморф. Если рассматриваемый мутационный скачок очень велик, то количество возможных точек его попадания астрономически велико. И как мы видели в главе 1, количество различных способов быть мёртвым неизмеримо больше, чем количество различных способов быть живым, то очень высока вероятность того, что большой случайный скачок в генетическом пространстве закончится смертью. Даже маленький случайный скачок в генетическом пространстве с заметной вероятностью может привести к смерти. Но чем меньше этот скачок, тем менее вероятно он приведёт к смерти, и более вероятно - к улучшению. Мы вернёмся к этой теме в последующих главах.

Вот, собственно мораль, которую я хочу извлечь из рисования Страны Биоморф. Я надеюсь, вы не сочли это слишком высокой абстракцией. Жизнь располагается в другом математическом пространстве, заполненным не биоморфами с девятью генами, но животными из плоти и крови, состоящими из миллиардов клеток, каждая из которых содержит десятки тысяч генов. Это не пространство биоморфов, а реальное генетическое пространство. Реальные животные, когда-либо жившие на Земле - это ничтожное подмножество животных, которые могли бы теоретически существовать. Эти реальные животные - плоды очень небольшого количества эволюционных траекторий в генетическом пространстве. Небозримое большинство теоретических траекторий в этом пространстве ведёт к невозможным чудешам. Реальные животные разбросаны редкими точками среди гипотетических чудеш, каждое из которых заняло своё собственное уникальное место в генетическом гиперпространстве. Каждое реальное животное окружено небольшим кластером соседей, большая часть которых никогда не существовала, но часть которых - его предки, потомки и кузены.

Сидят где-то в этом огромном математическом пространстве люди и гиены, амёбы и трубокоты, плоские черви и кальмары, дронты и динозавры. Теоретически, если бы мы были достаточно продвинуты в генной инженерии, мы могли перейти от любой точки в животного пространства к любой другой. От любой отправной точки мы бы смогли пройти лабиринт так, чтобы возродить дронта, тиранозавра и трилобитов. Если бы мы только знали, с какими генами работать, какие частички хромосом дублировать, инвертировать или удалять. Я сомневаюсь, что когда-нибудь наши знания позволят нам делать это, но дорогие нам мёртвые существа навечно притаились в своих углах этого огромного генетического гиперобъёма, в ожидании, что мы их найдём, если когда-нибудь узнаем, как проложить правильный курс по этому лабиринту. Когда-нибудь мы может быть даже будем в состоянии селекцией голубей вывести точную реконструкцию дронта, хотя окончания эксперимента нам бы пришлось ждать миллион лет. Но когда нам нельзя путешествовать по-настоящему, то воображение является неплохой заменой. Для тех, кто подобно мне, не силён в математике, компьютер может быть хорошим подспорьем для воображения. Как и математика, он не только усиливает воображение. Он также дисциплинирует и контролирует его.

Глава 4

Прокладываем пути по гиперпространству жизни

В главе 2 мы видели, как трудно многим людям бывает поверить в то, что такие органы, как глаз (любимый пример Пали), столь сложный и искусно спроектированный, с таким количеством взаимопригнанных частей, мог появиться из маленькой начальной точки результате серии постепенных, пошаговых изменений. Давайте вернёмся к этой проблеме в

свете тех новых подсказок, которые нам возможно дали биоморфы. Ответим на два следующих вопроса:

1. Мог ли человеческий глаз появиться сразу, и из ничего – ну или от чего-то, что совсем не является глазом?
2. Мог ли современный человеческий глаз появиться модификацией чего-то слегка отличного от себя, что мы можем обозначить как X?

Ответ на первый вопрос – ясное и решительное нет. Шансов против ответа “да” на подобные вопросы – во много миллиардов раз больше, чем количество всех атомов во вселенной. Для этого потребуется гигантский и исчезающе невероятный прыжок через генетическое гиперпространство. Ответ на второй вопрос – столь же ясное да, при условии, что разница между современным глазом, и его непосредственным предшественником X достаточно мала. Другими словами, если они достаточно близки друг другу в пространстве всех возможных структур. Если ответ на второй вопрос для некоей заданной величины различий отрицателен, то нам достаточно повторить вопрос для менее отличающейся структуры. И продолжать этот цикл, пока мы не обнаружим величину различий достаточно малую, чтобы можно было ответить на второй вопрос утвердительно.

X определён как нечто очень подобное человеческому глазу, настолько подобное, чтобы наш глаз мог реалистично появиться в результате единственного изменения в X. Если у вас есть предполагаемая картина X, но вы находите неправдоподобным возникновение нашего глаза непосредственно из этого X, то это просто означает, что вы выбрали не тот X. Меняйте вашу мысленную картину X на более близкую к глазу, пока не придёте к X, который вы сможете считать вероятным непосредственным предшественником человеческого глаза. Таковой X обязательно должен быть, даже если ваше представление о вероятности чего-то может быть как более, так и менее, осторожным чем моё!

Теперь, найдя X, положительно отвечающий на второй вопрос, задаём тот же самый вопрос по отношению к самому X. Аналогичными рассуждениями мы должны прийти к тому, что сам X мог вероятно возникнуть при единственном изменении чего-то, снова слегка отличного от него, что мы можем называть X'. Очевидно, что мы можем затем проследить X' в прошлое, к чему-то снова слегка отличному – X", и так далее. Вводя достаточно длинный ряд Xs, мы можем произвести человеческий глаз от чего-то, не слегка отличного от него, а отличного очень. Мы можем "пройти" большое расстояние по "пространству жизни", и наш путь будет вероятен, если мы делаем достаточно маленькие шаги. Теперь мы состоим в состоянии ответить на третий вопрос.

3. Существует ли непрерывный ряд Xs, соединяющий современный человеческий глаз с полным отсутствием глаза?

Полагаю ясным, что ответом будет “да”, если конечно мы разрешим себе построить достаточно длинный ряд Xs. Возможно, вы могли бы считать вполне достаточным ряд из 1 000, но если вам этого кажется мало, то сделайте его больше, чтобы это перемещение представлялось вам вероятным – например 10 000 Xs. Если и 10 000 недостаточно, то позвольте себе 100 000, и так далее. Очевидно, что этой игре существует верхний потолок - доступное время, ибо в одном поколении может быть не более одного X. Фактически этот вопрос нужно переформулировать так: достаточно ли было времени для достаточного количества последовательных поколений? Мы не можем указать точное количество необходимых поколений. Мы только знаем, что геологические эпохи ужасно долги. Чтобы вы имели представление о порядке величины этого количества, скажу, что от наших самых ранних одноклеточных предков нас отделяют тысячи миллионов поколений. Допустим, сотня миллионов Xs, должны составить вероятный ряд крошечных градаций, связывающих человеческий глаз с чем-то изначальным.

Итак, в процессе более-менее абстрактных рассуждений, мы заключили, что имеется ряд воображаемых Xs, каждый из которых достаточно близок к своим соседям, что он мог реалистично превращаться в одного из них, и весь этот ряд связывает человеческий глаз с

прошлым, где никакого глаза вообще не было. Но мы всё ещё не продемонстрировали вероятность фактического существования этого ряда Xs. У нас есть ещё два вопроса: 4. Рассматривая каждого члена ряда гипотетических Xs, связывающих человеческий глаз с полным отсутствием глаза, можем ли мы считать вероятным, что каждый из них появился в результате случайной мутации своего предшественника?

Вообще-то это вопрос эмбриологии, а не генетики; и он находится целиком за пределами проблемы, волновавшей Бирмингемского епископа и прочих. Эффект от мутации должен изменять действовавшие до неё процессы эмбрионального развития. Вряд ли некоторые ветви эмбрионального развития высоковосприимчивы к вариациям в одних направлениях, и стойки к вариации в других. Я вернусь к этому вопросу в главе 11, а здесь я только подчеркну (в который раз!) разницу между маленьким и большим изменением. Чем меньшее изменение вы постулируете, тем меньше будет разность между X" и X', и тем более эмбриологически вероятной будет нужная для данного перехода мутация. Из предыдущей главы поняли, что по чисто статистическим причинам, полезная большая мутация неизбежно менее вероятна, чем полезная маленькая мутация. Независимо от того, какие проблемы могут вытекать из вопроса 4, мы можем по крайней мере видеть, что чем меньшей мы делаем разность между любыми данными X' и X", тем меньшими будут проблемы. И я чувствую, что если разница между соседними промежуточными звеньями в нашем ряду, ведущем к глазу, достаточно мала, то необходимые мутации почти обязаны воспоследовать. Мы ведь, в конце концов, всегда говорим о незначительных количественных изменениях в текущем эмбриональном развитии. И каким бы ни был сложным в данном поколении текущий эмбриологический статус-кво, всякое его мутационное изменение может быть очень мелким и простым.

А сейчас нужно ответить на заключительный вопрос:

5. Рассматривая каждого члена ряда Xs, связывающего человеческий глаз с отсутствием глаза вообще, можно ли полагать вероятным, что каждый из них был достаточно эффективен, чтобы его наличие способствовало выживанию и размножению обладающих им животных?

Как это ни странно, но некоторые люди полагали, что ответом на этот вопрос является "самоочевидное нет". Например, я процитирую книгу Фрэнсиса Хичинга 1982 года под названием "Шея жирафа, или где Дарвин пошёл не туда". Я мог бы процитировать в сущности те же самые слова почти любого сочинения "Свидетелей Иеговы", но я выбираю эту книгу, потому что солидное издательство (Пан Букс Ltd) сочло допустимым издать её, несмотря множество ошибок, которые легко бы выявил безработный выпускник биологического ВУЗа, или даже ещё студент-биолог, если б их попросили взглянуть на эту рукопись. (Между нами - две мои любимые шуточки, если вы позволите мне это удовольствие: это присвоение рыцарского звания профессору Джону Мейнарду Смиту, и характеристика профессора Эрнста Майра, самого выразительного и самого нематематического критика математической генетики, как "высшего корифея" математической генетики.)

Чтобы глаз работал, необходимо сделать следующий минимум хорошо скоординированных шагов (их гораздо больше, но даже чрезвычайно упрощённого описания достаточно, чтобы указать на сложности для дарвиновской теории). Глаз должен быть чист и влажен; в этом состоянии его поддерживают взаимодействующие слёзные железы и подвижные веки, ресницы на которых также действуют как грубый фильтр солнечного света. Затем свет проходит через маленький прозрачный участок внешнего защитного покрытия (роговицу), и далее сквозь хрусталик, который фокусирует его на сетине. 130 миллионов светочувствительных палочек и колбочек посредством фотохимических реакций преобразуют свет в электрические импульсы. Каждую секунду приблизительно 1000 миллионов их передаются в мозг (как именно – пока не вполне понятно), который соответственно реагирует.

Отсюда вполне очевидно, что если на этом пути произойдёт какой-нибудь небольшой сбой – или роговица помутнеет, или зрачок не сможет расширяться, или хрусталик станет непрозрачным, или фокусировка произойдёт неправильно – тогда распознаваемое изображение не будет сформировано. Глаз - или правильно функционирует весь, или его считай, что нет. Как же тогда он мог развиваться такими медленными, равномерными, бесконечно маленькими

эволюционными усовершенствованиями? Так ли вероятно, что тысячи и тысячи удачных случайных мутаций оказались совпадающими так, что хрусталик и ретина, которые не могут работать друг без друга, развились синхронно? Какую ценность для выживания может тогда представлять глаз, который не видит?

Этот примечательный аргумент звучит очень часто – видимо потому, что люди хотят верить выводам из него. Взять утверждение, что дескать, “что если на этом пути произойдёт какой-нибудь небольшой сбой, если фокусировка произойдёт неправильно..., тогда распознаваемое изображение не будет сформировано”. Вряд ли вероятность того, что вы читаете этот текст через очки или контактные линзы далека от 50%. Снимите их, и оглянитесь вокруг. Вы согласны с тем, что “расознаваемое изображение не сформировано”? Если вы мужчина, то один шанс из 12, что вы страдаете цветовой слепотой. А ещё у вас может быть астигматизм. Не слишком маловероятно, что без очков вы видите окружающее туманным пятном. Один из наиболее выдающийся на сегодня (хотя и не удостоенный ещё рыцарского звания) теоретик эволюционизма так редко протирает свои очки, что видит окружающее туманным пятном даже в очках, но это ему кажется совсем не мешает преуспевать в жизни, и, по его собственному признанию, он обычно довольно неплохо играет в одноглазый сквош. Если вы потеряли очки, то вы возможно, будете обижать своих друзей, не узнавая их на улице. Но вы сами, думаю, будете даже больше обижены, если кто-нибудь скажет вам: “пока ваше зрение не абсолютно точно, вы могли бы пока походить с плотно закрытыми глазами, и открыть их, когда найдёте свои очки”. Примерно это по существу и предлагает автор процитированного отрывка.

Он также заявляет, и это как бы очевидно, что хрусталик и ретина не могут работать друг без друга. На каком основании? Одна из моих близких перенесла операцию по удалению катаракты обеих глаз. В её глазах сейчас вовсе нет хрусталиков! Без очков она не может даже начать игру в теннис, или прицелиться из винтовки. Но она уверяет меня, что с глазами без хрусталиков жить гораздо лучше, чем без глаз вообще! Вы можете видеть хотя бы то, что вы вот-вот столкнётесь со стеной, или с другим человеком. Если бы вы были диким существом, то вы, безусловно, могли бы извлекать пользу из вашего бесхрусталикового глаза – например, чтобы обнаружить неясные очертания хищника, и направление, с которого он приближается. В примитивном мире, в котором многие существа вообще не имеют никаких глаз, обладание даже бесхрусталиковыми глазами будет давать всяческие преимущества. И легко построить непрерывный ряд Xs, такой, в котором каждое крошечное улучшение чёткости изображения - от расплывчатого пятна, до совершенного человеческого зрения, резонно увеличивает возможности выживания организма. Далее в книге идёт цитата Стивена Джея Гулда, видного Гарвардского палеонтолога, сказавшего, что

Мы уклонимся от превосходного вопроса – “Чем хороши 5 процентов глаза?”, полагая, что обладатель такой зачаточной структуры не использовал её для видения.

Древнее животное, обладавшее 5 процентами нашего глаза, действительно могло использовать эту структуру для чего-нибудь иного, чем видение. Но мне представляется по меньшей мере столь же вероятным, что оно использовало её для 5-процентного видения. И я не думаю, что это превосходный вопрос. 5-процентное зрение очень многого стоит в сравнении с отсутствием зрения вообще. Даже 1-процентное зрение лучше, чем полная слепота. 6 процентов лучше, чем 5, 7 процентов лучше, чем 6, и так далее - постепенный, непрерывный ряд.

Сходные проблемы волновали людей, изучающих животных, защищающихся от хищников посредством “мимикрии”. Насекомые-палочники выглядят, как палочки, и тем самым спасаются от птиц. Насекомые, живущие на листьях, сами напоминают листья. Многие виды съедобных бабочек защищаются, приобретя сходство с несъедобным или ядовитым видом. Их подобие впечатляет гораздо более, чем подобие облаков горносталям. Во многих случаях они впечатляют сильнее, чем сходство “моих” насекомых с реальным насекомым. Начнём с того, что реальные насекомые, имеют шесть ног, не восемь! Но реальный естественный отбор оперировал с, по крайней мере, в миллион раз большим количеством поколений, чем я, и тем самым мог достичь полного подобия.

В таких случаях мы используем слово “мимикрия” не потому, что полагаем животных

сознательно подражающих другим объектам, но потому, что естественный отбор одобрил тех особей, тела которых можно было принять за эти другие объекты. В противном случае - предки насекомых-палочников, не похожие на палочки, не оставляли потомков. Наиболее выдающимся учёным, из утверждавших, что первоначальное возникновение такого подобия не могло быть одобрено естественным выбором, был германо-американский генетик Ричард Голдшмидт. Как высказался насчёт насекомых, подражающих экскрементам поклонник Голдшмидта Гулд "какое преимущество может давать 5-процентное визуальное сходство с экскрементами?" С недавних пор, в значительной степени под влиянием Гулда, стало модно говорить, что Голдшмидт при жизни был недооценен, и нам у него есть много чему поучиться. Вот образец такого рассуждения.

Форд говорит ... что любая мутация, которая придаёт "отдалённое сходство" с более защищённым видом, влечёт некоторое преимущество, однако не настолько большое, чтобы оно могло накапливаться. Нужно задаться вопросом, насколько отдалённым может быть это сходство, чтобы иметь значение при отборе. Можем ли мы предполагать, что птицы, обезьяны и даже богомолы – обладающие таким замечательным зрением (или замечательным умом) могут заметить "отдалённое" сходство, и испугаться его? Я думаю, что вы хотите слишком многого.

Этот сарказм вряд ли укрепит что-нибудь на той зыбкой почве, по которой идёт Голдшмидт. Замечательное зрение? Замечательный ум? Кто бы подумал, что птицы и обезьяны извлекали выгоду от одурачивания их отдалённым подобием! Голдшмидт мог бы сказать чуть иначе: "Можем ли мы предполагать, что птицы, и т.д. – обладают таким плохим зрением (или скудным умом)?" Тем не менее, это дилемма. Изначальное подобие предкового палочника палочке, надо думать, было очень отдалённым. Птицам бы требовалось чрезвычайно плохое зрение, чтобы их можно было бы этим сходством одурачить. Тем не менее – подобие современного палочника палочке удивительно полно, вплоть до последних тонких деталей строения почек и прожилок листа. Птицы, на плотоядный облик которых эволюция наносит последние штрихи, должны, по крайней мере, – в среднем, иметь превосходное зрение. Их, надо полагать, было чрезвычайно трудно одурачить, иначе насекомые не развились бы в таких превосходных имитаторов - они так и остались бы довольно несовершенными имитациями. Как можно разрешить это очевидное противоречие?

Один вариант ответа таков: зрение птиц улучшилось по мере улучшения камуфляжа насекомого. Тут можно даже немного состричь: насекомое-прародитель, обладавший только 5-процентным сходством с экскрементами, мог дурачить птицу-прародительницу с 5-процентным зрением. Но я предпочитаю другой ответ. Я предполагаю, что вся эволюция мимикрии - от отдалённого подобия, до практически точной имитации, прошла, и довольно быстро, многократно и у различных групп насекомых тогда, когда зрение птиц было примерно столь же хорошо, как и сейчас.

Другой вариант ответа: возможно, что каждый вид птиц или обезьян обладает ограниченным зрением и улавливает только один ограниченный признак насекомого. Возможно, один вид хищников замечает только цвет, другой – только очертание, третий – только текстуру, и так далее. Тогда насекомое, походящее на палочку в только одном ограниченном отношении, будет дурачить один вид хищника, хотя и будет поедано всеми другими видами хищников. В ходе эволюции, новые признаки подобия будут добавляться к репертуару защитных признаков насекомого. Итоговое многостороннее совершенство мимикрии является суммой защитных качеств, одобренных естественным отбором в ходе защиты от различных видов хищников. Ни один хищник не видит всесторонней мимикрии, только мы.

Последняя фраза не подразумевает, что только мы с вами достаточно "умны", чтобы оценивать мимикрию во всей её красе. Нет, я не настолько сноб – просто есть другое объяснение. Оно состоит в том, что как бы ни было хорошо зрение хищника в одних условиях, оно может быть чрезвычайно недостаточным в других. Из нашего жизненного опыта мы можем легко вспомнить весь их спектр - от видения чрезвычайно скудного, до превосходного. Если я

посмотрю прямо на палочника, находящегося в 8 дюймах перед моим носом при ярком дневном свете, я не буду им одурачен. Я буду видеть длинные ноги, цепляющиеся за ствол. Я смогу уловить неестественную симметрию, которой у реальной палочки не было бы. Но если я, с теми же самыми глазами и мозгом, буду идти через лес в сумерках, я запросто смогу спутать почти любое насекомое матовой окраски с прутиком, которые в изобилии имеются вокруг. Изображение насекомого может находиться с краю моей ретины, а не в центральной области с более острым зрением. Насекомое может находиться на расстоянии 50 ярдов, и отображаться в силу этого только крошечным образом на моей ретине. Освещённость может быть настолько недостаточной, что я могу вообще почти ничего не видеть.

Фактически, на каком-то уровне освещённости, или на каком-то удалении от глаза, или при каком-то уровне отвлечения внимания хищника, не имеет значения, насколько отдалённым и скудным будет подобие насекомого палочке, ибо в этих условиях даже отдалённым подобием будет одурачен даже очень хороший глаз. Если вы не находите это вероятным для какого-то конкретного, представленного вами примера, приглушите немного предполагаемый свет, или отойдите ещё немного дальше от предполагаемого объекта! Суть в том, что многие насекомые спаслись благодаря чрезвычайно малому подобию веточке или листу или капельке экскрементов, когда находились далеко от хищника, или когда хищник смотрел на него в сумерках, сквозь туман, или когда его внимание было отвлечено готовой к спариванию самкой. А многие насекомые спаслись, возможно от того же самого хищника своим очень близким сходством с веточкой, когда хищник смотрел на них с относительно близкого расстояния, и при приличной освещённости. Важно, что эти факторы - интенсивность освещения, расстояние от насекомого до хищника, удаление образа от центра ретины, и им подобные, все являются непрерывными (не дискретными) переменными. Они плавно меняются от полной невидимости до наилучшей видимости. Такие непрерывные переменные параметры и питают непрерывную и постепенную эволюцию.

Обрисованная Ричардом Голдшмидтом проблема – одна из множества тех проблем, которые заставили его, на протяжении большей части его профессиональной карьеры, принять крайнюю веру в то, что эволюция идёт большими прыжками, а не маленькими шагами. Но это – вовсе не проблема. И кстати, мы снова и снова убедились в том, что, 5 процентов зрения – это лучше, чем полное отсутствие зрения. Качество моего зрения на краю моей ретины вероятно даже хуже 5 процентов моего зрения в её центре, однако вы полагаете это очень важным! С таким качеством я, тем не менее, могу распознать наличие грузовика или автобуса на крайнем углу зрения моего глаза. Так как я каждый день езжу на работу на велосипеде, этот факт, весьма вероятно, спасал мне жизнь. Я замечаю изменения на краях поля зрения даже тогда, когда идёт дождь, и когда я в шляпе. Качество нашего зрения тёмной ночью, надо полагать, гораздо хуже, чем 5 процентов полуденного. Многие наши предки, вероятно, спаслись благодаря тому, что увидели что-то очень важное в полночь – может быть - саблезубого тигра, или пропасть.

Каждые из нас знает из личного опыта, например – опыта хождения тёмными ночами, что существует плавно возрастающий ряд от полной слепоты до точного видения, и что каждый шаг по этому ряду даёт существенные выгоды. Если глядеть на мир в бинокль с убывающей и возрастающей фокусировкой, то можно быстро убедиться, что имеется возрастающий ряд качества фокусировки, и каждый шаг по нему является улучшением предыдущего. Вращая регулятор насыщенности цвета цветного телевизора, мы можем убедиться, что имеется возрастающий ряд улучшения изображения - от чёрно-белого, до полного цветового видения. Диафрагма, которая открывает и закрывает зрачок, предохраняет нас от ослепления ярким светом, при этом позволяет нам видеть при слабом свете. Все мы знаем, что такое незадиафрагмированный глаз, когда нас на мгновение ослепляют фары встречного автомобиля. Как ни неприятным, и даже опасным может быть ослепление, оно не означает, что глаз, как целое прекращает работать! Заявление, что "глаз - или правильно функционирует весь, или его считай, что нет", не просто ложно, но самоочевидно ложно любому, кто подумает хотя бы пару секунд насчёт своего житейского опыта.

Давайте вернёмся к нашему вопросу 5. Рассматривая каждый член ряда Xs, ведущий к

человеческому глазу от полного отсутствия, можем ли мы полагать вероятным, что каждый из них работал достаточно хорошо, чтобы это способствовало выживанию и воспроизводству обладающих ими животных? Мы уже поняли глупость предположения анти-эволюционистов, что ответом является очевидное нет. Но можно ли здесь ответить “да”? Это менее очевидно, но я думаю, что это так и есть. Не только потому, что часть глаза - лучше, чем его полное отсутствие. Мы можем поискать вероятный ряд промежуточных звеньев среди современных животных. Это конечно не означает, что эти современные промежуточные звенья точно отражают предковые формы. Но они хотя бы показывают, что промежуточные проекты работоспособны.

У некоторых одноклеточных животных есть светочувствительное пятно с небольшим пигментированным экраном перед ним. Экран закрывает часть света, приходящего с одного направления, что даёт этому животному некоторые намёки насчёт направления на источник света. Многоклеточные животные – различные типы червей и некоторые моллюски имеют подобное же устройство, но закрытые с одной стороны пигментом светочувствительные клетки находятся в небольшой чашечке. Это решение даёт некоторое улучшение определения направления, так как каждая клетка выборочно ограждена от световых лучей, входящих в чашечку с её стороны. В непрерывном ряду - от плоского участка светочувствительных клеток, через неглубокую чашечку к глубокой чаше, каждый шаг в ряду, будь он мал или велик, являл собой оптическое улучшение. Теперь, если вы делаете чашу всё более глубокой, вы в конечном счёте получаете безлинзовую камеру-обскуру. Имеется непрерывный ряд от неглубокой чаши, до камеры-обскуры (для иллюстрации, можно взглянуть на первые семь поколений эволюционного ряда на рисунке 4).

Камера-обскура формирует изображение, причем, чем меньше её отверстие - тем оно резче (но тусклее), а чем больше – тем ярче (но нерезче). Плавающий моллюск Наутилус - довольно странное кальмароподобное существо, которое живёт в раковине, подобно вымершему аммониту (см. "панцирный головоногий моллюск" на рисунке 5), имеет пару камер-обскур в качестве глаз. У этих глаз в основном такая же форма, как и у наших, однако хрусталик отсутствует, а зрачок - только дырка, которая позволяет морской воде заполнять полый интерьер глаза. Наутилус - весьма загадочное существо. Почему, за сотни миллионов лет с того момента, когда его предки развили глаз-обскуру, они так и не открыли принцип линзы? Преимущество линзы состоит в том, что она формирует изображение ярко, и в то же время резко. Озадачивает у Наутилуса качество его ретины, которое таково, что животное реально извлекло бы выгоду, большую и сразу, от наличия хрусталика. Она подобна высококлассной музыкальной установке с превосходным усилителем, усиливающим звук граммофона с тупой иглой. Система вопиёт о необходимости этого конкретного изменения. Наутилус кажется, сидит генетическом гиперпространстве прямо по соседству с очевидным и немедленным улучшением, но так и не делает этого маленького, но нужного шага. Почему? Майкл Лэнд из университета Суксенса, наш высший авторитет по глазам беспозвоночных, озадачен, и я - также. Говорит ли это о том, что необходимые мутации не могут возникнуть, учитывая способ развития эмбриона Наутилуса? Не хочется в это верить, но у меня нет лучшего объяснения. Но по крайней мере, Наутилус подчёркивает мысль о том, что бесхрусталиковый глаз лучше, чем его полное отсутствие.

Когда ваш глаз имеет форму кубка, то почти любой, минимально выпуклый, как-то прозрачный, или даже полупрозрачный материал, закрывающий его горлышко, принесёт улучшение – благодаря небольшой способности фокусировать свет. Он собирает свет по всей своей площади, и концентрирует его на меньшей площади ретины. И как только такой примитивный прото-хрусталик возник – так появился непрерывно возрастающий ряд улучшений, в ходе которых хрусталик утолщается, делается прозрачнее, вносит меньше искажений – и эта тенденция достигает высшей точки в том, что все мы называем настоящим хрусталиком. Родственники Наутилуса, кальмары и осьминоги, обладают настоящим хрусталиком, очень похожим на наш, хотя их прародители развили принципиально тот же вид глаза полностью независимо от наших. Кстати, Майкл Лэнд насчитывает девять основных

принципов формирования изображения, которые используются в глазах, и большая их часть независимо развивалась много раз. Например, принцип объектива-рефлектора радикально отличается от нашего глаза-рефрактора (мы используем принцип рефлектора в радиотелескопах, а также в наших самых крупных оптических телескопах, потому что легче сделать большое зеркало, чем большую линзу), и он был независимо "изобретён" некоторыми моллюсками и ракообразными. Другие ракообразные имеют фасеточный глаз, как у насекомых (в самом деле – это батарея из большого количества крошечных глазков), а другие моллюски, как мы видели, обладают линзовым глазом (как у нас), или глазом-обскурой. У каждого из этих типов глаз существовали различные эволюционные стадии, которым (стадиям) соответствуют работающие глаза каких-то других, ныне здравствующих современных животных.

Анти-эволюционная пропаганда полна предполагаемыми примерами сложных систем, которые "вряд ли могли" развиваться как постепенный ряд промежуточных звеньев. Часто это только другой случай довольно патетического "аргумента субъективного неверия", с которым мы встретились в главе 2. Например, сразу после раздела про глаз, "Шея Жирафа" переходит к обсуждению жука – "Бомбардира трескучего", который...

Впрыскивает струю смертельной смеси гидрохинона и перекиси водорода в лицо своему врагу. Эти две химикалии, смешанные вместе, буквально взрываются. Поэтому, чтобы хранить их внутри своего тела, жук-бомбардир выработал химический ингибитор, делающий их смесь безопасной. В момент, когда жук выпрыскивает жидкость на своего врага, он добавляет анти-ингибитор, чтобы снова придать смеси взрывчатые свойства. Цепь событий, которые могли бы привести к развитию такого сложного, скоординированного и тонкого процесса - вне биологического объяснения на базе простых пошаговых преобразований. Самый небольшой сдвиг в химическом балансе немедленно бы привел к породе взорванных жуков.

Коллеги-биохимики любезно снабдили меня бутылочкой перекиси водорода, и достаточным количеством гидрохинона – его бы хватило для заправки 50 жуков-бомбардиров. Вот-вот я смешаю их вместе. Согласно вышеизложенному, они взорвутся мне в лицо. Приступаю...

Спокойно, я всё ещё здесь. Я вливал перекись водорода в гидрохинон, и абсолютно ничто не случилось. Смесь даже не нагрелась! Конечно же, я знал, что так и будет - я не настолько безрассуден! Утверждение, что "эти две химикалии, смешанные вместе, буквально взрываются", просто-напросто ложно, хотя регулярно повторяется во всей креационистской литературе. Если же вам интересно, что делает жук-бомбардир, то фактически происходит следующее. Верно, что он прыскает едкую и горячую смесь перекиси водорода и гидрохинона на врага. Но перекись водорода и гидрохинон не вступают в бурную реакцию, пока не добавлен катализатор. Именно это и делает жук-бомбардир. Что касается эволюционных предшественников этой системы, то и перекись водорода, и различные виды хинонов широко используются для других целей в обмене веществ живого тела. Предки жука-бомбардира просто заставили уже имеющиеся химикалии делать и другую работу. Эволюция так делает часто.

На той же странице книги Хичинга, вместе с пассажем про жука-бомбардира, имеется вопрос: "какая польза могла бы быть от половины легкого? Естественный отбор конечно устранил бы существа с причудами, которые не способствуют их выживанию". У здорового взрослого человека, каждое из двух его лёгких разделено на примерно 300 миллионов крошечных камер на кончиках разветвлённой системы трубок. Архитектура этих трубок похожа на дерево-биоморф в нижней части рисунка 2 предыдущей главы. В упомянутом дереве количество последовательных ветвлений, определяемых "геном 9", составляет восемь, а количество кончиков веток - 2 в степени 8, то есть 256. По мере вашего спуска по рисунку 2, количество кончиков веточек последовательно удваивается. Чтобы породить 300 миллионов кончиков веток, нужно только 29 последовательных ветвлений надвое. Обратите внимание, что имеется непрерывный ряд от единственной камеры к 300 миллионам крошечных камер, каждый шаг этого ряда, обеспечивается новым двухветочным ветвлением. Этот переход может быть выполнен за 29 ветвлений, которые мы можем простодушно представить величавой прогулкой из 29 шагов в генетическом гиперпространстве.

Результат всей этой разветвлённости состоит в том, что площадь газообменной поверхности каждого лёгкого оказывается больше 60 квадратных метров. Площадь - важный параметр лёгкого, поскольку она определяет скорость поглощения кислорода и выделения ненужного углекислого газа. Особенность площади состоит в том, что она является непрерывной (не дискретной) переменной. Площадь - не такая вещь, которой вы или обладаете, или нет. Это такая вещь, которой вы можете обладать в большем или меньшем количестве. Более, чем большинство других параметров, площадь лёгкого доступна для постепенных, пошаговых изменений, от 0 квадратных метров, до 60 квадратных метров. У многих людей одно лёгкое удаляется хирургическим путём, а у некоторых от нормальной площади лёгкого осталась всего треть. Они могут ходить, разве что не очень далеко, или не очень быстро. В этом вся суть. Влияние постепенно сокращения площади лёгкого на выживание не дискретно, это не эффект "всё или ничего". Это влияние плавно меняет ваши возможности ходить на далёкие расстояния или возможную для вас скорость перемещения. Этот постепенный, плавно изменяющийся эффект действительно меняет вероятную продолжительность вашей жизни. Смерть не наступает скачкообразно при снижении площади лёгкого ниже конкретного порогового значения! Хотя она постепенно становится более вероятной при снижении этой площади ниже оптимума (и не увеличивается при превышении этого оптимума - по различным причинам, связанным с экономическими издержками).

Первые из наших прародителей, начинающие развивать лёгкие, почти наверняка жили в воде. Мы можем получить представление о том, как они могли бы дышать, поглядев на современную рыбу. Большинство современных рыба дышит в воде жабрами, но многие виды, живущие в грязных, болотистых водоёмах, делают это, глотая воздух с поверхности. Они используют внутреннюю полость рта, как своего рода примитивное протолёгкое, и эта полость иногда возрастает до дыхательного кармана, богатого кровеносными сосудами. Мы видели, что нет никаких проблем в представлении непрерывного ряда X_s связывающего единственную полость, и множеству разветвлений на 300 миллионов полостей современного человеческого лёгкого.

Интересно, многие современные рыбы сохранили это полость как единый объём, но используют его для совершенно другой цели. Хотя он вероятнее всего начался как примитивное лёгкое, но в ходе эволюции стал плавательным пузырьём - изобретательным устройством, посредством которого рыба поддерживает себя в постоянном гидростатическом равновесии. Животное без воздушных полостей обычно чуть тяжелее воды, и погружается на дно. Именно поэтому акулам приходится непрерывно двигаться, чтобы остановить своё погружение. Животное с большими воздушными полостями внутри - как мы с нашими большими лёгкими, склонны подниматься к поверхности. Где-то в середине этого континуума, животное с воздушным пузырем строго правильного размера ни погружается, ни всплывает, а стабильно плавает в равновесии, не прилагая усилий. Современные рыбы (иные, чем акулы) усовершенствовали этот приём. В отличие от акул, они не расходуют энергию на предотвращение своего погружения. Их хвост и плавники свободны для управления и быстрого толчка. Для наполнения пузыря они больше не полагаются на внешний воздух, а используют специальные железы для выработки газа. Используя эти железы, и другие средства, они точно регулируют объём газа в пузыре, и тем самым поддерживают себя в точном гидростатическом равновесии.

Несколько видов современных рыб могут покидать воду. Крайний случай - индийский анабас (рыба-ползун), который почти не заходит в воду. Он независимо развил лёгкие, весьма отличные от таковых у наших прародителей - у него они представляют собой воздушную камеру, окружающую жабры. Другие рыбы, живя в основном в воде, делают краткие набеги из неё. Вероятно, что наши предки именно так и делали. Особенность таких набегов состоит в том, что их продолжительность может плавно меняться - от нуля, до неограниченного пребывания вне воды. Если вы - рыба, живущая в основном в воде и дышащая там, но при случае отваживающаяся выходить на сушу, возможно чтобы перебраться из одной грязной лужи до другой, и таким образом пережить засуху, то вы могли бы извлечь выгоду не только из

половины легкого, но и от одной сотой лёгкого. Не имеет значения, насколько мало ваше изначальное лёгкое, но с лёгким вы выдержите несколько большее время вне воды, чем без него. Время – тоже непрерывная переменная. Не существует никакой качественной границы между животными, дышащими в воде, и в воздухе. Разные животные могут проводить в воде 99 процентов своего времени, другие – 98, далее 97, и так до 0 процентов. На каждом шаге этого пути, какое-то незначительное увеличение площади лёгкого даст преимущества. И на всём пути имеет место непрерывность и градуализм.

Какая польза от половины крыла? Что было началом крыльев? Многие животные прыгают с ветки на ветку, но иногда падают на землю. Поверхность всего тела, особенно у маленьких животных, опирается на воздух, и помогает прыжку - или даже предотвращает падение, действуя как аэродинамическая несущая плоскость. Какая-то тенденция на увеличение отношения площади поверхности к весу тела тут весьма кстати – например, складки кожи, растущие в местах сочленений конечностей. Отсюда может начаться непрерывный ряд градаций до планирующих крыльев, и далее - к машущим крыльям. Очевидно, что какие-то расстояния древние обладатели прото-крыльев не могли перепрыгнуть. Столь же очевидно, для любой степени примитивности (и/или невеликости) древних аэродинамических поверхностей, имеется какое-то расстояние, пусть небольшое, который можно перепрыгнуть со складкой кожи, и нельзя – без неё.

Даже если прототип складчатых крыльев работал на предотвращение падения животного, вы не можете говорить, что "ниже некоторого минимального размера, складки были бы совсем бесполезны". Опять же - не имеет значения, насколько малы и малоэффективны были первые крыльевые складки. Имеется некоторая высота, назовём её h , при падении с которой животное ломало бы себе шею, но выжило бы при падении с чуть меньшей высоты. В этой критической зоне, любое улучшение несущей способности поверхности тела замедляет падение, и сколь ни мало это улучшение, оно может быть границей между жизнью и смертью. В этом случае естественный отбор будет одобрять небольшие, зачаточные складчатые крылья. Когда эти маленькие крылья станут нормой, тогда критическая высота h станет чуть большей, и тогда дальнейшее небольшое их увеличение будет далее отодвигать границу между жизнью и смертью. И так далее, пока мы не получим полноценные крылья.

Живущие сегодня животные красиво иллюстрируют каждую стадию этого континуума. Существуют лягушки, планирующие с помощью больших перепонки между пальцами их лапок, древесные змеи с уплощённым телом, которое опирается на воздух, ящерицы с откидными складками по бокам тела; и несколько различных видов млекопитающих, которые планируют посредством перепонки, натянутых между конечностями, показывая нам, с чего могли начинаться свой эволюционный путь летучие мыши. Вопреки утверждениям креационистской литературы, обычными являются животные не просто с "половиной крыла", но и животные с четвертью крыла, тремя четвертями крыла, и так далее. Идея континуума летунов становится ещё более убедительной, когда мы вспомним, что очень мелкие животные способны мягко плавать в воздухе, независимо от их формы. Причина этой убедительности в том, что существует гладко возрастающий континуум от малого до большого.

Идея крошечных изменений, накопленных в ходе многих шагов - очень мощная идея, способная объяснить огромное множество явлений, которые иначе были бы необъяснимы. Откуда пошёл змеиный яд? Многие животные кусаются, а слюна любого животного содержит белки, которые, попадая в рану, могут вызывать аллергическую реакцию. Укус даже так называемых неядовитых змей может вызывать у некоторых людей болезненную реакцию. И опять же – существует непрерывный, возрастающий ряд от обычной слюны до смертельного яда.

Как возникли уши? Любая часть кожи может распознавать колебания, если входит в контакт с вибрирующими объектами. Это естественный побочный эффект работы осязания. Естественный отбор легко мог постепенно усиливать эту способность, пока не будет достигнута достаточная чувствительность к легчайшим контактным колебаниям. В этот момент она была бы достаточно чувствительна к вибрациям, передаваемым по воздуху, если они были

достаточно громки и/или достаточно близки. Естественный отбор одобрил бы тогда развитие специальных органов – ушей – для восприятия переносимых по воздуху колебаний, приходящих с всё более возрастающих расстояний. Легко видеть, что на всём протяжении это была бы непрерывная траектория пошагового улучшения. Как возникла эхолокация? Любое животное, обладающее слухом, может слышать эхо. Слепые люди часто умеют использовать этот эхо. Рудиментарная версия этого навыка у древних млекопитающих была бы вполне достаточным сырьём для естественного отбора, который, шаг за шагом довёл бы его до высокого совершенства летучих мышей.

Пять процентов зрения – лучше, чем его полное отсутствие. Пять процентов слуха – лучше, чем его полное отсутствие. Пятипроцентная эффективность полёта лучше, чем полная неспособность к полёту. Совершенно правдоподобно, что каждый фактически имеющийся орган или система – результат ровной траектории по живому гиперпространству, траектории, каждая точка которой улучшала выживание и воспроизводство. Где бы мы ни видели X у реального живого животного (где X - некий орган – слишком сложный, чтобы возникнуть спонтанно, за один шаг), там, согласно теории эволюции посредством естественного отбора, должно быть так, что часть X – лучше, чем его отсутствие; две части X - лучше чем одна; а всё X – лучше, чем 9/10 X. У меня нет никаких затруднений в принятии истинности этих тезисов применительно к глазам, ушам, включая уши летучей мыши, крыльям, защитной окраске и мимикрии насекомых, укусов змей, ядовитости, навыков кукушки, и всех других примеров, сыплющихся из рога пропаганды антиэволюции. Разумеется, возможно множество мыслимых Xs, для которых эти утверждения не были бы истинны, множество мыслимых эволюционных треков, у которых промежуточные звенья не будут усовершенствованиями их предшественников. Но такие Xs не найдены в реальном мире.

Дарвин писал в “Происхождении видов”:

Если можно было бы продемонстрировать существование какого-нибудь сложного органа, который вряд ли мог быть сформирован множеством небольших последовательных модификаций, то моя теория будет безусловно повержена.

Прошло 125 лет; о животных и растениях мы знаем намного больше Дарвина, и тем не менее, мне ещё не известен ни один пример сложного органа, который не мог быть сформирован множеством небольших последовательных модификаций. И я не верю, что такой орган когда-либо будет найден. Если же это случится, а это должно будет быть действительно сложный орган, и, как мы увидим в последующих главах, мы должны хорошо представлять себе, что такое "небольшая модификация", то я перестану верить в дарвинизм.

Иногда история последовательных промежуточных стадий ясно написана в облике современных животных, даже в форме явных несовершенств в итоговом проекте. Стивен Гулд, в своей превосходной статье про большой палец Панды, высказал мысль, что эволюция может быть более наглядно проиллюстрирована свидетельствами наличия кричащих недостатков, чем свидетельствами совершенства. Я приведу только два примера.

Рыбам, живущим на морском дне, выгодно быть плоскими и широкими. Существуют две очень различные группы плоских рыб, живущих на морском дне, и они развили свою плоскую форму совершенно различно. Скаты и манты, родственники акул, стали плоскими, что называется, очевидным путём. Их тела выросли вбок, и сформировали большие "крылья". Они похожи на акул, пропущенных через паровой прокатный стан, но сохранили симметрию и "правильную" ориентацию вверх. Камбала, морской язык, палтус и их родственники стали плоскими иначе. Это костистые рыбы (с плавательным пузырьём) родственные сельдям, форели, и т.д.; они имеют мало общего с акулами. В отличие от акул, костистые рыбы, как правило, отличаются сжатостью в вертикальном направлении. Например, сельдь намного "выше", чем "шире". Она использует всё своё вертикально уплощённое тело как гребную поверхность, которая волнообразно изгибается в воде при плавании. Поэтому естественно, что когда прародители камбалы и морского языка осваивали морское дно, им приходилось ложиться на одну сторону, а не на живот, подобно прародителям скатов. Но это породило проблему с глазом. Один глаз всегда смотрел вниз, в песок и был тем самым бесполезен. Эволюция

разрешила эту проблему перемещением “низового” глаза на верхнюю сторону.

Мы видим повтор этого процесса перемещения при развитии малька костистой плоской рыбы. Малёк начинает жизнь, плавая близ поверхности - при этом он симметричен и вертикально уплощен - как сельдь. Но затем его череп начинает становиться странно асимметричным, искривлённым так, чтобы один глаз - например левый, перемещаясь через “темя”, и остановился на другой стороне. Замершая на дне плоская рыба, глядящая обеими глазами вверх, являет собой странное зрелище в духе Пикассо. Кстати, некоторые виды плоских рыб укладываются на правой стороне, другие - левой, и третьи могут с обеих сторон.

Череп плоской костистой рыбы хранит искривлённое и искажённое доказательство своего происхождения. Само его несовершенство - сильное доказательство его древнего происхождения, история скорее постепенных изменений, чем преднамеренного проекта. Ни один разумный проектировщик не задумал бы такую уродливость, если бы его руки были бы свободны для сотворения рыбы на чистом листе. Я подозреваю, что самые разумные проектировщики задумали бы что-то вроде ската. Но эволюция никогда не начинается с чистого листа. Она должна начаться с того, что уже есть. В случае прародителей скатов это были свободно плавающие акулы. Акулы, в общем, не уплощены с боков, как это имеет место у свободно плавающих костистых рыб, таких, как сельдь. Пожалуй, акулы уже слегка уплощены в горизонтальной плоскости. Это означает, что когда некоторые древние акулы стали осваивать морское дно, у них наметилась легкая гладкая прогрессия к форме ската, где каждое промежуточное звено было небольшим улучшением, учитывающим условия жизни на дне, в сравнении с несколько менее плоским предшественником.

С другой стороны, когда свободно плавающее предки камбалы или палтуса, будучи, подобно сельди, сжатыми вертикально, осваивали дно, то им было выгодно лежать на боку, а не сомнительно балансировать на своем остром брюшке! Даже при том, что этот эволюционный курс повлёл сложные и вероятно дорогостоящие искажения, вызванные перемещением двух глаз на одну сторону, и даже при том, что способ становления ската плоской рыбой был бы конечном счёте лучшим проектом и для костистой рыбы, но потенциальные промежуточные звенья, которые шли по этой эволюционной тропе, были очевидно менее хороши в краткосрочной перспективе, чем их конкуренты, лежащие на бок. Эти лежащие на боку конкуренты были в краткосрочной перспективе лучше - в смысле прижатия ко дну. В генетическом гиперпространстве имеется гладкая траектория, соединяющая свободно плавающую древнюю костистую рыбу, и плоскую рыбу, лежащую на бок с искривлённым черепом. Но нет гладкой траектории, соединяющей костистых предков этих рыб, и плоскую рыбу, лежащую на животе. Это предположение не может быть всей правдой, потому что есть одна костистая рыба, которая развила плоскостность в симметричной, скатоподобной манере. Возможно, что их свободно плавающие прародители уже были слегка уплощены по горизонтали по какой-то другой причине.

Мой второй пример эволюционной прогрессии, которая не свершилась из-за невыгодности промежуточных звеньев, даже при том, что она в конечном счёте могла бы привести к лучшему результату, чем есть, относится к ретине наших глаз - как и глаз всех позвоночных. Зрительный нерв, как и любой другой нерв - это своего рода “многожильный кабель”, связка отдельных “изолированных проводов”, в данном случае их примерно три миллиона. Каждая из этих трёх миллионов жил ведёт от одной клетки ретины к мозгу. Можно полагать их проводами, ведущими от банка из трёх миллионов фотоэлементов (точнее - трёх миллионов ретрансляционных станций, собирающих информацию с большего количества фотоэлементов) на компьютер, который должен обрабатывать эту информацию в мозгу. Эти “провода” проходят по всей ретине, и собираются в одну связку, которая и является зрительным нервом этого глаза.

Любой инженер естественно решил бы, что фотоэлементы нужно располагать на стороне падающего света, а провода от них отводить с обратной стороны, обращённой к мозгу. Он посмеялся бы над предложением сделать наоборот - чтобы фотоэлементы располагались ниже слоя проводников, которые бы их заслоняли. Но именно так сделано в ретинах всех

позвоночных! Каждая светочувствительная клетка располагается глубине ретины, а выходящий из неё нерв идёт туда, откуда падает свет. Проводнику приходится путешествовать по поверхности ретины, к некоей точке, где он проникает через отверстие в ней (называемое "слепым пятном") чтобы присоединиться к зрительному нерву. Это означает, что свет, вместо того, чтобы свободно проходить к светочувствительным клеткам, должен продраться сквозь лес проводников, страдая от, по крайней мере какого-то ослабления и искажения (фактически искажения невелики, но, тем не менее, это в принципе нечто, что оскорбило бы любого аккуратного инженера!).

Я не знаю точного объяснения этого странного положения дел. Эволюция этой структуры проходила очень давно. Но я готов держать пари, что это связано с траекторией, тропой по реально-жизненному эквиваленту Страны Биоморф, которую нужно пересечь, чтобы направить ретину на правильный путь, начинающийся с какого-то древнего органа, предшествовавшего глазу. Вероятно, такая траектория есть, но чисто гипотетическая. Но будучи реализованной в настоящих телах промежуточных животных, доказала свою невыгодность – только лишь временно! но этого достаточно. Промежуточные звенья могли видеть даже хуже, чем их примитивные предки, но их не могло спасти утешение, что они строят лучшее зрение для своих отдалённых потомков! Эти вопросы являются вопросом выживания здесь и сейчас.

"Закон Долло" гласит, что эволюция необратима. Его часто путают с необозримой идеалистической чепухой насчёт неизбежности прогресса, часто вместе с невежественным бредом насчёт эволюции, "нарушающей Второй Закон Термодинамики" (люди, принадлежащие образованной половине общества, согласно романисту К. Р. Сноу, и знающие, что такое Второй Закон, поймут, что эволюция его нарушает не более, чем его нарушает рост младенца). Нет никаких причин полагать, что общие тенденции эволюции не могут быть реверсированы. Если некоторое время действует эволюционная тенденция к увеличению рогов, то легко может появиться в последующем тенденция к их уменьшению. Закон Долло - это только утверждение о статистической невозможности следования точно той же эволюционной траектории второй раз (точнее – любой конкретной траектории), в обоих направлениях. Единственный мутационный шаг может быть легко реверсирован. Но для большого числа мутационных шагов, даже в случае биоморфов с их девятью маленькими генами, математическое пространство всех возможных траекторий настолько обширно, что шанс двух траекторий когда-либо достигнуть той же самой точки становится исчезающе малым. И это даже более верно в отношении реальных животных с их значительно большими количеством генов. Нет ничего таинственного или мистического ни в Законе Долло, ни в том, что мы видим в природе. Это всего лишь вытекает из элементарных законов вероятности.

Из тех же самых рассуждений следует невероятность того, что в точности одна и та же эволюционная дорожка может быть пройдена дважды. И должно быть аналогично невероятно, по тем же самым статистическим причинам, что две линии эволюции сойдутся в точно той же самой конечной точке, начинаясь из различных отправных.

Ещё более доказывают мощь естественного отбора многочисленные примеры живой природы, когда независимые линии развития выглядят сходящимися (конвергентными) от очень различных отправных точек к тому, что выглядит очень похоже на одну и ту же конечную точку. Когда мы смотрим более внимательно, то видим - а если не видим, то подозреваем, что сходимость не тотальна. Различные линии развития выдают своё независимое происхождение многочисленными деталями. Например, глаза осьминога весьма подобны нашим, но проводники, идущие от светочувствительных клеток, не вынесены вперёд ретины, как сделано у нас. Осьминожьих глаза, в этом отношении, спроектированы более "разумно". Они достигли подобной конечной точки, исходя из очень отличной отправной. И этот факт выдают детали, вроде этой.

Такие поверхностно конвергентные подобию часто поразительны, и я посвящу остальную часть главы описаниям некоторым из них. Они являются собой наиболее внушительные демонстрации мощи естественного отбора, собирающего вместе хорошие проекты. Тем не менее, тот факт, что поверхностно подобные проекты всё же отличаются, свидетельствует об их

независимом эволюционном происхождении и истории. Основное объяснение этого состоит в том, что, если проект достаточно хорош, чтобы развиться однажды, то значит аналогичный принцип проекта достаточно хорош, чтобы развиться второй раз от другой отправной точки, в другой части животного мира. Ничто не иллюстрирует эту мысль лучше, чем пример, который мы использовали для нашей основной иллюстрации хорошего проекта – самой эхолокации. Большую часть того, что мы знаем об эхолокации, мы узнали у летучих мышей (и человеческих приборов), но она также используется у многих других неродственных групп животных. Эхолокацию практикуют по крайней мере две отдельные группы птиц, а дельфины и киты довели её до очень высокого совершенства. Кроме того, она была несомненно независимо "открыта" по крайней мере двумя различными группами летучих мышей. Птицы, которые её практикуют, это – Гуахаро из южной Америки, и Пещерные саланганы с Дальнего Востока, те самые, чьи гнёзда используются китайцами для приготовления знаменитого супа. Обе птицы гнездятся глубоко в пещерах, где света нет, или почти нет, и обе пролетают через темноту, используя эхо от своих вокальных щелчков. В обоих случаях звуки слышны людям, они не ультразвуковые, как у более специализированных щелчков летучих мышей. Ни одна из птиц не развила эхолокацию до такого совершенства, как летучие мыши. Их щелчки не частотно-модулированные, и при этом они не выглядят подходящими для измерения скорости с помощью Допплер-эффекта. Вероятно, что как и плодовая летучая мышь *Rousettus*, они измеряют только интервал между щелчком и его эхо.

В этом случае мы можем быть абсолютно уверены в том, что два вида птиц изобрели эхолокацию независимо от летучих мышей, и независимо друг от друга. Ход рассуждения здесь обычен для эволюционистов. Мы смотрим на все многие тысячи видов птиц, и отмечаем, что почти никто из них не использует эхолокации. Только два маленьких изолированных рода птиц используют её, и они не имеют ничего общего собой, за исключением того, что оба живут в пещерах и используют эхолокацию. Да мы полагаем, что все птицы и летучие мыши имеют общего предка (если проследить их линии достаточно далеко), и что этот общий предок был одновременно общим предком всех млекопитающих (включая нас самих) и всех птиц. Подавляющее большинство млекопитающих и птиц не используют эхолокацию, и крайне вероятно, этот предок также не использовал её (и при этом он не летал; полёт – еще один пример технологии, которая “изобреталась” неоднократно и независимо). Из этого следует, что технология эхолокации возникла независимо у летучих мышей и птиц – также, как она была независимо разработана британскими, американскими и немецкими учёными. Аналогичные рассуждения – в меньшем масштабе, приводят к заключению, что общий предок гуахаро и пещерного салангана также не использовал эхолокацию, и что эти два рода развили одну и ту же технологию независимо друг от друга. В классе млекопитающих, летучие мыши – не единственная группа, независимо развившая технологию эхолокации. Несколько различных видов млекопитающих, например землеройки, крысы и тюлени, кажется немного используют эхо, как и слепые люди, но единственные животные, способные конкурировать с летучими мышами в совершенстве эхолокации – китообразные. Китообразные подразделяются на две большие группы – зубастых и усатых китов. Обе группы, конечно являются млекопитающими, происходящими от живших на земле предков, и они, возможно, "изобрели" китовый образ жизни независимо друг от друга, и даже происходят от различных сухопутных форм. Зубастые киты включают кашалотов, касаток и различные разновидности дельфинов. Все они охотятся на относительно крупную добычу, такую, как рыба и кальмары, которых они хватают челюстями. Из зубастых китов только дельфины полностью освоили и развили совершенное эхолокационное оборудование в своих головах.

Дельфины испускают быстрые трели высокочастотных щелчков, как звуковые, так и ультразвуковые. Вероятно что "дыня" – вспученный купол в передней части головы дельфина, выглядящий (забавное совпадение!) похожим на причудливо вспученный купол радара самолёта “раннего предупреждения о нападении” Нимрод, имеет некоторое отношение к излучению звуковых сигналов вперёд, но в точности его работа непонятна. Как и у летучих мышей, у дельфинов есть относительно низкая "круизная частота" щелчков, повышающаяся до

высокоскоростного гудения (400 щелчков в секунду), когда животное близко к добыче. Даже "низкая" круизная частота довольно велика. Живущие в грязной воде речные дельфины вероятно наиболее квалифицированные эхолокаторы, но некоторые дельфины открытого моря тоже показали на испытаниях довольно хорошие результаты. Атлантический дельфин-бутылконос может различать круги, квадраты и треугольники (и аналогичные стандартизированные фигуры), используя только гидролокатор. Он может распознать, какая из целей ближе, когда разность расстояний всего 7 сантиметров с расстояния примерно 6 метров. Он также может обнаружить стальную сферу размером в половину размера мяча для гольфа на удалении 60 метров. Эти результаты не столь хороши, как зрение человека при хорошем свете, но вероятно лучше, чем зрение человека при свете луны. Есть интригующее предположение, что у дельфинов есть потенциальные возможности без особого труда передавать друг другу "мысленные картины". И всё, что им бы потребовалось для этого – это использовать свои многосторонние таланты имитаторов звуков, которыми они бы имитировали эхо от конкретного объекта. Так они могли передавать друг другу мысленные картины таких объектов. Нет свидетельств, что дельфины так и делают. Теоретически так же могли бы делать летучие мыши, но дельфины представляются более вероятными кандидатами, потому что они сами по себе более социальные. Вероятно, они к тому же "умнее", но не факт, что уместная характеристика. Инструментарий, который был бы необходим для коммуникации эхокартинами, не сложнее того, которым и летучие мыши, и дельфины уже располагают для эхолокации. И, казалось бы, имеется нетрудный, постепенный континуум между использованием голоса для производства эхо, и использованием его для подражания эхо.

Получается, что по крайней мере две группы летучих мышей, две группы птиц, зубастых китов, и вероятно, в меньшей степени - несколько других видов млекопитающих, независимо сошлись на технологии сонара в продолжении последней сотни миллионов лет. У нас нет способа узнать, использовали ли какие-то другие, ныне вымершие животные (может быть Птеродактиль?) – эту технологию независимо. Не найдено ни насекомых, ни рыб, которые бы использовали сонар, но есть две весьма различающиеся группы рыб, одна в Южной Америке, другая - в Африке, которые развили в чём-то подобную навигационную систему, и которая выглядит примерно столь же совершенной, и которая может быть связана с решением (но другим) той же самой проблемы. Это так называемые "слабоэлектрические рыбы".

"Слабоэлектрические" рыбы отличаются от сильноэлектрических тем, что последние используют электрическое поле не для навигации, а оглушения добычи. Кстати, техника оглушения тоже была независимо изобретена несколькими неродственными группами рыб, например "электрическими угрями" (которые не являются настоящими угрями, но их форма конвергентна с настоящими) и электрическими скатами.

Южноамериканские и африканские слабо-электрические рыба неродственны друг другу, но обе живут сходных водах своих континентов, водах, которые слишком мутны, чтобы зрение в них было эффективным. Используемая ими физическая сущность – электрические поля в воде - даже более чужда нашему сознанию, чем таковая у летучих мышей и дельфинов. У нас есть хотя бы какое-то субъективное восприятие эхо, но у нас нет почти никаких субъективных представлений о том, на что могло бы быть похоже восприятие электрического поля. Пару столетий назад мы даже не знали о существовании электричества. Как субъективные личности, мы не можем эмпатизировать электрической рыбе, но как физики, мы можем их понять. На обеденной тарелке легко увидеть, что мышцы с каждой стороны любой рыбы построены, как ряд сегментов в батарею мускульных элементов. У большинства рыб они сокращаются последовательно, изгибая тело волнами, продвигаящими его вперёд. У электрических рыб, как сильно, так и слабо электрических, они стали батареей в электрическом смысле. Каждый сегмент ("элемент") батареи вырабатывает напряжение. Эти элементы соединены последовательно по длине рыбы, и их напряжения суммируются так, что у сильноэлектрической рыбы (типа электрического угря) вся батарея вырабатывает импульс до 650 вольт при токе до 1 ампера. Батарея электрического угря достаточно мощна, чтобы оглушить человека. Слабо электрическая рыба не нуждается в высоких напряжениях и токах

для своих целей, которые состоят только в сборе информации.

Принцип электролокации (как это было названо) довольно хорошо понятен на уровне физики, хотя конечно не на субъективном уровне ощущений - попытки представить себя электрической рыбой. Следующие рассуждения равно применимы и к африканской, и к южноамериканской слабоэлектрической рыбе: конвергентность в этом отношении полная. Токи, текущие через воду из передней половины рыбы, изгибаются назад и возвращаются к хвосту. В действительности не существует никаких дискретных "линий", а есть непрерывное "поле", невидимый кокон электричества, окружающий тело рыбы. Однако человеку легче всего представлять это поле в понятиях пучка изогнутых линий, исходящих из рыбы через ряд эмиттеров, размещённых на передней половине тела, изгибающихся в воде, и входящих в рыбу в кончике её хвоста. У рыбы есть крошечные вольтметры, контролирующие напряжение в каждом эмиттере. Если рыба зависнет в свободной воде без рядом расположенных препятствий, и линии будут представлять собой плавные кривые. Все вольтметры в каждом эмиттере регистрируют напряжение как "нормальное" для этого эмиттера. Но если поблизости появляется некоторое препятствие, скажем, скала, или нечто съестное, тогда линии тока, проходящие через препятствие, изменятся. В результате изменится напряжение на каком-то эмиттере, чья линия тока затронута, и соответствующий вольтметр регистрирует этот факт. Так мог бы действовать теоретически и компьютер, сравнивая эталоны напряжений, зарегистрированных вольтметрами всех эмиттерах, вычислять схему препятствия около рыбы. Очевидно, что мозг рыбы это и делает. Опять же, это не означает, что рыба – умный математик. У них есть аппарат, решающий необходимые уравнения - также, как наш мозг подсознательно решает уравнения каждый раз, когда мы ловим шарик.

Очень важно, чтобы тело самой рыбы оставалось абсолютно негибким. Компьютер в голове рыбы не смог бы справиться с дополнительными искажениями, которые последуют, если тело рыбы будет изгибаться и скручиваться подобно телу обычной рыбы. Электрические рыбы, по крайней мере дважды, независимо натолкнулись на этот изобретательный метод навигации, но они должны были за него заплатить: они должны были отказаться от нормального, высокоэффективного метода плавания, метода изгиба всего тела змееподобным образом. Они решили проблему, поддерживая тело негнушимся, как кочерга, но у них есть один длинный плавник по всей длине тела. Тогда вместо волнообразного изгиба всего тела, они изгибают только длинный плавник. Продвижение рыбы получается довольно медленным, но она двигается, и очевидно, что принесение в жертву быстрого движения стоит этого: прибыль в лучшей навигации, кажется перевешивает издержки от снижения скорости плавания. Замечательно, что южноамериканская электрическая рыба натолкнулась на почти такое же решение, как и африканская, но не совсем. Различие красноречиво. У обеих групп развился единый длинный плавник, проходящий по всей длине тела, но у африканской рыбы он проходит по спине, а у южноамериканской - по животу. Как мы видели, подобное различие в деталях очень характерно для конвергентной эволюции. Конечно, это столь же характерно и для конвергентных проектов людей-инженеров.

Хотя большинство слабоэлектрических рыб, как африканской, так и в южноамериканской группе, производит электрические разряды дискретными импульсами и называются "импульсными" видами, меньшинство – в обеих группах, производит их иначе, называется они "волновыми" видами. Я не буду углубляться в это различие далее. Для нашей главы интересно то, что раскол на импульсные и волновые виды появился дважды, независимо, в несвязанных между собой группах Старого и Нового света.

Один из наиболее причудливых из известных мне примеров конвергентной эволюции – это так называемые периодические цикады. Перед рассказом о конвергентности, мне нужно изложить немного сопутствующей информации. У многих насекомых имеется довольно жёсткое разделение между стадией кормящейся личинки, в которой они проводят большую часть своей жизни, и относительно краткой стадии репродуктивного взрослого насекомого. Например, подёнки проводят большую часть жизни в воде - как кормящиеся личинки, затем выходят на воздух на один-единственный день, из которого состоит вся их взрослая жизнь. Мы

можем уподобить взрослое насекомое невесомому крылатому семени растения, например – платана, а личинку - аналогичной главному растению, однако разница в том, что платаны производят много семян, и распространяют их в течение многих лет, в то время как личинка подёнки порождает только одно взрослое насекомое в конце своей личиночной жизни. Так вот, периодические цикады довели подёночную практику до крайности. Взрослые особи живут несколько недель, но стадия "личинки" (точнее, скорее "нимфы") продолжается у них 13 лет (у одних разновидностей) или 17 лет (у других разновидностей). Все взрослые особи выходят почти точно в один и тот же момент, проведя 13 (или 17) лет в уединении в подземелье. Нашествия цикад, которые происходят в конкретной местности один раз в точно 13 (или 17) лет, являет собой впечатляющую вспышку, что привело к тому, что их стали неправильно называть "саранчой" в народной американской речи. Разновидности эти известны как, соответственно, как 13-летние, и 17-летние цикады.

И вот действительно замечательный факт. Оказалось, 13-летняя и 17-летняя разновидность не являются двумя видами! Их три вида, и каждый из них имеет и 17-летнюю и 13-летнюю разновидность, или расу. Разделение на 13-летнюю и 17-летнюю расу было достигнуто независимо, и не менее, чем три раза. Похоже на то, что промежуточные периоды 14, 15 и 16 лет избежали конвергенции, и не менее трёх раз. Почему – мы не знаем. Единственное предложение, которое придёт в голову любому – что 13 и 17 являются простыми числами, а 14, 15 и 16 – нет. Простое число – это такое число, которое не делится нацело ни на одно из других чисел. Идея состоит в том, что раса животных, которая регулярно взрывается нашествиями, заставляет её специализированных хищников или паразитов поочередно то "тонуть в изобилии", то голодать. И если эти нашествия тщательно рассчитаны так, чтобы происходить раз в простое число лет, то врагам становится намного труднее синхронизировать с ними свои жизненные циклы. Если бы цикады выходили каждые 14 лет, то они могли бы эксплуатироваться видом паразита с 7-летним жизненным циклом. Это довольно странная идея, но не более странная, чем само явление. Мы и вправду не знаем, что особенного в 13 и 17 годах. Для наших задач важно, что в этих числах что-то особенное должно быть, потому что три различных вида цикад независимо сошлись на них.

Крупномасштабные примеры конвергенции обнаруживаются тогда, когда два (или больше) континента изолированы друг от друга в длительное время, и параллельные "профессии" избраны неродственными животными на каждом из них. Под "профессиями" я понимаю способы зарабатывания на жизнь, такие, как проделывание нор у червей, постройка жилищ у муравьев, охота на больших травоядных, поедание листьев деревьев. Хороший пример – конвергентная эволюция целого диапазона профессий млекопитающих на разделённых континентах Южной Америки, Австралии, и Старого света.

Эти континенты не всегда были разделены. Поскольку наши жизни измеряются в десятилетиях, и даже жизни наших цивилизаций и династии измеряются только столетиями, мы привыкли воспринимать карту мира и расположение континентов как нечто незыблемое. Теория дрейфа континентов была уже давно предложена немецким геофизиком Альфредом Вегенером, но большинство людей смеялось над ним примерно до второй мировой войны и даже позже. Все соглашались с фактом, что Южная Америка и Африка выглядят похожими на распиленные лобзиком кусочки одной пластинки, но это считалось только забавным совпадением. В результате одной из самых решительных и радикальных научных революций, прежде спорная теория "континентального дрейфа" теперь стала общепринятой под названием "тектоники плит". Доказательства того, что континенты дрейфовали, и что, например, Южная Америка действительно откололась от Африки, теперь приходят буквально отовсюду, но наша книга - не о геологии, поэтому я не буду углубляться в них. Для нас важным является то, что временная шкала дрейфа континентов аналогична временной шкале эволюционных линий животных, и поэтому мы не можем игнорировать континентальный дрейф, если мы хотим понять примеры эволюции животных на этих континентах.

Вплоть до примерно ста миллионов лет назад Южная Америка была соединена с Африкой на востоке, а с Антарктикой на юге. Антарктика была соединена с Австралией, а Индия была

присоединена к Африке через Мадагаскар. То был фактически один огромный южный континент, которым мы теперь называем Гондваной, и он состоял из нынешних Южной Америки, Африки, Мадагаскара, Индии, Антарктики и Австралии, соединённых воедино. Существовал также единый большой северный континент под названием Лавразия, состоявший из нынешних Северной Америки, Гренландии, Европы и Азии (кроме Индии). Северная Америка не была связана с Южной. Примерно 100 миллионов лет назад на Земле произошёл большой раскол континентов, которые медленно переместились в их нынешнее положение. Конечно, они продолжают двигаться и сейчас, и будут продолжать двигаться и далее. Африка присоединилась к Азии через Аравию и стала частью огромного континента, который мы теперь называем Старый Свет. Северная Америка отдрейфовала от Европы, Антарктика отдрейфовала к югу в нынешнее заледеневшее местоположение. Индия отделилась из Африки и пересекла то, что теперь называется Индийским Океаном. В конечном счете, она врезалась в юг Азии и подняла Гималаи. Австралия отдрейфовала далеко от Антарктики в открытое море, чтобы стать островным континентом, отделённым ото всех.

Так случилось, что распад большого южного континента Гондваны начался в эру динозавров. Когда откололись Южная Америка и Австралия, и начали своё длительное существование в изоляции от остального мира, на каждой из них был собственный груз динозавров, и также менее впечатляющих животных, которым предстояло стать предками современных млекопитающих. Затем, много позже, произошло вымирание динозавров (за исключением одной их группы, ныне известной как птицы), причины которого непонятны, и являются предметом больших и выгодных спекуляций. Важно, что вымерли они во всём мире. В результате создался вакуум в "профессиональных нишах" открытый для заполнения другими животными Земли. В течение нескольких миллионов лет эволюции этот вакуум был заполнен главным образом, млекопитающими. Для нас здесь интересно то, что было три независимых "вакуума", и все три были независимо заполнены млекопитающими в Австралии, Южной Америке и Старом Свете.

Примитивные млекопитающие, которые оказались в этих трёх зонах - в момент, когда динозавры более или менее одновременно освободили большие "профессиональные ниши жизни", были все довольно мелкими и невзрачными, вероятно ночными, до этого они затмевались и подавлялись динозаврами. Теперь они могли эволюционировать в каждой из трёх областей - в радикально различных направлениях. До какой-то степени так и случилось. В Старом Свете нет ничего, что бы напоминало гигантского ленивца Южной Америки, ныне, увы, вымершего. Широкий спектр южноамериканских млекопитающих включал исчезнувшую гигантскую морскую свинку, размером с современного носорога, но грызуна (я должен уточнить "современного" носорога, потому что в фауне Старого Света имелся гигантский носорог размером с двухэтажный дом). Но хотя на каждом из отдельных континентов появились свои уникальные млекопитающие, общая схема эволюции на всех континентах была той же самой. Млекопитающие всех трёх континентов, которым случилось оказаться там в момент вымирания динозавров, бурно эволюционировали, и породили специалистов в каждой из "профессий", которые во многих случаях привели к знаменательно подобным специалистам на других двух. Каждая профессия, будь то рытьё нор, профессия крупного охотника, профессия равнинного травоядного, и так далее, были предметом независимой конвергентной эволюции на двух или трёх отдельных континентах. В дополнение к этим трём главным центрам независимой эволюции, были меньшие острова, типа Мадагаскара, у которых имеются свои интересные параллельные истории, в которые я не буду вдаваться.

Если не рассматривать странных яйцекладущих млекопитающих Австралии - Утконоса и колючую Ехидну, то все современные млекопитающие относятся к одной из двух больших групп. Это сумчатые (детёныши которых рождаются очень маленькими и растут в сумке), и плацентарные (все остальные, включая нас). Сумчатые доминировали в истории Австралии, плацентарные – в Старом Свете; в Южной Америке обе группы играли примерно равнозначные роли. Южноамериканская история осложнена тем, что она была подвержена спорадическим волнам вторжений млекопитающих из Северной Америки.

Обрисовав сцену, мы теперь можем непосредственно рассмотреть некоторые “профессии” и конвергенции. Важная “профессия” нацелена на эксплуатацию больших полей, известных в разных местах как прерии, пампасы, саванна, и т.д. Занятые в этой сфере виды включают лошадиных (главный африканский вид которых называется зеброй, а пустынные модификации называются ослами), и рогатым скотом, вроде североамериканского бизона, ныне находящегося на грани исчезновения. У травоядных как правило очень длинный кишечник, содержащие различные виды ферментопродуцирующих бактерий, так как трава – корм грубый, нуждается в длительном переваривании. Как правило, они едят практически непрерывно. Огромные потоки растительного материала текут сквозь них подобно реке весь день. Эти животные часто очень крупные, и часто передвигаются большими стадами. Каждый из этих крупных травоядных – гора ценной еды для любого хищника, который сможет её использовать. Вследствие чего, как мы увидим, существует целая индустрия, занимающаяся трудной задачей ловли и убийства их. Это хищники. Когда я говорю “профессия”, я фактически имею в виду множества “под-профессий: львы, леопарды, гепарды, дикие собаки и гиены охотятся своим особым способом. Аналогичные “подпрофессии” имеются как и у травоядных, так и во всех других “отраслях”.

У травоядных чуткие органы чувств, которые постоянно и бдительно следят за хищниками, также они обычно способны к очень быстрому бегу, чтобы от них убежать. Для этой цели они часто обладают длинными, веретенообразными ногами; как правило, они бегут на кончиках пальцев ног, которые особенно удлинились и усилились в ходе эволюции. Ногти на кончиках этих специализированных пальцев ног стали большими и твёрдыми; мы называем их копытами. У рогатого скота имеются два увеличенных пальца на кончиках каждой ноги: пресловутые “раздвоенные” копыта. У лошадей – всё почти то же самое, исключением того, что, вероятно по исторической случайности, они бегут только на только одном пальце ноги вместо двух. Он развился из того, что первоначально было средним из этих пяти пальцев. Другие пальцы ног почти полностью исчезли в ходе эволюции, хотя иногда вновь появляются в странных “атавизмах”.

Как мы видели, Южная Америка была изолирована в то время, когда в других частях мира развивались лошадиные и рогатый скот. Но в Южной Америке есть большие поля, и это вызвало развитие своих отдельных групп крупных травоядных, эксплуатирующих этот ресурс. Имелись массивные носорогоподобные Левиафаны, которые никак не были связаны настоящими носорогами. Черепа некоторых ранних южноамериканских травоядных свидетельствуют, что они “изобрели” хобот независимо от настоящих слонов. Некоторые походили на верблюдов, некоторые не напоминали ничего на современной Земле, или походили на сверхъестественных химер из современных животных. Группа Литоптернов почти до невероятности подобна лошадям в части конечностей, будучи, тем не менее, совершенно им неродственна. Это поверхностное подобие сбилось с толку аргентинского эксперта 19-го века, полагавшего, с извинительной национальной гордостью, что это были прародители всех лошадей во всём мире. Фактически их подобие лошадям было поверхностным и конвергентным. Жизнь в поле почти одинакова во всём мире – и лошади, и литоптерны развили те же самые особенности независимо, чтобы ответить на проблемы жизни в поле. В частности литоптерны, как и лошади, потеряли все пальцы ног, кроме среднего, который увеличился, стал основанием ноги, и развивал копыто. Нога литоптерна почти неразличима от ноги лошади, однако эти два вида животных родственны очень отдалённо.

В Австралии большие травоядные и листоядные животные – это очень разнообразные кенгуру. Кенгуру обладают такой же потребностью в быстром передвижении, но реализовали её по другому. Вместо развития четырёхопорного галопирования, высокого совершенства которого достигли лошади, (и возможно, литоптерны), кенгуру достигли совершенства в другом аллюре: двухопорные прыжки с большим балансирующим хвостом. Мало смысла обсуждать, какой из двух аллюров “лучше”. Оба они высокоэффективны, если тело развивается так, чтобы использовать его возможности полностью. Лошади и литоптерны начали использовать четырёхопорное галопирование, и поэтому пришли к почти идентичным ногам.

Кенгуру начали использовать двухопорные прыжки, и так пришли к своим уникально (по крайней мере - после динозавров) массивным задним ногам и хвосту. Кенгуру и лошадиные достигли различных точек в "живом гиперпространстве", из-за небольшого, вероятно случайного различия их отправных точек.

Обратившись теперь едокам мяса, от которых убегали большие пасущиеся животные, мы увидим даже более завораживающие конвергенции. В Старом Свете мы знакомы с такими крупными охотниками, как волки, собаки, гиены, и крупными кошачьими - львами, тиграми, леопардами и гепардами. Лишь недавно вымерла большая кошка – саблезубый тигр, названный так за его колоссальные собачьи зубы, которые свисали вниз с передней части верхней челюсти, что, должно быть, придавало его зевку ужасающий вид. До сравнительно недавнего времени не было никаких истинных кошачьих или псовых в Австралии или Новом Свете (пумы и ягуары недавно эволюционировали из кошачьих Старого Света). Но на обоих континентах имелись их сумчатые эквиваленты. В Австралии это сумчатый волк (часто называемый Тасманийским волком, потому что он продержался в Тасмании немного дольше, чем в материковой Австралии). Он был трагически истреблен уже на глазах цивилизации - вырезан в огромных количествах как "вредитель", а также ради "спортивного интереса" людьми. Есть небольшая надежда, что он может быть всё ещё выжил в отдалённых уголках Тасмании, в областях, которые сами теперь находятся под угрозой разрушения в интересах обеспечения "занятости" населения. Его не нужно путать с Динго, кстати, настоящим псовым видом, завезённым в Австралию раньше австралийскими аборигенами. Кинофильм, заснявший в 1930-ых годах последнего известного тасманийского волка, показывает странно собакоподобное животное, беспокойно ходящее по своей одиночной клетке зоопарка, его сумчатость выдаёт только слегка несобачья манера держать таз и задние ноги, возможно из-за наличия сумки. Любый любитель собак, рассматривая этот альтернативный вариант проекта собаки, этого эволюционного путешественника по параллельной дороге, отделённой от нас 100 миллионами лет, эту частично знакомую, и всё же частично крайне чуждую нам собаку из другого мира, был бы взволнован. Возможно, они вредили людям, но люди намного больше навредили им; теперь не осталось ни одного тасманийского волка, людям же это не принесло никакой значительной пользы.

В Южной Америке также не было никаких настоящих псовых или кошачьих – по крайней мере в течение обсуждаемого нами длительного периода изоляции, но как и в Австралии имелись их сумчатые эквиваленты. Вероятно, самым впечатляющим был *Thylacosmilus*, который выглядел в точности как недавно вымерший саблезубый тигр Старого Света, только больше – если вы конечно мысленно видите то, что я имею в виду. Его зевок был даже шире, а кинжалообразные клыки придавали ему, как я представляю, даже более ужасающий вид. Написание его названия отражает поверхностное сходство с саблезубым тигром (*Smilodon*) и тасманийским волком (*Thylacinus*), но по своему происхождению он очень далёк от обоих. Он чуть ближе к тасманийскому волку, так как оба они - сумчатые, но оба они развили свои большие проекты плотоядных животных независимо на различных континентах; независимо и друг от друга, и от плацентарных плотоядных, настоящих кошачьих и псовых Старого Света.

Австралия, Южная Америка и Старый Свет могут предложить дальнейшие многочисленные примеры многократной конвергентной эволюции. В Австралии водится сумчатый "крот", внешне почти неотличимый от знакомых нам кротов других континентов, но он сумчатый. Ведя тот же образ жизни, что и кроты других континентов, он также как и они чрезвычайно усилил передние роющие конечности. Также в Австралии есть сумчатая мышь, хотя в этом случае подобие не столь близко, образ жизни тоже не совсем совпадает. Поедание муравьёв (где под "муравьями" для удобства понимаются также и термиты – как мы увидим - другая конвергенция) - "экономическая ниша", которая заполнена разнообразными конвергентными млекопитающими. Их можно подразделить на муравьедов роющих, муравьедов, лазающих по деревьям, и муравьедов бродящих по земле. В Австралии, как и следовало ожидать, имеется сумчатый муравьед, называемый *Murgomys*. У него длинная вытянутая морда, удобная для втыкания в муравьиные гнёзда, и длинный липкий язык которым он соскребаёт свою добычу.

Это муравьед, живущий на земле. В Австралии также есть роющий муравьед, ехидна. Он не сумчатый, а представитель группы яйцекладущих млекопитающих (однопроходных), столь далёкий от нас, что сумчатые выглядят нашими близкими кузенами по сравнению с ним. У ехидны также длинная заострённая морда, но её иглы придают ей поверхностное сходство скорее с ежом чем с другим типичным муравьедом.

Южная Америка могла бы, вместе с сумчатым саблезубым тигром, легко породить и сумчатого муравьеда, но как это бывает, профессия муравьеда уже была ранее занята плацентарными млекопитающими. Самый большой из сегодняшних муравьедов - *Mutisornaga* (что по гречески и означает "муравьед"), крупный, бродящий по земле муравьед южной Америки, и вероятно самый совершенный специалист по поеданию муравьёв в мире. Как и у Австралийского сумчатого муравьеда, у *Mutisornaga*, длинная и заострённая морда – в этом случае длинная и острая чрезвычайно, и чрезвычайно длинный и липкий язык. В Южной Америке есть также маленький лазающий по деревьям муравьед – близкий кузен *Mutisornaga*, напоминающий миниатюрную и менее экстремальную версию его, и третья, промежуточная форма их. Будучи хотя и плацентарными млекопитающими, эти муравьеды очень далеки от любого плацентарного Старого Света. Они принадлежат уникальному южноамериканскому семейству, в которое также входят броненосцы и ленивцы. Это древнее плацентарное семейство сосуществовало с сумчатыми с ранних дней изоляции континента.

Муравьеды Старого Света включают различные разновидности панголин в Африке и Азии, от лазающих по деревьям, до роющих, все они выглядят на еловые шишки с заострёнными мордами. Ещё в Африке есть странный муравьедомедведь, частично специализированный для рытья. У всех муравьедов, будь то сумчатых, однопроходных или плацентарных, есть одна особенность - чрезвычайно низкая интенсивность обмена веществ. Интенсивность метаболизма – это показатель скорости "сгорания" реагентов, который легче всего измерить как температуру тела. У всех млекопитающих есть зависимость интенсивности метаболизма от размеров тела. У мелких животных метаболизм в среднем более интенсивен – ну примерно как двигатели у маленьких автомобилей обычно вращаются быстрее, чем у больших. Но у некоторых животных метаболизм ускорен в сравнении со средним для их размеров, а у муравьедов - любого происхождения и особенностей, он обычно очень низок для их размера. Почему – не очевидно, но просто поразительно совпадает у животных, которых ничто иное не объединяет, кроме гастрономических пристрастий, и эта особенность почти наверняка так или иначе связано с этими пристрастиями.

Как мы уже упоминали, "муравьи" которых едят муравьеды - часто не настоящие муравьи, а термиты. Термитов часто называют "белыми муравьями", но они более близкие родственники тараканам, чем настоящим муравьям, которые в свою очередь – родня пчёлам и осам. Термиты похожи на муравьёв лишь поверхностно, потому что конвергентно выработали те же самые привычки. Точнее - тот же самый диапазон привычек, потому что у муравьёв и термитов очень много разных дел, большей части которых и те, и другие научились независимо. И как это часто бывает с конвергентной эволюцией, различия красноречивы столь же, сколь и подобия.

Как и муравьи, термиты живут большими колониями, состоящими главным образом из бесплодных бескрылых рабочих, посвящающих свою жизнь эффективному воспроизводству крылатой репродуктивной касты, которая разлетается для основания новых колоний. Интересное различие: у муравьёв рабочие – это бесплодные самки, а у термитов это и самки и самцы, тоже бесплодные. В колониях и муравьёв, и термитов есть одна (или иногда несколько) увеличенная "царица", иногда (и у тех, и у других) увеличенная гротескно. И у муравьёв, и у термитов рабочие могут включать в себя специализированные касты, типа солдат. Иногда они – такие специализированные боевые машины, особенно в части своих огромных жвал (у муравьёв; у термитов же - "орудийные башни" для химической войны), что они неспособны самостоятельно питаться, и их кормят рабочие не-солдаты. Конкретные виды муравьёв параллельны конкретным видам термитов. Например, привычка к разведению грибов возникла независимо у муравьёв (в Новом Свете) и у термитов (в Африке). Муравьи (или термиты) добывают растительный фураж, который сами не переваривают, а превращают в компост, на

котором они выращивают грибы. Вот эти грибы они и едят. Эти грибы, в обоих случаях, не растут нигде, кроме как в гнёздах муравьёв, или, соответственно, термитов. Навыки грибоводства изобретены независимо и конвергентно (более чем однажды) несколькими видами жуков.

Есть также интересные конвергенции у самих муравьёв. Хотя большая часть муравьёв живут размеренной жизнью в неподвижном гнезде, но ведь можно успешно жить огромными блуждающими армиями разбойников. Это называется повадками легионеров. Очевидно, что все муравьи выходят с целью сбора фуража, но у большинства видов они возвращается к неподвижному гнезду с добычей, а царица и молодняк остаются в гнезде. Ключевая особенность муравьёв-легионеров в том, что их армии берут молодняк и царицу с собой. Яйца и личинок рабочие несут в жвалах. В Африке повадки легионеров выработали так называемые муравьи-погонщики. В центральной и южной Америке параллельные им "бродячие муравьи" очень похожи на муравьёв-погонщиков в привычках и внешне. Они не являются близкими родственниками. Конечно, они развили "армейские" навыки независимо и конвергентно.

Колонии, и у муравьёв-погонщиков и у бродячих муравьёв исключительно велики, до миллиона у бродячих, и примерно до 20 миллионов у погонщиков. У обоих наблюдаются кочевые фазы жизни, чередующиеся с фазами покоя, сравнительно стабильными стоянками лагерем, или "биваком". И бродячие муравьи, и муравьи-погонщики, или скорее - их колонии, понимаемые как совокупность амёбоподобных единиц, - это ужасные и безжалостные хищники своих джунглей. И те, и другие, разрывают на кусочки всё живое на своём пути, и оба вызывают мистический ужас в своих краях. Сельские жители в некоторых местах Южной Америки при приближении большой армии муравьёв традиционно предпочитают освободить свои деревни, закрыв и спрятав запасы, и возвращаться, когда эти легионы пройдут, вычистив каждого таракана, паука и скорпиона, даже из соломенных крыш. В детстве я жил в Африке, и помню, что больше боялся муравьёв-погонщиков, чем львов или крокодилов. Есть смысл осознать эту мрачную репутацию в свете слов Эдварда О. Уилсона - не только автора "Социобиологии", но и общепризнанного мирового авторитета, знатока муравьёв:

Отвечая на единственный, часто задаваемый мне вопрос насчёт муравьёв, я могу ответить вот что: Нет, муравьи-погонщики в действительности - не кошмар джунглей. Хотя колония муравьёв-погонщиков – это "животное", весящее более 20 кг и обладающее 20 миллионами ртов и жал, и конечно – крупнейшее создание мира насекомых, она, тем не менее, не соответствует жутким рассказам про них. В конце концов, стая может покрыть только около метра земли каждые три минуты. Любая сообразительная кустарниковая мышь, не говоря уж о человеке или слоне, может отшагнуть в сторону, и не спеша созерцать безумие мелюзги, объекта, менее грозного, чем странного и удивительного, кульминацию эволюционной истории, настолько же отличной от таковой у млекопитающих, насколько это только возможно осознать в этом мире.

В Панаме, будучи уже взрослым человеком, я отшагнул в сторону, и созерцал южноамериканский аналог муравьёв-погонщиков, которых я так боялся ребёнком в Африке. Они текли мимо меня потрескивающей рекой, и я могу подтвердить, что это странное и удивительное зрелище. Легионы шли потоком, час за часом, тельце к тельцу – а я стоял и ждал царицу. Наконец, она подошла, и её присутствие было устрашающим. Её тело увидеть было невозможно. Она появилась лишь какдвигающаяся волна суетящихся рабочих, кипящий пульсирующий шарик муравьёв со сцепленными лапками. Она была где-то в середине этого кипящего шарика рабочих, и всё это окружали мощные шеренги солдат, угрожающе выставившие наружу раскрытые жвалы, готовые убивать и умирать, защищая царицу. Простите мне моё любопытное желание увидеть её: я протыкал шарик рабочих длинной палкой, в тщетных попытках открыть царицу. Сразу же 20 солдат вонзили свои массивные мускулистые жвалы в палку, возможно уже насовсем, а несколько дюжин побежали по палке, вынуждая меня быстро её отпустить.

Я так и не взглянул на царицу, но где-то внутри этого кипящего шарика она была, центральный банк данных, хранилище главной ДНК всей колонии. Эти бдительные солдаты были готовы умереть за царицу не потому, что они любили свою мать, и не потому, что они

помешались на идеалах патриотизма, но просто потому, что их мозг, и их жвалы были построены генами, скопированными с главной матрицы, которую они несут в самой царице. Они вели себя как храбрые солдаты, потому что унаследовали гены длинной линии предшествующих цариц, гены которых были спасены столь же храбрыми солдатами, как и эти. Мои солдаты унаследовали те же самые гены от этой царицы, также, как те прошлые солдаты наследовали от своих прошлых цариц. Мои солдаты охраняли главные копии тех инструкций, которые заставили их нести охрану. Они охраняли мудрость своих предков, Заветный Ковчег. Эти странные слова будут разъяснены в следующей главе.

Тогда я ощущал изумление и удивление, смешанные с воспоминаниями полузабытых страхов, но изменённые и расширенные зрелым пониманием, которых мне не хватало в Африке в детские годы, пониманием того, для чего вся эта деятельность. Расширенным к тому же знанием того, что эта история легионов достигала той же самой эволюционной кульминации не один раз, а дважды. Это не были муравьи-погонщики моих детских страхов, однако, они могли быть их отдалённым подобием, кузенами Нового Света. Они делали то же самое, что и муравьи-погонщики, и с теми же самыми целями. Стемнело, и я пошёл домой, вновь преисполненный детским благоговением, но с радостью нового понимания, которое вытеснило мрачные африканские страхи.

Глава 5

Власть над прошлым и будущим

За окном идёт дождь. Дождь из ДНК. На берегу Оксфордского канала, в дальнем углу моего сада, растёт большая ива, пылящая пушистыми семенами. Воздух тих, и семена медленно отплывают от дерева во все стороны. И вверх, и вниз по каналу, насколько можно видеть в мой бинокль, вода бела от плавающих пушистых хлопьев; можно не сомневаться, что они и землю они покрывают во все стороны также далеко. Хлопья состоят главным образом из целлюлозы - она тормозит падение крошечной капсулы, содержащей генетическую информацию в молекуле ДНК. Вообще-то ДНК в этих хлопьях очень мало, но почему я сказал, что идёт дождь ДНК, а не целлюлозы? А потому, что ДНК – это самое главное в них. Целлюлозного пуха в хлопьях хоть и много, но это лишь парашют, который будет просто выброшен. Вся деятельность по производству пуха, серёжек, самого дерева, и проч., затевается ради одного - распространения ДНК в окружающем ландшафте. Но не ДНК вообще, а только той, чьи закодированные знаки разъясняют специфические инструкции для постройки таких же ивовых деревьев, которые далее будут пылить новым поколением пушистых семян. Эти пушистые комочки в буквальном смысле слова распространяют инструкции по созданию самих себя. Они существуют потому, что их предки преуспели в той же самой деятельности. Идёт дождь инструкций, дождь программ, дождь алгоритмов роста деревьев, распространяющих пух. Это не метафора, это так и есть. Для наглядности представьте себе, что идёт дождь дискет.

Это просто и правильно, но долго не понималось. Если бы ещё недавно вы спросили почти любого биолога про то, что такого особенного в живой материи, что её отличает от неживых предметов, то он рассказал бы вам про специфическую сущность, называемую протоплазмой. Протоплазма полагалась особым видом материи; она живая, вибрирующая, трепещущая, пульсирующая, "раздражимая" (так школьные учительницы любят обозначать способность реагировать). Если бы вы взяли живое тело и разрезали бы его на всё меньшие частицы, то вы в конечном счёте дошли бы до крупинок чистой протоплазмы. В прошлом столетии, реальный прототип персонажа Артура Конан-Дойла, профессор Челенджер полагал, что "глобигериновый ил" на дне моря – чистая протоплазма. Когда учился в школе, то авторы старых учебников всё ещё писали о протоплазме, хотя в то время они уже могли знать предмет лучше. Сейчас вы никогда не услышите и не увидите это слово. Оно так же мертво, как флогистон и мировой эфир. В том веществе, из которого сделаны живые существа, нет ничего особенного. Живые существа – это конгломераты молекул - таких же, как и все остальные молекулы. Особенность

тут только в том, что эти молекулы собраны в намного более сложные структуры, чем у неживых предметов, и эта сборка сделана в соответствии с длинными программами, наборами инструкций по развитию, которые организмы содержат в себе. Возможно, они вибрируют, трепещут, пульсируют, “раздражаются”, и сияют "живой" теплотой, но все эти свойства для них вторичны. Коренная сущность каждого живого существа - не пламя, не тёплое дыхание, и не "искра жизни". Но информация, слова, инструкции. Если вы любите метафоры, то не представляйте себе огни, искры, и дыхание, а представляйте себе миллиарды чётких кодовых знаков, высеченных на гранях кристалла. Если вы хотите понять сущность жизни, не размышляйте о вибрирующих и трепещущих студнях и илах, а размышляйте об информационных технологиях. Именно на это я намекал в предыдущей главе, называя царицу муравьёв центральным банком данных.

Главное, что нужно для работы информационной технологии – это некоторый носитель данных с большим количеством ячеек памяти. Каждая ячейка должна быть способна пребывать в одном из нескольких дискретных состояний. Этому требованию, так или иначе, удовлетворяет цифровая информационная технология, доминирующая в современном техническом мире. Существует информационная технология альтернативного рода, основанная на аналоговой информации. Информация на обычной грампластинке аналоговая, и хранится она в виде изгибов длинной канавки. Информация на современном лазерном диске (часто называемом, к сожалению, "компакт-диск" – мало того, что это название неинформативно, и к тому же обычно неправильно произносится с ударением на первом слове) – цифровая, которая сохраняется в виде ряда крошечных углублений, каждые из которых или существует, или нет, и никаких полусуществований не предусмотрено. Это симптоматическая особенность цифровой системы: её базовые элементы находятся либо в одном однозначном состоянии, либо в другом – столь же однозначном, без половинчатых и промежуточных значений, без компромиссов.

Генетическая информационная технология является цифровой. Этот обнаружил Грегор Мендель в 19-м столетии, хотя он и не говорил таких слов. Мендель показал, что родительские наследственные признаки не смешиваются в нас подобно краскам разного цвета. Мы получаем наши наследственные признаки в виде дискретных частиц. Если такая частица в нас есть, то мы наследуем соответствующий признак; если нет – то не наследуем. Как остроумно отметил Р. А. Фишер, один из отцов-основателей того, что теперь называется нео-дарвинизмом: "Проявление несмешивающегося наследования всегда у нас перед глазами, когда мы смотрим на существ разного пола. Мы наследуем что-то от мужчины, что-то от женщины, но сами при этом являемся либо мужчиной, либо женщиной, а не гермафродитом". У каждого младенца есть примерно равные шансы унаследовать мужской или женский пол, но он унаследует только один из них, а не их смесь. Мы теперь знаем, что то же самое справедливо для всех наших единиц наследования. Они не смешиваются, оставаясь дискретными и отдельными, как бы они ни тасовались и перетасовывались в своём путешествии по поколениям. Конечно, внешние результаты наследования этих дискретных частиц часто очень сильно похожи на эффекты смешивания. Если высокий человек совокупляется с низким, или чёрным – с белым, то их потомство часто бывает чем-то средним. Но смешивание относится только к телесным эффектам, и возникает из-за суммирования маленьких эффектов большого количества частиц. Сами частицы, переходя в следующее поколение, остаются теми же самыми дискретными единицами.

Различие между смешивающейся и несмешивающейся наследственностью было очень важным в истории эволюционных идей. Во времена Дарвина, все, кроме укрывшегося в монастыре Менделя, который, к сожалению, игнорировался до самой смерти, полагали наследование смешивающимся. Шотландский инженер Флеминг Дженкин заметил, что факт (как он полагал) смешивающейся наследственности почти исключает естественный отбор как правдоподобную эволюционную теорию. Эрнст Майр весьма недоброжелательно отмечает, что статья Дженкина "исходит из всех обычных предубеждений и недоразумений учёных-физиков. Однако Дарвин был глубоко обеспокоен аргументацией Дженкина. Наиболее

красочно эта аргументация отражена в притче про белого человека, потерпевшего кораблекрушение на острове, населённом "неграми":

Давайте предоставим ему все, какие только можно, преимущества над аборигенами; допустим, что в борьбе за существование его шансы на долгую жизнь будут намного выше таковых у местных вождей, тем не менее, из этих условий ещё не следует, что после смены ограниченного или неограниченного количества поколений, жители острова будут белыми. Наш герой вероятно стал бы королём; он убил бы очень многих чернокожих в борьбе за существование; он имел бы очень много жён и детей, а многие из его подданных прожили бы бездетную жизнь холостяка ... наш белый конечно бы очень хорошо сохранился в старости, и всё же – этого не будет достаточно, чтобы за сколько-то поколений его потомки превратились бы в белых ... В первом поколении появятся несколько дюжин интеллектуальных молодых мулатов, намного превосходящих негров своим средним интеллектом. Мы могли бы предполагать, что несколько поколений их трон будет занимать более или менее жёлтый король; но можно ли полагать, что весь остров постепенно станет заселять белая или даже жёлтая популяция, или что островитяне приобретут энергию, храбрость, изобретательность, терпение, самообладание, выносливость, благодаря которым наш герой, убил так много их предков, и породил так много своих детей – то есть, те качества которые отбирает борьба за существование, если она конечно может что-то отбирать?

Не смущайтесь расистскими предпосылками о превосходстве белой расы. Во времена Дженкина и Дарвина они полагались столь же бесспорными, сколь же сегодня полагаются бесспорными предпосылки о правах человека, человеческом достоинстве, и святости человеческой жизни. Мы можем пересказать аргумент Дженкина, используя более нейтральную аналогию. Если вы смешаете белую и чёрную краску, что вы получите серую краску. Если вы далее будете смешивать одну серую, и другую серую краску, то вы не сможете реконструировать ни белый, ни чёрный оригиналы. Смешивание красок – не слишком далёкая от до-менделевского видения наследственности аналогия, и даже сегодня на бытовом уровне наследственность часто описывается в выражениях “смешения кровей”. Дженкин аргументировал свою позицию феноменом заливки. При смешивающейся наследственности, по мере смены поколений вариации должны слиться, и в популяции будет всё больше и больше доминировать однородность. В конечном счете, вариаций не будет, и естественному отбору будет не над чем работать.

Судя по тому, как этот аргумент был сформулирован, он не был аргументом против естественного отбора. Это был больше аргумент против неотвратимых свойств самой наследственности! Исчезновение вариаций по мере смены поколений на практике не подтверждается. Люди сегодня подобны друг другу не более, во времена своих бабушек и дедушек. Вариации поддерживаются. Существует пул вариаций, пригодных для продолжения работы отбора. Это было доказано математически в 1908-м году В. Вейнбергом, и независимо эксцентричным математиком Г. Х. Харди; кстати, как свидетельствует книга регистрации пари его (и моего) колледжа, он однажды выиграл пари "Полпенни в его пользу до самой смерти, что солнце взойдёт завтра". Но потребовался Р. А. Фишер с коллегами – основателями современной популяционной генетики, чтобы дать полный ответ Флемингу Дженкину в терминах теории несмешивающейся генетики Менделя. Ирония состояла в том, что, как мы увидим в главе 11, ведущие последователи Менделя в начале двадцатого века полагали себя антидарвинистами. Фишер и его коллеги показали, что дарвиновский отбор имеет смысл, а проблема Дженкина изящно разрешается, если эволюцию представить как изменение относительных частот дискретных наследственных частиц (генов), каждый из которых или присутствовал бы, или отсутствовал в любой конкретной особи. Пост-фишеровский дарвинизм называется неodarвинизм. Его цифровая природа – не побочный эффект, которым случайно обладает генетическая информационная технология. Дискретность - это видимо совершенно необходимое условие, чтобы дарвинизм был работоспособен.

В нашей электронной технологии дискретные ячейки памяти могут находиться только в двух состояниях, традиционно представляемых как 0 и 1, хотя их можно трактовать как “высоко-низко”, “включено-выключено”, “верх и низ”; главное - что они должны быть чётко отличны друг от друга, и совокупность этих состояний может быть "прочитана" так, чтобы на что-то влиять. В электронной технологии используются самые различные физические среды для хранения нулей и единиц – тут и магнитные носители (ленты и диски) перфорированные карты и ленты, и электронные “чипы” с большим количеством маленьких полупроводниковых ключей внутри.

Главный носитель данных внутри ивовых семян, муравьёв и всех других живых клеток - не электронный, а химический. В нём используется тот факт, что некоторые молекулы способны к "полимеризации", которая заключается в соединении молекул в длинные цепи неограниченной длины. Существует много разных полимеров. Например, "полиэтилен" представляет собой длинные цепи маленькой молекулы, называемой этиленом; т.е. это полимеризированный этилен. Крахмал и целлюлоза – полимеризированный сахар. Некоторые полимерные цепочки являются цепями, состоящими не из однотипных маленьких молекул (как этилен), а молекул двух или более различных видов. Как только такая гетерогенность появляется в полимерной цепи, так информационная технология на ней становится теоретически возможной. Если в нашей цепи имеются два вида маленьких молекул, одну из которых можно полагать нулём, а другую - единицей, так сразу же на ней оказывается возможно хранить любое количество информации любого вида, лишь бы цепь была достаточно длинна. Специфические полимеры, используемые живыми клетками называются полинуклеотидами. В живых клетках существует два главных семейства полинуклеотидов, кратко - ДНК и РНК. Оба представляют собой цепи маленьких молекул, называемых нуклеотидами. И ДНК и РНК - гетерогенные цепи с четырьмя различными видами нуклеотидов. И конечно, именно это открывает возможность для хранения информации. Вместо только двух состояний, “1” и “0”, информационная технология живых клеток использует четыре состояния, которые традиционно представляются как А, Т, С и G. В принципе, разница между бинарной информационной технологией двух состояний (как компьютерная), и технологией четырёх состояний (таковая для живой клетки), очень невелика.

Как я упоминал в конце первой главы, единственная человеческая клетка располагает информационной ёмкостью, достаточной для хранения трёх или четырёх комплектов энциклопедии Британика, в каждом из которых 30 томов. Я не знаю аналогичной цифры для ивы или муравья, но число будет столь же потрясающим. Информационная ёмкость одной клетки зародыша лилии, или одного сперматозоида саламандры достаточна для хранения 60 комплектов энциклопедии Британика. Некоторые виды амёб, несправедливо называемых "примитивными" могли бы хранить в своей ДНК 1 000 комплектов энциклопедии Британика.

Как это ни удивительно, но только примерно 1 процент генетической информации, например в клетках человека, выглядит фактически используемым: примерно эквивалент одного тома энциклопедии Британика. Никто точно не знает, что там делают остальные 99. В предыдущей книге я предположил, что это может быть “безбилетный пассажир”, паразитирующий на трудах 1 процента - эта теория была недавно принята молекулярными биологами под названием "эгоистичной ДНК". ДНК Бактерий примерно в 1000 раз менее ёмка, чем ДНК клетки человека, и вероятно используется почти полностью: для паразитов тут слишком мало места. Её ДНК могла бы хранить "только" одну копию Нового Завета!

У современных генных инженеров уже есть технология, позволяющая записать Новый Завет, или что-либо подобное в ДНК бактерии. "Смысл" символов в любой информационной технологии произволен, и нет никаких препятствий против сопоставления каких-то комбинаций четырёхбуквенного алфавита ДНК, скажем, триплетов, буквам нашего 26-символьного алфавита (и хватило бы места для букв верхнего и нижнего регистра с 12 знаками пунктуации). К сожалению, для записи Нового Завета в бактерию, человеку потребовалось бы примерно пять столетий, так что я сомневаюсь, что кто-нибудь будет суетиться. Но если б это удалось, то благодаря огромной скорости воспроизводства бактерий, 10 миллионов копий Нового Завета могли бы появляться каждый день! Мечта миссионера - если б только люди умели читать

алфавит ДНК. Но увы, буквочки там настолько мелкие, что все 10 миллионов копий Нового Завета могли бы одновременно танцевать на булавоочной головке.

Электронная память компьютера традиционно подразделяется на ROM и RAM. ROM расшифровывается как "только читаемая память". Строже говоря, это память, в которую пишут лишь однажды, а читают много раз. Комбинация нулей и единиц в них "прожжена" раз и навсегда при изготовлении. В таком виде они и остаются, не изменяясь, в течение всего срока службы памяти, а прочитана эта информация может любое количество раз. В другой тип электронной памяти, называемой RAM, можно "записывать" (вы скоро привыкните к этому неэлегантному компьютерному жаргону), и можно читать. Поэтому RAM может делать всё то же самое, что и ROM, и даже больше. Расшифровка аббревиатуры RAM фактически вводит в заблуждение, поэтому я не буду приводить её. Особенность RAM в том, что вы можете поместить любой набор нулей и единиц в его любую часть, какую хотите, и столько раз, сколько вам заблагорассудится. Большая часть памяти компьютера – RAM. Напечатанные мною слова поступают прямо в RAM; программа обработки текстов, управляющая этим процессом, тоже находится в RAM, хотя теоретически её можно было бы прожечь в ROM, и впоследствии ни разу не менять. ROM используется для фиксированного репертуара стандартных программ, которые необходимы много раз, и которые вы не можете изменить, даже если бы захотели.

ДНК представляет собой ROM. Её можно читать миллионы раз, но записывать лишь однажды - когда она изначально собирается при рождении клетки, в которой она находится. ДНК в клетках любого индивида "прожжена", и никогда не меняется в течение всей его жизни - кроме очень редких случаев поломок. Однако она может быть скопирована. Она дублируется всякий раз, когда клетка делится. Комбинации А, Т, С и G нуклеотидов достоверно скопированы в ДНК каждой из триллионов новых клеток, которые образуются при росте ребёнка. При зачатии нового организма в его ДНК ROM "прожигается", новый и уникальный набор информации, с которым он затем и живёт всю свою оставшуюся жизнь. Этот набор копируется во все его клетки, (кроме репродуктивных клеток, в которые, как мы увидим, копируется случайная половина этой ДНК).

Вся компьютерная память, будь то "ROM" или "RAM" проадресована. Это означает, что позиция каждой ячейки памяти имеет уникальное обозначение – обычно номер; впрочем, это произвольное соглашение. Важно понять различие между позицией в памяти и её содержимым. Каждая позиция памяти называется адресом. Например, первые две буквы этой главы, "За" в этот момент находятся в RAM моего компьютера по адресам с номерами 6446 и 6447; всего компьютер может адресовать до 65536 ячеек RAM. В другое время, содержимое ячеек по этим двум адресам будет другим – ячейка хранит последнее записанное туда содержимое. У каждой ячейки ROM тоже есть адрес и содержимое. Отличие в том, что каждый адрес раз и навсегда связан с его содержимым. ДНК собрана в длинные волокна хромосом, как длинные компьютерные ленты. Вся ДНК в каждой из наших клеток адресована в том же самом смысле, как и компьютерная ROM (точнее – как компьютерная лента). Конкретные номера или названия, используемые нами для маркировки данного адреса, произвольны – как и для компьютерной памяти. Важно, что конкретный адрес моей ДНК точно соответствует такому же адресу в вашей ДНК. Содержимое моей ДНК с адресом 321762 может быть, а может и не быть тем же самым, что и содержимое вашей ДНК по адресу 321762. Но мой адрес 321762 находится в точно том же месте в моих клетках, в каком находится ваш адрес 321762 в ваших клетках. "Место" здесь означает позицию на длине данной хромосомы. Точное геометрическое положение хромосомы в клетке не имеет значения. Хромосома плавает в жидкости, и поэтому её геометрическое положение меняется, но каждый адрес на хромосоме точно определён в понятиях линейного порядкового номера по длине хромосомы – также, как на компьютерной ленте, даже если лента разбросана на полу, а не аккуратно смотана. Все мы, все люди, обладают одними и тем же набором адресов ДНК, но не обязательно тем же самым содержимым их. И это главная причина того, почему мы все отличаемся друг от друга.

У других биологических видов другой набор адресов. Например, у шимпанзе 48 хромосом, а

у нас - 46. Строго говоря, сравнивать так содержимое ячеек - адрес за адресом, бессмысленно, потому что у разных видов эти адреса интерпретируются совершенно различно. Однако близкородственные виды, такие, как шимпанзе и люди, имеют такие большие куски последовательно совпадающего содержимого, которые мы можем легко идентифицировать как в основном одинаковые, хотя мы не можем использовать одну и ту же систему адресования для этих двух видов. Главный признак вида – это совокупность особей, имеющих одну и ту же систему адресования своей ДНК. За вычетом нескольких незначительных исключений, все члены вида имеют одинаковое число хромосом, и каждое место на длине каждой хромосомы расположено точно там же у всех других особей вида. У разных особей вида может отличаться содержимое этих адресов.

Различия в содержимом адресов у различных особей возникают так (здесь я должен подчеркнуть, что рассказываю про вид с половым размножением, такой, как наш). Наши спермии или яйцеклетки содержат по 23 хромосомы каждая. Каждый адрес в одном из моих спермиев в точности соответствует адресу в любом другом из моих спермиев, и в каждой из ваших яйцеклеток (или спермиев). Все другие клетки моего тела содержат 46, т.е. двойной набор. В каждой из этих клеток одни и те же адреса используются дважды. Каждая клетка содержит две 9-х хромосомы, и две версии ячейки 7230 в хромосоме 9. Эти версии могут совпадать, а могут и не совпадать – причём как между собой, так и между версиями у других членов вида. 23-хромосомный сперматозоид рождается от соматической клетки с 46 хромосомами, получая при этом только одну из копий каждой адресованной ячейки. Какую именно копию он получает – это уже дело случая. То же самое справедливо и для яйцеклеток. В результате каждый спермий и каждая яйцеклетка оказываются уникальным с точки зрения содержимого ячеек, хотя система адресования остаётся идентичной у всех особей одного вида (с незначительными исключениями, которые нам нет нужды рассматривать). Когда спермий оплодотворяет яйцеклетку, то конечно получается полный набор 46 хромосом, и все эти 46 хромосом затем будут продублированы во всех клетках развивающегося эмбриона.

Я говорил, что информацию в ROM нельзя записать (кроме как в момент изготовления), и это также справедливо в отношении ДНК в клетках - если бы не случающиеся иногда хаотичные ошибки в копировании. Но коллективный банк данных, состоящий из ДНК-ROM всего вида может быть, в некотором смысле, созидательно перезаписан. Неслучайное выживание и неслучайный репродуктивный успех особей всего вида эффективно "вписывают" улучшенные инструкции по выживанию в коллективную генетическую память вида - по мере смены поколений. Эволюционные изменения вида в значительной степени состоят из изменений количеств копий каждого из возможных различных содержимых каждой адресованной ячейки ДНК – опять же - по мере смены поколений. Конечно, в данный конкретный момент, в данной особи, все копии ДНК должны быть одинаковы. Но для эволюции имеет значение частота возможных альтернатив содержимого по каждому адресу во всей популяции. Система адресования остаётся той же самой, но статистический профиль содержимого ячеек изменяется от столетия к столетию. Тем не менее, очень-очень редко всё же изменяется и система самого адресования. У шимпанзе 24 пары хромосом, а у нас 23. У нас с ними общий предок, поэтому в какой-то момент, или у нашего предка, или у предка шимпанзе произошло изменение числа хромосом. Или мы потеряли хромосому (две слились), или шимпанзе добавили одну (одна разделилась). Должно быть, имелась, по крайней мере одна особь, у которой было другое число хромосом, чем у её родителей. Бывают и другие случайные изменения во всей генетической системе. Как мы увидим, большие куски генетического кода, могут иногда целиком копироваться в совершенно другие хромосомы. Мы знаем это, потому что около хромосом встречаются разбросанные длинные нити текста ДНК, им идентичные.

Считанная из какой-то ячейки компьютерной памяти информация может быть использована двояко. Или она может быть просто записана куда-нибудь ещё, или она может быть вовлечена в какое-то "действие". Записана куда-нибудь ещё - это означает скопирована. Мы уже знаем, что ДНК с готовностью копируется из одной клетки в другую, и что куски ДНК могут быть скопированы в другой индивидуум, а именно - в ребёнка. С "действием" сложнее. В

компьютерах одним из действий может быть выполнение инструкции программы. В ROM моего компьютера, по последовательным адресам с 64489 по 64491, находятся специфический набор нулей и единиц, который, если его интерпретировать как инструкцию, побуждает небольшой громкоговоритель компьютера издавать короткий звуковой сигнал. Вот этот набор – 101011010011000011000000. В нём нет ничего звучащего или шумящего. И ничто в нём не говорит вам, что он окажет этот эффект на громкоговоритель. Он имеет этот эффект только потому, что остальные части компьютера соединены соответствующим образом. Точно так же и наборы четырёхсимвольных кодов ДНК оказывают эффекты, например на цвет глаз, или на поведение, но эти эффекты не присущи кодам ДНК самим по себе. Их эффекты получаются только ходе развития всего эмбриона, на который оказывает влияние наборы кодов и в других частях ДНК. Такое взаимодействие между генами будет главной темой седьмой главы.

Прежде, чем вызвать какое-то действие, символы кода ДНК должны быть переведены (транслированы) на другой носитель. Прежде всего, они транскрибируются (перекодируются) в точно соответствующие им символы РНК. У РНК тоже есть алфавит с четырьмя буквами. Далее символы РНК транслируются в полимер совершенно другого вида, называемый полипептидом или белком, который можно было бы назвать полиаминокислотой, потому что базовые элементы этого полимера - аминокислоты. В живых клетках используются 20 различных аминокислот. Все биологические белки – это цепочки, состоящие из этих 20 строительных кирпичиков. Белки – это цепочки аминокислот, однако большинство их не остаются длинным и прямыми нитями. Каждая цепочка свёрнута в сложный узел, точная форма которого детерминируется порядком аминокислот. Поэтому форма этого узла, для данной последовательности аминокислот, никогда не изменяется. Последовательность аминокислот, в свою очередь, точно определяется порядком следования символов кода по длине ДНК (при посредничестве РНК). Поэтому есть смысл говорить, что трёхмерная скрученная форма молекулы белка определяется одномерной последовательностью символов кода ДНК.

Процедура трансляции обрабатывает знаменитый трёхбуквенный "генетический код". Это – словарь, в котором каждый из 64 ($4 \times 4 \times 4$) возможных символов-триплетов ДНК (или РНК) переводятся в одну из вышеупомянутых 20 аминокислот или трактуется как символ "остановки чтения". Таких "знаков пунктуации" типа "остановка чтения" три. Одну и ту же аминокислоту могут кодировать несколько триплетов (как легко предположить из того факта, что триплетов 64, а аминокислот только 20). Весь этот процесс трансляции, от строгой последовательности ДНК ROM до точно инвариантной трёхмерной белковой структуры, - это замечательный подвиг цифровой информационной технологии. Последующие шаги, которые ведут к влиянию генов на тела, несколько менее компьютероподобны.

Каждую живую клетку, даже единственную клетку бактерии, можно уподобить гигантской химической фабрике. Участки ДНК-кода, или гены, проявляют свои эффекты, влияя на положение дел на химической фабрике, и делают они это посредством влияния на трёхмерную форму белковых молекул. Слово "гигантский" может показаться неожиданным по отношению к клетке, особенно, если вспомнить, что 10 миллионов бактериальных клеток могли бы уместиться на булавоочной головке. Но вспомните, что каждая из этих клеток способна хранить весь текст Нового Завета; кроме того, она содержит гигантское количество изошрённых механизмов. Каждый механизм – это большая белковая молекула, собранная под воздействием специфического участка ДНК. Белковые молекулы, называемые ферментами – это механизмы в том смысле, что каждый из них обеспечивает проведение специфичной для него химической реакции, порождая большие количества специфичного для него химического продукта. Для производства этого продукта он использует сырьё, которые плавают в клетке, и очень вероятно является продуктом других белковых механизмов. Чтобы вы имели представление о размерах этих белковых механизмов, скажу, что каждый построен примерно из 6000 атомов, что очень много по молекулярным стандартам. Всего таких аппаратиков в клетке порядка миллиона, и их более 2000 различных видов, каждый из которых специализирован на исполнении специфической операции на этой химической фабрике - клетке. Специфические химические продукты таких ферментов придают клетке её характерную форму и поведение.

Так как все соматические клетки содержат одни и те же гены, то может показаться удивительным, что все соматические клетки неодинаковы. Дело в том, в различных видах клеток читаются различные субпопуляции генов, а прочие игнорируются. Те части ДНК-РОМ клеток печени, которые более уместны в почках, не читаются, и наоборот. Форма и поведение клетки зависят от того, какие гены в этой клетке читаются, и транслируются в соответствующие белковые продукты. Активность же тех или иных генов в клетке зависит от химикалий, которые уже были в клетке, наличие которых в свою очередь зависит частично от того, какие гены читались в клетке до этого, а частично - в соседних клетках. Когда одна клетка делится в две, то эти две дочерних клетки не обязательно получают копии друг друга. Например, в только что оплодотворённой яйцеклетке, некоторые химикалии собираются с одной стороны клетки, другие - с другой. Когда такая поляризованная клетка делится, то эти две дочерние клетки получают различные химические ассигнования. Это означает, что в разных дочерних клетках будут читаться разные гены, и так начинается своего рода самоусиливающаяся дивергенция. Итоговая форма всего тела, размеры конечностей, схема межсоединений мозга, моменты событий поведенческих шаблонов – всё это – косвенные последствиями взаимодействий между различными видами клеток, различия в которых, в свою очередь, являются следствием чтения различных генов. Эти процессы дивергенции лучше всего понимать как локально автономные, на манер "рекурсивных" процедур третьей главы, а не как централизованно скоординированные по некоему великому центральному проекту.

Под "действием" в этой главе понимается то, что генетик назовёт "фенотипическим эффектом" гена. ДНК оказывает эффекты на тело, на цвет глаз, на курчавость волос, степень агрессивности поведения, и тысячи других признаков, которые и называются фенотипическими эффектами. ДНК проявляет эти эффекты локально, транслируя свой код (через РНК) в белковые цепи, которые в свою очередь влияют на форму клетки и её поведение. Это один из двух способов использования информации в шаблоне ДНК. Другой способ состоит в дублировании информации в новую нить ДНК. Это то самое копирование, которое мы обсуждали ранее.

Имеется фундаментальное различие между этими двумя направлениями передачи ДНК-информации: вертикальным и горизонтальным. Вертикальная передача производится от клетки к клетке, которые в конечном итоге порождают яйцеклетку или спермий. То есть, информация передается вертикально следующему поколению; далее, опять же - вертикально, к неограниченному числу будущих поколений. Я буду называть эту ДНК "архивной". Она потенциально бессмертна. Последовательность клеток, по которым путешествует архивная ДНК, называются зародышевой линией. Зародышевая линия – это набор клеток внутри тела, являющийся предком для сперматозоидов или яйцеклеток, и следовательно – предком будущих поколений. ДНК-информация может быть передана "вбок", или горизонтально: в ДНК клеток "не зародышевой линии", таких, как клетки печени или кожи; а самих этих клетках - в РНК, и далее к белку и различным эффектам эмбрионального развития, и следовательно – отразится на форме и поведении взрослой особи. Можно уподобить горизонтальную и вертикальную передачу передаче информации двум подпрограммам под названиями РАЗВИТИЕ и ВОСПРОИЗВОДСТВО третьей главы.

Естественный отбор – это есть дифференцированный успех конкурирующих ДНК в деле вертикальной передачи своей информации в архив вида. Под "конкурирующей ДНК", понимается альтернативное содержимое неких конкретных адресов в хромосомах вида. Некоторые гены сохраняются в архиве успешнее конкурирующих. Хотя вертикальная передача в архив вида – это в конечном счёте и есть успех, но факторами успеха обычно являются те воздействия, которые гены оказывают на тела посредством горизонтальной передачи – точно так же, как в компьютерной модели биоморф. Например, предположим, что у тигров имеется специфический ген, который, посредством своего горизонтального влияния на клетки челюстей, заставляет зубы быть немного острее тех, что выросли бы под влиянием конкурирующего гена. Тигр с особо острыми зубами может убивать добычу эффективнее нормального тигра; следовательно, у него будет больше пищи, а значит - больше потомков;

другими словами – он передаст вертикально больше копий гена, делающего зубы особо острыми. При этом он конечно передаст все свои гены, но ген острых зубов будет наличествовать в основном в телах острозубых тигров. Передаваясь вертикально, ген извлекает выгоду из своих эффектов, которые он оказывает на серию тел.

Эффективность ДНК как среды архивирования весьма впечатляет – по своей способности сохранения сообщений она далеко превосходит каменные скрижали. Коровы и растения гороха (как собственно, и все мы) имеют почти идентичный ген, называемый гистонем Н4. Его ДНК текст имеет длину 306 символов. Мы не можем утверждать, что он занимает одни и те же адреса у всех видов, потому что мы не можем осмысленно сравнивать адресные метки у разных видов. Но мы можем утверждать, что имеется отрезок 306 символов у коров, который фактически идентичен отрезку из 306 символов у гороха. Коровы и горох отличаются друг от друга только двумя символами из эти 306. Мы не знаем точно, как давно жил общий предок коров и гороха, но окаменелости свидетельствуют, что это было где-нибудь между 1000 и 2000 миллионами лет назад. Ну скажем, 1.5 миллиарда лет назад. За это невообразимо долгое (для людей) время, каждая из двух линий, ответвившаяся от этого отдалённого предка, сохранила 305 из этих 306 символов (в среднем: могло быть так, что одна линия сохранила все 306, а другая сохранила 304). Буквы, высеченные на могильном камне, станут нечитабельными за несколько сот лет.

Способ сохранения ДНК-документа “гистон-Н4” производит даже большее впечатление, потому что, в отличие от каменных скрижалей, хранит текст вовсе не один и тот же физический носитель. Он неоднократно копируется и пере копируется в ходе смены поколений - подобно Еврейским священным писаниям, которые ритуально копировались писарями каждые 80 лет, дабы уберечь их от изнашивания. Трудно с точностью оценить, сколько раз документ “гистон Н4”, был перекопирован в линии, ведущей к коровам от общего предка с горохом, но вероятно, порядка 20 миллиардов раз. Столь же трудно найти мерилу, пригодное для измерения степени защиты более 99 процентов информации в ходе 20 миллиардов последовательных копирований. Мы попробуем использовать версию игры “бабушкин шёпот”. Представьте себе 20 миллиардов машинисток, сидящих в ряд. Этот ряд машинисток обогнул бы Землю по экватору 500 раз. Первая машинистка печатает страницу документа и вручает её соседке. Она копирует её и передает эту копию следующей. Она копирует её снова, и передаёт следующей, и так далее. В конечном счёте, сообщение достигает конца ряда, и мы читаем его (точнее – читают наши 12000-е правнуки - если все машинистки печатают со скоростью, типичной для хорошего секретаря). Насколько верной была бы последняя копия в сравнении с первоначальным сообщением? Чтобы ответить на этот вопрос, нам нужно сделать некоторые предположения насчёт точности работы машинисток. Давайте зайдём с обратной стороны: насколько точна должна быть каждая машинистка, чтобы достичь точности ДНК? Ответ до смешного неправдоподобен. Но если уж вы настаиваете, то каждая машинистка должна была бы делать только одну ошибку на примерно триллион знаков - то есть, делать единственную ошибку, перепечатав Библию 250 000 раз подряд. Хорошая машинистка в реальной жизни делает примерно одну ошибку на страницу текста. Это примерно в полмиллиарда раз больше темпа ошибок при копировании гена гистона Н4. В ряду реальных машинисток текст бы деградировал на 1% уже на 20-м члене нашего ряда. К 10000-му члену ряда выжило бы менее одного процента первоначального текста. Этот момент практически полной деградации был бы достигнут прежде, чем 99.9995 процентов наших машинисток даже увидели бы его.

Эта аналогия немного лукава, но в интересном и красноречивом отношении. Я дал представление о мере ошибок копирования. Но документ “гистон Н4” не только копировался, но и подвергался естественному отбору. Гистон крайне важен для выживания – он используется в построении структуры хромосом. Возможно, что при копировании гена “гистона Н4” происходило больше ошибок копирования, но мутантные организмы не выживали, или, по крайней мере - не размножались. Чтобы сделать сравнение более точным, нам придется допустить, что в стул каждой машинистки встроено ружьё, подключенное так, как только она делает ошибку, так тотчас же оказывается застреленной, а на её место принимается запасная

машинистка (слабонервный читатель может представить себе пружинный эжектор, мягко катапультирующую бракоделицу из ряда, но оружие даёт более реалистическую картину естественного отбора *(мне кажется, что более реалистичную картину естественного отбора дало бы уничтожение ошибочной бумаги, а не ошибающейся машинистки – А.П.)*).

Итак, этот метод измерения стабильности ДНК, состоящий в подсчёте количества изменений, фактически произошедших за какое-то геологическое время, отражает как подлинную точность копирования, так и фильтрующую эффективность естественного отбора. Мы видим лишь потомков успешных изменений ДНК. Носителей же изменений, которые привели к смерти, очевидно нет с нами. Можем ли мы измерять точность самого копирования – до того, как естественный отбор начнёт работать над каждым новым поколением генов? Да, и обратная величина этого показателя известна как частота мутаций, которая может быть измерена. Оказывается, вероятность ошибки копирования любого конкретного символа в любом акте копирования – несколько более одного случая на миллиард. Разница между частотой мутаций, и более низкой частотой фактически произошедших изменений в гене гистона в ходе эволюции, является мерой эффективности естественного отбора в сохранении этого древнего документа.

Стабильность гена гистона за прошедшие эпохи исключительна по генетическим стандартам. Другие гены изменяются с более высокой частотой – возможно потому, что естественный отбор более терпим к вариациям в них. Например, гены, кодирующие белки – фибринопептиды изменяются в ходе эволюции с частотой, близкой к базовой частоте мутаций. Вероятно, это означает, что ошибки в деталях этих белков (они вырабатываются при свёртывании крови) не имеют большого значения для организма. Гены гемоглобина меняются с большей частотой, чем гистоны, и меньшей, чем фибринопептиды. Возможно, терпимость естественного отбора к их ошибкам промежуточна. Гемоглобин играет важнейшую роль в крови, и его детали действительно важны, но его несколько альтернативных вариантов, похоже, одинаково хорошо способны к выполнению этой работы.

А вот здесь мы столкнулись с чем-то несколько парадоксальным – пока не подумаем об этом чуть больше. Самые медленно эволюционирующие молекулы, такие, как гистоны, – наиболее подчинены естественному отбору. Фибринопептиды эволюционируют наиболее быстро, потому что естественный отбор почти полностью их игнорирует. Они вольны изменяться с частотой мутаций. Причина кажущейся парадоксальности в том, что мы делаем слишком сильный акцент на естественном отборе, как движущей силе эволюции – и следовательно, мы ожидаем, что при отсутствии естественного отбора не будет никакой эволюции. И наоборот, мы ожидаем, что сильное "давление отбора", приводит к быстрой эволюции. Но здесь мы находим, что естественный отбор тормозит эволюцию. Базовая скорость эволюции, в отсутствие естественного отбора, максимальна, и совпадает с частотой мутаций.

На деле это никакой не парадокс. Подумав об этом получше, мы поймём, что иначе и быть не могло. Темп эволюции посредством естественного отбора не может быть выше частоты мутаций, поскольку мутации – в конце концов, единственный способ поставки новых вариаций виду. Всё, что может делать естественный отбор – это принимать одни новые вариации, и отклонять другие. Частота мутаций – это верхний предел темпа эволюции. Фактически естественный отбор больше нацелен на предотвращение эволюционных изменений, чем на продвижение их. Я не спешу настаивать, что естественный отбор – чисто консервативный процесс. Он также может и созидать; как именно – будет объяснено в седьмой главе.

Даже частота мутаций изрядно медленна. Это другое подтверждение того, что даже и без естественного отбора, успешность ДНК в деле точного сохранения архивных данных представляется очень впечатляющей. Консервативная оценка показывает, что даже при отсутствии естественного отбора, ДНК копируется настолько точно, что потребуется пять миллионов поколений репликации, чтобы исказить 1 процент символов. Наши гипотетические машинистки безнадёжно ошибочнее ДНК, даже если нет никакого естественного отбора. Чтобы соответствовать точности самой ДНК (без естественного отбора), каждая машинистка должна быть способной напечатать весь Новый Завет только с одной ошибкой. То есть, они должны

быть примерно в 450 раз точнее типичного живого секретаря. Очевидно, что это намного меньше вышеприведённой оценки в полмиллиарда раз, в которые копирование гена гистона H4 (после фильтрации естественным отбором) точнее работы типичного секретаря; но это тем не менее очень внушительное число.

Однако я был несправедлив к моим машинисткам. Я исходил из того, что они неспособны замечать свои ошибки, и исправлять их; т.е. исходил из полного отсутствия контроля ошибок. В действительности, они конечно корректируют ошибки. Поэтому мой ряд из миллиардов машинисток не позволил бы первоначальному сообщению выродиться так просто, как я изобразил. Механизм копирования ДНК автоматически производит примерно такое же исправление ошибок. Если бы этого не происходило, то было бы невозможно достичь сколь-нибудь близко той громадной точности, которую я описал. В процедуре копирования ДНК предусмотрены различные методы корректировки ошибок. Они тем более необходимы, что буквы ДНК-кода ни в коем случае не незыблемы - как иероглифы, высеченные в граните. Причастные к этим процессам молекулы настолько малы (помните, сколько экземпляров Нового Завета они умещают на булавоочной головке?), что подвержены постоянным нападкам обычной тепловой толчеи молекул. В ДНК всё течёт и меняется – происходит кругооборот букв в сообщениях. В каждой клетке человека в день деградирует примерно 5000 символов ДНК-кода, которые немедленно заменяются ремонтными механизмами. Если бы ремонтные службы не работали бы неустанно, то сообщение постепенно распалось бы. Исправление ошибок только что скопированного текста – лишь частный случай текущей ремонтной работы. И именно такая корректура обеспечивает эту замечательную точность ДНК в надёжности хранения информации.

Мы видели, что ДНК молекулы – это центр впечатляющей информационной технологии. Они способны упаковывать огромное количество точной цифровой информации в очень маленькое пространство, и хранить её с удивительно малым количеством ошибок, но тем не менее, некоторые ошибки случаются - за очень долгое время, измеряемое миллионами лет. О чём говорят эти факты? Они говорят о центральной истине про жизнь на Земле, истине, которую я упоминал в открывающем параграфе про семена ивы. Эта истина гласит, что живые организмы существуют ради ДНК, а не для чего-то ещё. Пока это не очевидно, но я надеюсь убедить вас в этом далее. Сообщения, содержащиеся в молекулах ДНК практически вечны – в сравнении с временными масштабами сроков жизни индивидуумов. Сроки жизни ДНК-сообщений (плюс-минус несколько мутаций) измеряются миллионами и сотням миллионов лет; или, другими словами, от 10000 сроков жизни индивидуумов, до триллиона. Каждый индивидуальный организм должен рассматриваться как временное транспортное средство, в котором ДНК-сообщения проводят крошечную долю своих геологических сроков жизни.

Мир полон существующих вещей...! Это бесспорно, но о чём это говорит? Вещи существуют или потому что только что появились, или потому, что их особенности сделали их разрушение в прошлом маловероятным. Скалы появляются нечасто, но они существуют благодаря твёрдости и долговечности. Если бы они не были таковыми, то они были бы не скалами, а песком. Собственно говоря, некоторые из них им и является, почему и существуют пляжи! Это долговечные сущности, которые существуют как и скалы. С другой стороны, росинки существуют не потому что они долговечны, а потому, что они только что появились, и не успели ещё испариться. Видно, что существуют два способа существования: способ росинки, который можно вкратце назвать как "высоковероятность появления, но низкая долговечность"; и способ скал, который можно вкратце назвать как "маловероятность появления, но высокая вероятность длительного существования". Скалы обладают долговечностью, а росинки "появлябельностью" (Я пытался придумать менее корявое слово, но не смог).

ДНК берёт лучшее от обеих миров. Сами молекулы ДНК, как физические объекты, похожи на росинки. При правильных условиях они появляются часто, но ни одна из них не существует долго – все они разрушаются за несколько месяцев. Они не долговечны, как скалы. Но информация, которую они несут в последовательности своих кодов, столь же долговечна, как самые твёрдые из скал. У них есть то, что требуется для их существования в течение миллионов

лет, и именно поэтому они всё ещё здесь. Принципиальное отличие от росинок состоит в том, что старые росинки не рожают новые. Росинки несомненно похожи одна на другую, но у них нет особенного сходства со своими “родительскими” росинками. В отличие от молекул ДНК, они не формируют наследственных линий, и следовательно - не могут передавать сообщения. Росинки появляются на свет самопроизвольным зарождением, ДНК-сообщения – репликацией.

Такой трюизм, как "мир полон вещами, которые обладают свойствами, позволяющими им находиться в этом мире", выглядит банальным, почти глупым, пока мы не попытаемся применить его к особому виду долговечности – долговечности в форме линии множества копий. Долговечность ДНК-сообщений отлична и от долговечности скал, и от различного вида “появлябельностей”, типа росинок. Для молекул ДНК это высказывание про "свойства, позволяющие им находиться в мире", совсем не очевидно и тавтологично. "Свойства, позволяющие им находиться в мире", оказывается, включают в себя способность строить механизмы, подобные вам и мне – наиболее сложные вещи в известной нам вселенной. Давайте посмотрим, почему это может быть так.

Принципиально важно то, что вышеуказанные свойства ДНК оказались основными ингредиентами, необходимыми для организации процесса нарастающего отбора. В наших компьютерных моделях третьей главы, мы преднамеренно включали в модель основные компоненты нарастающего отбора. Чтобы нарастающий отбор действительно возник в мире, должны появиться некоторые сущности, свойства которых реализуют эти основные компоненты. Давайте посмотрим, что это за компоненты. При этом мы будем иметь в виду, что эти компоненты, по крайней мере в какой-то зачаточной форме, должны были возникнуть на ранней Земле спонтанно, иначе нарастающий отбор, и следовательно - жизнь, никогда не начнёт своё шествие по Земле. Здесь мы говорим не конкретно о ДНК, но об основных ингредиентах, необходимых для возникновения жизни где-нибудь во вселенной.

Пророк Иезеркиль проповедовал в долине костей этим костям, и побудил их соединиться вместе. Затем он проповедовал скелетам, и обрели они жилы и плоть. Но в них всё ещё не было духа. Главный компонент, компонент жизни, отсутствовал. На мёртвой планете есть атомы, молекулы и большие глыбы материи, хаотично толкающиеся и сливающиеся друг с другом, согласно законам физики. Иногда законы физики заставляют атомы и молекулы соединяться вместе подобно сухим костям Иезеркиля, иногда – заставляют их раскалываться розно. Могут образовываться довольно большие агрегации атомов, но они же могут снова крошиться и разламываться. Но от этого в них не появляется душа. Иезеркиль воззвал к четырём ветрам, чтобы они вселили живой дух в сухие кости. Но какой, в нашем случае, такой чудодейственный ингредиент должен присутствовать на мёртвой планете, подобной ранней Земле, чтобы у неё появился шанс в конечном счёте породить жизнь? Это не дух, не ветер, не какой-то эликсир или микстура. Это вообще не материя, а это свойство, свойство самокопирования. Это свойство - базовый ингредиент нарастающего отбора. Повинуясь обычным законам физики, где-то как-то должны возникнуть самокопирующиеся сущности, которые я буду называть репликаторами. В современной живой материи репликаторами являются почти исключительно молекулы ДНК, но ими может быть что угодно, с чего можно делать копии. Можно подозревать, что первыми репликаторами на изначальной Земле были не молекулы ДНК. Маловероятно, чтобы зрелая молекула ДНК начала существование без помощи других молекул, которые обычно существуют только в живых клетках. Вероятно, первые репликаторы были грубее и проще, чем ДНК.

Есть два других необходимых ингредиента, которые в норме будут автоматически сопровождать первый ингредиент - самокопирование. Во-первых, при самокопировании должны иметь место случайные ошибки; даже система ДНК изредка допускает ошибки, и представляется вероятным, что первые репликаторы на Земле ошибались намного больше. И во-вторых, по крайней мере некоторые репликаторы, должны иметь власть над своим будущим. Последний ингредиент выглядит более зловещим, чем он есть. На деле это означает, что некоторые свойства репликаторов должны влиять на вероятность их дальнейшего копирования. В какой-то примитивной форме, этот ингредиент будет вероятно неизбежным следствием

самого факта самокопирования.

Тогда с каждого репликатора будут сделаны его копии. Каждая копия подобна оригиналу, и имеет те же самые свойства. Среди этих свойств, разумеется, присутствует способность создания (иногда с ошибками) большого количества копий самого себя. Так что каждый репликатор - потенциально "прародитель" неопределённо длинной линии репликаторов-потомков, протянувшейся в отдалённое будущее, и потенциально ветвящейся для производства чрезвычайно большого количества репликаторов-потомков. Каждая новая копия должна изготавливаться из сырья, меньших строительных блоков, толкающихся вокруг. Возможно, репликаторы играют роль некоего шаблона или матрицы. Меньшие компоненты вовлекаются в матрицу таким образом, что получается её дубликат. Затем дубликат выходит на свободу, и уже сам способен играть роль такой матрицы. Следовательно, здесь имеет место потенциально расширяющаяся популяция репликаторов. Популяция не может расти неограниченно, потому запасы сырья, меньших элементов, пригодных для вовлечения в матрицу, в конечном счете, ограничены.

Теперь рассмотрим второй ингредиент. Иногда копирование будет неточным – будут происходить ошибки. Вероятность ошибок невозможно полностью исключить при любом копировании, хотя вероятность их можно сделать низкой. Именно за это борются изготовители высококлассных аудиосистем; как мы видели, процесс репликации ДНК впечатляюще хорош в деле снижения количества ошибок. Но современная репликация ДНК – это высокотехнологичный процесс, со сложными методами коррекции ошибок, который совершенствовался в ходе многих поколений нарастающего отбора. Мы видели, что первые репликаторы были вероятно относительно грубыми приспособлениями с не очень высокой точностью копирования.

Теперь вернёмся к нашей популяции репликаторов, и посмотрим, каков будет эффект от неточного копирования. Очевидно, что вместо однородной популяции идентичных репликаторов, будет наблюдаться смешанная популяция. Вероятно, многие из продуктов неточного копирования окажутся потерявшими свойство саморепликации, которым обладал их "родитель". Но немногие, сохранив свойство саморепликации, будут при этом отличаться от родителя в каком-то другом отношении. Поэтому в популяции будут присутствовать копии ошибок. Вероятно, слово "ошибка" вызывает у вас уничижительные ассоциации, но в данном случае, оно означает ошибку с точки зрения верности копирования. Поэтому ошибка может привести к усовершенствованию. Осмелюсь полагать, что многие новые изысканные кушанья были созданы вследствие ошибок, допущенных поварами в попытках следования рецептам. Могу утверждать, что новые оригинальные научные идеи, были иногда в какой-то мере недоразумениями, или ошибочным прочтением идей других людей. Вернёмся к нашим древним репликаторам. В то время, как большинство ошибочных копий, вероятнее всего привели к снижению эффективности копирования, или к полной потере этой способности, некоторые из них могли бы превосходить в способности к саморепликации материнский репликатор, породивший их.

Что означает "лучше"? В конечном итоге это означает более эффективную саморепликацию, но как это могло бы выглядеть практически? Тут мы подходим к нашему третьему "ингредиенту". Я упомянул его как "власть", и через мгновение вы увидите почему. Когда мы уподобляли репликацию сборке на матрице, то мы видели, что последним шагом этого процесса должен быть выход на свободу новой копии со старой матрицы. Потребное на это время может зависеть от свойства, которое я буду называть "клейкость" старой матрицы. Предположим, что в нашей популяции репликаторов, которые варьируют из-за былых ошибок копирования их "предков", некоторые вариации оказались более клейкими, чем другие. Очень клейкие вариации цепляются за каждую новую копию более часа – и лишь затем отпускает её на свободу, дабы процесс начался снова. Менее клейкие вариации отпускают каждую новую копию через долю секунды с момента её формирования. Какая из этих вариаций будет преобладать в популяции репликаторов? Ответ несомненен. Если это единственное свойство, которым отличаются эти две вариации, то вариация клейких неизбежно будет гораздо менее

многочисленной в популяции. Неклейкая производит свои копии в тысячи раз быстрее клейкой. У вариаций с промежуточной клейкостью будет промежуточный темп самораспространения. Будет иметь место "эволюционная тенденция" к снижению клейкости.

Нечто подобное такому элементарному естественному отбору было повторено в пробирке. Существует вирус Q-бета, который паразитирует на бактерии – кишечной палочке *Escherichia coli*. У Q-бета нет ДНК, но он содержит, а точнее - в значительной степени состоит, из единственной нити родственной ей молекулы РНК. РНК способна к копированию почти так же, как и ДНК.

В нормальной клетке белковые молекулы собираются по спецификациям, записанным в РНК. Они играют роль рабочих чертежей, скопированных с драгоценного главного архива клетки – ДНК. Но возможен и специальный механизм – как и остальные клеточные механизмы, это белковая молекула, которая делает копии РНК с других копий РНК. Такой механизм называется молекулой РНК–репликазы. Для самой бактериальной клетки эти механизмы обычно бесполезны, и она их не строит. Но так как репликаза – всего лишь белковая молекула, подобная любой другой, то универсальные механизмы построения белков бактериальной клеткой можно легко использовать для её постройки - как станки на автомобильном заводе в военное время могут быть быстро перенацелены на создание боеприпасов: всё, что для этого требуется – это передать соответствующие чертежи. Именно это вирус и делает. Рабочая часть вируса – РНК-чертёж. Внешне он неотличим от любого другого РНК-рабочего чертежа, которые плавают в клетке, отойдя от главной ДНК бактерии. Но если вы прочтёте маленькую распечатку вирусной РНК, то вы найдёте там кое-что дьявольское. Эти буквочки разъясняют план создания РНК–репликазы: для создания механизмов, которые производят большее количество копий того же самого РНК-проекта, которые делают ещё большее количество таких механизмов, которые делают ещё и ещё большее количество копий планов, которые делают большее количество ...

Так фабрика оказывается захваченной террористами - этими корыстными чертежами. В некотором смысле она объявляла во всеуслышание, что её можно захватить. Если вы снабжаете вашу фабрику механизмами настолько совершенными, что они могут делать всё, что угодно, что им велит любой чертёж, то вряд ли удивительно, что рано или поздно появляется чертёж, который велит этим механизмам делать копии самого себя. Фабрика все более наполняется этими злодейскими механизмами, производящими в большом количестве злодейские чертежи по созданию большего количества механизмов, которые будут делать большее количество самих себя. Наконец, несчастная бактерия взрывается, и выпускает миллионы вирусов, которые будут инфицировать новые бактерии. Это обычный жизненный цикл вирусов в природе.

Я назвал РНК-репликазу и РНК соответственно механизмом и чертежом. Это так в некотором смысле и есть; мы обсудим другие аспекты в другой главе, но они при этом ещё и молекулы, и люди-химики могут очистить их, разлить в бутылки, и хранить на полке. Именно это и делал Золь Шпигельман с коллегами в Америке в 1960-х годах. Они помещали эти две молекулы вместе в раствор, начинались завораживающие вещи. В пробирке, с помощью РНК-репликазы, молекулы РНК действовали как матрицы для синтеза копий себя. Механизмы и чертежи были экстрагированы, и хранились в холодильнике отдельно друг от друга. Затем, как только они получили доступ друг к другу, а также к маленьким молекулам, необходимым в качестве сырья, растворённым в воде, так оба вернулись своим старым злодейским штучкам – даже несмотря на то, что они были в пробирке, а не в живой клетке.

Этот эксперимент – всего лишь короткий шаг к воспроизведению естественного отбора и эволюции в лаборатории; химическая версия компьютерных биоморфов. Моделирование естественного отбора производилось в длинном ряду пробирок, каждая из которых содержала раствор РНК-репликазы, и сырьё – маленькие молекулы, потребные для синтеза РНК. В каждой пробирке имеются “станки” и сырьё, но пока она пребывает в бездействии, не имея чертежа, по которому им нужно работать. Теперь капнем крошечное количество самой РНК в первую пробирку. Аппарат репликазы сразу же включается в работу, и производит большое количество копий только что введённых молекул РНК расплывшихся по пробирке. Затем капля раствора из

первой пробирки переносится во вторую. Процесс повторяется во второй пробирке, затем капля из неё переносится в третью, и так далее.

Иногда, из-за случайных ошибок копирования, спонтанно возникает чуть отличная мутантная молекула РНК. Если – неважно за счёт чего конкретно, новая вариация оказывается конкурентоспособнее старой, - возможно вследствие её низкой "клейкости", она реплицируется быстрее, или как-то иначе более эффективно, то новая вариация очевидно распространится в пробирке, в которой она возникла, превзойдя численностью родительский тип, её породивший. Тогда, капля раствора из этой пробирки, предназначенная для переноса в следующую, будет содержать новую вариацию мутантов, которая даст начало следующей "породе". Исследовав рибонуклеиновые кислоты в длинном ряду пробирок, мы увидим, что такое есть эволюционные изменения. Конкуrentно превосходящие вариации РНК, произведенные в конце нескольких пробирочных "поколений" можно разлить в бутылки, подписать для будущего использования. Одна вариация, названная например V2, копируется намного быстрее нормальной РНК Q-беты, возможно потому, что она меньше. В отличие от РНК Q-беты, ей можно не "беспокоиться" насчёт планов производства репликасы – репликаса уже есть в растворе стараниями экспериментаторов. РНК V2 использовалась в качестве отправной точки для интересного эксперимента Лесли Оргела и его коллег в Калифорнии, в котором они создавали ей "трудную" окружающую среду.

Они добавляли к пробиркам яд – бромид этидия, который ингибирует синтез РНК, обволакивая "станки". Оргел и коллеги начали с разбавленного раствора яда. Сначала темп синтеза был замедлен ядом, но после примерно девяти "пробирочных поколений" эволюции, отселектировалась новая порода РНК, стойкая к яду. Темп синтеза РНК был теперь сопоставим с таковым для нормальной РНК V2 при отсутствии яда. Тогда Оргел удвоил концентрацию яда. Снова темп репликации РНК понизился, но после следующего десятка поколений, снова вывелась порода РНК, иммунная к даже на более высокой концентрации яда. Тогда концентрация яда была удвоена снова. Так, последовательным удвоением концентрации, они сумели "вывести породу" РНК, которая могла самокопироваться при очень высоких концентрациях бромида этидия, вдесятеро больших той, что ингибировала оригинальную прародительскую РНК V2. Они назвали эту новую, стойкую РНК как V40. Эволюция V40 от изначальной V2 потребовала 100 пробирочных поколений (конечно, фактически поколений РНК-репликации было больше, т.к. они происходили и в пределах одной пробирки).

Оргел также проделывал эксперименты, в которых никакого фермента не добавлялось. Он нашёл, что молекулы РНК могут спонтанно самокопироваться и в этих условиях, хотя и очень медленно. Похоже, им нужна какая-то другая каталитическая сущность, например, цинк. Это важное наблюдение, потому что мы не можем предполагать, что на заре жизни, когда репликаторы только что возникли, в окружающей среде присутствовали ферменты, помогающие им реплицироваться. Впрочем, вероятно присутствовал цинк.

Дополнительный эксперимент был проведён десять лет назад в лаборатории влиятельной немецкой школы Манфреда Эйгена, работающей над изучением происхождения жизни. В этой работе в пробирке присутствовали и репликаса, и строительные блоки, но раствор не засеивался молекулами РНК. Однако в пробирке спонтанно развивалась именно такая же большая молекула РНК, и процесс этот многократно происходил в последующих независимых экспериментах! Тщательная проверка показала, что экспериментальный материал никак не мог быть случайно инфицирован молекулами РНК извне. Это очень красноречивый результат, если вы изучаете статистическое неправдоподобие многократного спонтанного возникновения одной и той же большой молекулы. Этот результат статистически намного менее вероятен, чем напечатать наобум "METHINKS IT IS LIKE A WEASEL". Как и эта фраза в нашей компьютерной модели, конкретная одобренная молекула РНК, была создана постепенной, нарастающей эволюцией.

Вариации полученной неоднократно в этих экспериментах РНК имели тот же самый размер и структуру, как и молекулы полученные Шпигельманом. Но примите во внимание, что Шпигельман развивал РНК, "вырождая" встречающуюся в природе, большую вирусную РНК

Q-бета, а РНК группы Эйгена создала себя из почти ничего. Эта конкретная формула хорошо приспособлена к окружающей среде, состоящей из пробирок, содержащих готовую репликазу. И потому-то результат конвергентно сходится в ходе нарастающего отбора из двух очень различных отправных точек. Большие молекулы РНК Q-беты менее приспособлены к среде пробирки, но более – к среде, обеспечиваемой клетками *E. coli*. Подобные эксперименты помогают нам осознать полностью автоматический и непреднамеренный характер естественного отбора. Механизмы репликации "не знают", почему и зачем они изготавливают молекулы РНК: это действие – лишь побочный продукт их структуры. И сами молекулы РНК не разрабатывают стратегий изготовления своего дубля. Даже если б они могли мыслить, то нет никаких причин полагать, что у некоей мыслящей сущности есть стимулы производить копии самой себя. Если б я даже и знал, как сделать копию самого себя, то я не уверен, что дал бы этому проекту высокий приоритет по отношению ко всем другим вещам, которыми я хотел бы заниматься: зачем мне это надо? Но понятие мотивации неприменимо к молекулам. Просто структура вирусной РНК оказалась такой, что она заставляет клеточные машины производить большие количества копий самой себя. И если любая сущность где-нибудь во вселенной случайно обретёт свойство хорошо создавать большие количества копий самой себя, то очевидно, что всё больше и больше копий этой сущности будут появляться автоматически. И не только это. Так как они автоматически сформируют наследственные линии, и будут иногда делать ошибки копирования, то благодаря мощным процессам нарастающего отбора, более поздние версии будут вероятно "лучше" создавать свои копии, чем ранние. Всё это крайне просто и автоматически. И столь предсказуемо, что почти неизбежно. "Успешная" молекула РНК в пробирке успешна вследствие какого-то прямого, присущего ей своего свойства, как-то аналогичного "клейкости" моего гипотетического примера. Но свойства, подобные "клейкости" довольно скучны. Это элементарные свойства самого репликатора, свойства, которые прямо воздействуют на вероятность их репликации. А что если репликатор оказывает некоторый эффект на кое-что ещё, что воздействует на кое-что ещё, что воздействует на кое-что ещё, что ... в конечном счёте косвенно воздействует на шансы репликатора быть скопированным? Легко видеть, что пока такие длинные цепи причинной обусловленности действительно существуют, фундаментальный трюизм остаётся в силе. Репликаторы, которые так или иначе, имеют то, что требуется для репликации, стали бы преобладать в мире, независимо от длины и косвенности цепи причинных связей, посредством которых они влияют на свою вероятность самокопирования. И следовательно, мир заполнится звеньями в этой причинной цепи. Мы будем видеть эти связи, и восхищаться ими.

В современных организмах мы видим их постоянно. Это глаза, покровы, кости, пальцы, мозги и инстинкты. Всё это – инструменты репликации ДНК. Они порождены ДНК - в том смысле, что различия в глазах, покровах, костях, инстинктах, и т.д. порождены различиями в ДНК. Они оказывают влияние на успех репликации ДНК породившей их, влияя на выживание и воспроизводство своих тел - которые содержат ту же самую ДНК, и чья судьба поэтому разделяется ими. Следовательно, ДНК оказывает влияние на собственную репликацию посредством свойств тел. Можно сказать, что ДНК имеет власть над своим будущим, а тела, их органы, и поведенческие шаблоны - инструменты реализации этой власти.

Когда мы говорим про власть, мы говорим о последствиях для репликаторов, которые влияют на своё собственное будущее, сколь бы косвенными те последствия ни были. Не имеет значения, сколько звеньев имеется в цепи от причины до эффекта. Если причина - самокопирующаяся сущность, то эффект, будь он чрезвычайно отдалён и косвенен, может быть подвержен естественному отбору. Я обобщу эту идею, приведя в пример конкретную историю бобров. Подробности этой истории гипотетичны, но они конечно не могут быть далеки от правды. Хотя никто не проводил исследований развития нейронных связей в мозгу бобра, но такие исследования проводились для других животных, таких как черви. Я позаимствую выводы, и приложу их к бобрам, потому что для многих людей бобры интереснее и приятнее червей.

Мутантный ген у бобра – это всего лишь изменение в одном символе текста из миллиарда

символов; изменение в конкретном гене G. При росте молодого бобра это изменение копируется, вместе со всеми другими символами текста в клетки всего бобра. В большинстве клеток ген G не читается; читаются другие гены, нужные для работы других типов клеток. Однако G читается в некоторых клетках развивающегося мозга. Он читается и транскрибируется в копии РНК. Рабочие копии РНК, дрейфуют по внутренностям клеток, и в конечном счёте некоторые из них сталкиваются с производящими белок механизмами, называемыми рибосомами. Производящие белок механизмы читают рабочие планы РНК, и выпускают новые белковые молекулы по их спецификациям. Эти белковые молекулы сворачиваются в особую трёхмерную форму, определяемую последовательностью их аминокислот, которая, в свою очередь, определяется последовательностью ДНК-кода гена G. Когда G мутирует, то изменение влечёт изменение аминокислотой последовательности, обычно определяемой геном G - и следовательно – форму свёрнутой молекулы белка.

Эти слегка изменённые белковые молекулы ведут массовое производство производящих белок механизмов в развивающихся клетках мозга. Они в свою очередь действуют как ферменты - механизмы, которые производят другие вещества в клетках, уже продукты гена. Продукты гена G доходят до мембраны, окружающей клетку, и вовлекаются в процессы, посредством которых клетка формирует связи с другими клетками. Из-за небольшого сдвига в изначальных ДНК-планах, масштабы производства определённых мембранных составов изменены. Это, в свою очередь, изменяет маршруты, по которым некоторые развивающиеся клетки мозга соединяются друг с другом. Произошёл тонкий сдвиг в схеме соединений особой части мозга бобра, косвенное, далёкое последствие изменения в ДНК-тексте.

Теперь предположим, что эта специфическая часть мозга бобра, из-за её положения в схеме его межсоединений, участвует в строительном поведении бобра – строительстве плотины. Конечно, в строительном поведении бобра участвуют большие участки мозга, но когда мутация в G воздействует на эту специфическую часть схемы межсоединений мозга, то изменение оказывает определённый эффект на это поведение. Этот эффект побуждает бобра выше держать голову в воде, когда он плывёт с бревном в пасти. Выше – имеется в виду в сравнении с бобром с немутировавшим геном. Это немного снижает вероятность того, что грунт, налипший на бревно, смоеся в этом плавании. Это увеличивает клейкость бревна, что, в свою очередь означает, что, после встраивания в плотину, бревно будет держаться в ней более надёжно. Тенденция будет относиться ко всем брёвнам, взятым любым бобром, имеющим эту специфическую мутацию. Увеличенная клейкость брёвен – последствие, снова очень косвенное, изменения в тексте ДНК.

Увеличенная клейкость брёвен увеличивает прочность плотины, стойкость к разрушению. Это, в свою очередь, увеличивает размер озера, созданного плотиной, что делает хатку в центре озера безопаснее против хищников. Что способствует увеличению численности потомства, успешно выращенного бобром. Вся популяция бобров, обладающих видоизменённым геном, будет в среднем выращивать больше потомства, чем популяция, обладающая не-видоизменённым. Их потомство с заметной вероятностью будет наследовать копии архива этого изменённого гена от своих родителей. Поэтому, по мере смены поколений, эта форма гена в популяции станет более многочисленной. В конечном счёте она станет нормой, и более не будет заслуживать титула "мутант". Бобровая плотина улучшится на ещё одну ступень.

Тот факт, что именно эта история гипотетична, а подробности могут быть ошибочны, не имеет большого значения. Плотины бобра выработались в ходе естественного отбора, и поэтому не могут очень отличаться, кроме в практических деталях, от истории, которую я рассказал. Общий смысл этого взгляда на жизнь объяснён и разработан в моей книге "Расширенный фенотип", и я не буду повторять аргументы здесь. Заметьте, что в этой гипотетической истории упомянуты не менее чем 11 звеньев в причинной цепи, связывающей изменённый ген с улучшенным выживанием. В реальной жизни их может быть даже больше. Каждая из тех связей, будь то эффекты на внутриклеточную химию, далее – эффект на схему межсоединений аксонов в мозге, ещё более отдалённый эффект на поведение, или конечный эффект на размер озера, правильно расценивать как вызванный изменением в ДНК. Имелось бы

111 звеньев – было бы то же самое. Любой эффект от изменения в гене, которые влияют на вероятность его репликации – честная игра для естественного отбора. Это все крайне просто, восхитительно автоматически и непреднамеренно. Кое-что наподобие этого в природе почти неизбежно, если однажды уже появились фундаментальные ингредиенты нарастающего отбора – репликация, ошибки и власть. Но как это случилось? Как они появлялись на Земле, до того, как там появилась жизнь? В следующей главе мы увидим, как можно ответить на этот трудный вопрос.

Глава 6

Истоки и чудеса

Шанс, везенье, совпадение, чудо... Одна из главных тем этой главы – чудеса, и то, мы что под ними понимаем. Здесь я буду говорить о том, что события, которые мы обычно называем чудесными, не подразумевают под собой сверхъестественных сил; они – часть спектра более или менее “невероятных” естественных событий. Другими словами - чудо, если оно вообще случается – это потрясающе редкая улыбка фортуны. Нельзя резко отграничить естественные события и чудеса.

Бывают некоторые в принципе возможные события, которые слишком невероятны, чтобы их ожидать, но мы не можем знать этого, пока не произведём вычисления. Для этих вычислений нам нужно знать, сколько времени было доступно, или – шире говоря, какие условия должны быть выполнены, чтобы этот случай произошёл. При бесконечном времени, или бесконечных возможностях возможно всё. Огромные величины, по традиции называемые астрономическими, вместе с огромными по длительности временами, характерными для геологических эпох, переворачивают наши повседневные представления о том, что можно считать чудом. Я подойду к этой мысли, используя конкретный пример – другую важную тему этой главы. Речь пойдёт о зарождении жизни на Земле. Для определённости я буду фокусироваться на одной из теорий происхождения жизни, хотя любая другая современная теория сгодилась бы для нашей цели.

В наших объяснениях мы вправе постулировать некоторое, не слишком большое количество везения. Но сколько именно? Необъятность геологического времени даёт нам право постулировать более невероятные совпадения, чем те, что убедили бы суд, действующий по законам обычного права, но даже в этом случае есть пределы.

Нарастающий отбор - вот ключ ко всем нашим современным объяснениям жизни. Он связывает ряд приемлемо вероятных событий (случайные мутации) в единую неслучайную цепь, и конце этой цепи появляется готовое изделие, выглядящее чрезвычайно маловероятным – настолько, что оно бы не могло сразу возникнуть случайно, даже за время, в миллионы раз превосходящее время существования вселенной. Да, нарастающий отбор – это ключ, но он должен был как-то начаться, и для объяснения происхождения его самого нам не избежать обращения к постулату одноразового счастливого случая.

Первый шаг в зарождении жизни шаг был труден, ибо явно парадоксален. Для работы известных нам процессов репликации нужны сложные машины. В присутствии такого “станка” как репликаза, фрагменты РНК неоднократно и конвергентно эволюционируют в ту же самую результирующую форму - форму, вероятность возникновения которой представляется ничтожно малой, пока вы не осознаете мощь нарастающего отбора. Но мы должны помочь этому нарастающему отбору начаться. Он не пойдёт, если мы не добавим катализатор - такой, как репликаза из предыдущей главы. И этот катализатор вряд ли возникнет спонтанно; разве что под руководством других молекул РНК. Молекулы ДНК копируются в сложных клеточных механизмах, а напечатанные тексты копируются в копировальных машинах “Ксерокс”, но ни та, ни другая, не выглядит способной к самокопированию без механизмов поддержки. Ксерокс способен копировать свои собственные чертежи, но не способен сам по себе появиться на свет. Биоморфы с готовностью самокопируются в окружающей среде, предоставленной

соответствующим образом написанной программой компьютера, но они не могут написать свою собственную программу или построить компьютер, исполняющий её. Концепция слепого часовщика чрезвычайно мощна - при условии, что репликация, а следовательно – нарастающий отбор уже работают. Тут мы стоим перед проблемой: репликация нуждается в сложных машинах, а единственный способ появления сложных машин - в конечном счете, нарастающий отбор, требующий механизма репликации. Современные клеточные машины, аппарат репликации ДНК и синтеза белка, обладают всеми признаками высокоразвитой, специально изготовленной машины. Мы видели, насколько она сногшибательно точна в деле хранения данных. На своём наноуровне она обладает примерно тем же порядком продуманности и сложности замысла, что и человеческий глаз на макроуровне. Всякий, понимающий строение глаза, соглашается с тем, что такой сложный аппарат, как человеческий глаз вряд ли мог бы появиться посредством одноразового отбора. К сожалению, то же самое представляется верным по отношению к, по крайней мере некоторым, частям аппарата репликации клеточных машин, посредством которых ДНК копирует сама себя, и это относится не только к клеткам развитых существ, таких, как мы с вами, но и амёбам, и даже более примитивным существам – таким, как бактерии и сине-зелёные водоросли.

Да, нарастающий отбор, в отличие от одноразового, может порождать сложность. Но нарастающий отбор не может работать, если нет каких-то минимально функциональных машин репликации - и власти репликатора, а единственные известные нам репликационные машины, выглядят слишком сложным, чтобы появиться посредством чего-либо меньшего, чем многие поколения совокупного отбора! Некоторые люди усматривают в этом фундаментальный изъян всей теории слепого часовщика. Они видят в этом неопровержимое доказательство того, что, должно быть, был какой-то изначальный проектировщик, часовщик, но не слепой, а дальновидный и сверхъестественный. Существует гипотеза, что возможно, Творец не контролирует рутинную последовательность эволюционных событий; возможно, он не творил тигра и ягнёнка, возможно он не создавал дерево, но он создал изначальные машины репликации и власти репликатора, изначальные ДНК-машины производства белка, благодаря которым стал возможен нарастающий отбор, и следовательно – вся эволюция.

Эти предположения откровенно слабы, и, если разобраться – саморазрушительны. Организованная сложность – такая штука, объяснить которую действительно сложно. Как только мы просто постулируем организованную сложность, хотя бы только организованную сложность машин копирования ДНК и синтеза белка, то далее сравнительно легко принять их как генератор уже более организованной сложности. И этому посвящена большая часть этой книги. Но без сомнений - любой Бог, способный разумно проектировать что-то столь же сложное, механизм копирования ДНК и синтеза белка, должен быть, по меньшей мере, столь же сложен и организован, как и сам этот механизм. И даже гораздо более сложен и организован, если мы предполагаем его дополнительно способным к таким продвинутым функциям, как выслушивание молитв и прощение грехов. Объяснять происхождение ДНК-машины машины, привлекая гипотезу сверхъестественного Проектировщика - это не объяснять решительно ничего, поскольку при этом остаётся без объяснений происхождение Проектировщика. Вам придётся тогда говорить что-то наподобие того, что “Бог существовал всегда”, и если вы позволяете себе такие ленивые объяснения, то вы могли бы точно также говорить, что “ДНК существовала всегда”, или “Жизнь существовала всегда”, и на этом все объяснения закончить.

Чем более мы можем уходить от всевозможных чудес, больших невероятностей, фантастических совпадений, редких счастливых случаев, и чем более полно мы сможем разбивать крупные случайные события на нарастающий ряд мелких, тем более удовлетворительными (для рациональных умов), будут наши объяснения. Но вопрос этой главы – насколько невероятным и загадочным нужно быть тому единственному счастливому случаю, который нам позволительно постулировать. Какова должна быть величина чистого везения в том единственном случае, по-настоящему удивительной удачи, которая позволит нам избежать трудностей в наших теориях, и при этом говорить, что у нас есть удовлетворительное объяснение происхождения жизни? Чтобы обезьяна спонтанно напечатала “Methinks it is like a

weasel”, нужно очень большое везение, которое тем не менее ещё измеримо. Мы вычислили шансы этого события как один из примерно 10 тысяч миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов миллионов (10 в 40-й степени). Ни постичь, ни вообразить такую большую величину невозможно; мы полагаем такую степень неправдоподобия синонимичной невозможности. Но хотя мы не можем постичь величину такого неправдоподобия нашим воображением, мы не должны убежать от неё в ужасе. Число 10^{40} , возможно очень велико, но мы можем его записать и использовать в вычислениях. В конце концов, существуют даже большие числа: например, 10^{46} не просто больше; нужно сложить 10^{40} с самим собой миллион раз, чтобы получить 10^{46} . А что, если бы мы как-нибудь смогли бы собрать бригаду из 10^{46} обезьян, и снабдить каждую пишущей машинкой? Почему бы одной из них вдруг торжественно и не напечатать “Methinks it is like a weasel”? А другая почти наверняка напечатала бы “I think therefore I am” (Я мыслю, следовательно – существую). Проблема здесь в том, что мы не сможем набрать так много обезьян. Даже если вся материя во вселенной была бы превращена в плоть обезьян, то всё равно достаточного их количества не получилось бы. Чудо напечатания обезьяной “Methinks it is like a weasel”, количественно слишком чудесно, измеряемо слишком велико, чтобы в наших теориях мы допустили фактическое осуществление этого события. Но мы не могли этого знать, пока не сели, и не вычислили его.

Таким образом, существует некая величина везения - не только слишком большая для маленького человеческого воображения, но и слишком большая, чтобы мы могли бы её позволить в наших хитрых вычислениях, касающихся происхождения жизни. Но повторим вопрос: насколько велико должно быть везение, сколько чуда нам позволительно постулировать? Давайте не будем уходить от этого вопроса только из-за вовлечения в него больших чисел. Это совершенно законный вопрос, и мы можем по крайней мере записать то, что нам нужно знать для вычисления ответа.

В этом есть завораживающая мысль. Ответ на наш вопрос (сколько везенья нам можно постулировать), зависит от того, является ли наша планета единственным прибежищем жизни во вселенной, или жизнь во вселенной изобилует везде? Наверняка мы знаем лишь одно - жизнь однажды возникла, и это случилось здесь, на нашей планете. Но мы и понятия не имеем, существует ли жизнь во вселенной где-нибудь ещё. Совершенно возможно, что не существует. Некоторые люди вычислили, что жизнь должна быть также и где-нибудь ещё. Основания для их вычислений были таковы (я укажу на их ложность ниже): "Вероятно, существует по крайней мере 10^{20} (то есть 100 миллиардов миллиардов) примерно подходящих планет во вселенной. Мы точно знаем, что жизнь на Земле всё-таки возникла, поэтому её возникновение нельзя полагать невероятным. Следовательно, возникновение жизни, по крайней мере - на некоторых из этих миллиардов миллиардов других планет почти неизбежно.

Изыян этих рассуждений содержится в предположении, что раз уж жизнь возникла здесь, то это событие не может быть жутко невероятным. Заметьте, что этот вывод содержит неявное предположение, что как бы ни шли процессы на Земле, они вероятно могут идти в другом месте вселенной, а здесь напрашивается большой вопрос. Другими словами, такой статистический аргумент – что жизнь должна быть в другом месте вселенной, потому что она есть здесь, является лишь предположением, которое нужно ещё доказать. Я не хочу сказать, что вывод о существовании жизни во всей окружающей вселенной неизбежно ложен. Я предполагаю, что он вероятно правилен. Я просто имею в виду, что такой специфический аргумент – это не аргумент, а предположение. Давайте для полноты дискуссии рассмотрим альтернативное предположение - жизнь возникала за всё время существования вселенной только раз, и это было здесь, на Земле. Против этого предположения возникает соблазн возразить на чисто эмоциональных основаниях: не пахнет ли это средневековьем? Не возрождает ли это дух тех времён, когда церковь предписывала считать нашу Землю центром Вселенной, а звёзды – лишь маленькими булавочными проколами проделанными в небосводе для нашего развлечения (или, ещё самонадеянно-абсурднее - что звёзды ходят своими путями, чтобы оказать астрологическое влияние на наши жалкие жизни)? Не слишком ли тщеславно полагать, что из всех миллиардов миллиардов планет во вселенной, наш маленький захолустный уголок мира, в нашей

захолустной солнечной системе, в нашей захолустной галактике, был избран для жизни? Почему, за какие заслуги, это должна быть наша планета?

К моему искреннему сожалению, хотя я и благодарен истории за уход от недалёкости средневековой церкви, хотя я и презираю современных астрологов, но боюсь, что сарказм про захолустье в предыдущем параграфе неоправдан. Всецело возможно, что наша захолустная планета является буквально единственной, которая когда-либо носила на себе жизнь. Дело в том, что если существовала только одна планета, на которой когда-либо была жизнь, то это только наша планета. На то есть самые серьёзные основания – мы здесь, и обсуждаем этот вопрос! Если происхождение жизни – настолько невероятное событие, что оно случилось только на одной планете во вселенной, то наша планета должна быть именно ею. Поэтому мы не можем использовать факт наличия жизни на Земле, чтобы сделать вывод о достаточной вероятности возникновения жизни на другой планете. Такой аргумент был бы циркулярным. Мы должны располагать какими-то независимыми аргументами насчёт трудности или лёгкости возникновения жизни на планете - прежде, чем мы сможем подойти к ответу на вопрос, на скольких других планетах во вселенной есть жизнь.

Но это не тот вопрос, который мы выясняем. Наш вопрос был о количестве везения, которое мы можем допустить в нашей теории о происхождении жизни на Земле. Я сказал, что ответ зависит от того, возникла ли жизнь во вселенной лишь однажды, или многократно. Начнём с того, что дадим название той вероятности, как бы она ни была низкой, что жизнь возникнет на любой, наугад взятой планете некоторого специфического типа. Назовём это число вероятностью самопроизвольного зарождения или SGP. Именно SGP мы выясняем, когда садимся за учебники химии, или пропускаем разряды через смеси газов вероятной атмосферы в нашей лаборатории, и вычисляем вероятность спонтанного возникновения реплицирующихся молекул в типичной планетарной атмосфере. Предположим, что наша лучшая оценка SGP - некоторое очень-очень маленькое число, скажем, один на миллиард. Очевидно, что при такой малой вероятности, у нас нет даже самой слабой надежды воспроизвести такое фантастическое везение, чудесный случай возникновения жизни в наших лабораторных опытах. Тем не менее, если мы для полноты дискуссии принимаем (поскольку совершенно вправо), что жизнь во вселенной произошла только однажды, то из этого следует, что нам позволительно постулировать очень большой уровень везения в теории, потому что во вселенной так много планет, на которых могла бы произойти жизнь. Если, по оценке некоторых исследователей, во вселенной имеется 100 миллиардов миллиардов более-менее пригодных планет, то это в 100 миллиардов раз больше, чем наименьший из постулированных нами SGP. Чтобы закончить этот вопрос, примем, что максимальная позволительная нам величина везения, - до того, как мы отклоним некую теорию происхождения жизни, составляет $1/N$, где N – количество подходящих планет во вселенной. В слове “подходящих” таятся много неясного, но давайте примем верхний предел в $1 / 100$ миллиардов миллиардов – как максимальную величину везения, которую мы вправе принимать.

Подумаем, что это означает. Мы идем химику и говорим: достаньте ваши учебники и калькуляторы; заточите карандаши и остроумие; заполните вашу голову формулами, а вашим колбы – метаном, аммиаком, водородом, углекислым газом и всеми другими газами, которых можно ожидать на безжизненной первобытной планете; смешайте их; пропустите электрические разряды сквозь эти моделируемые атмосферы, а разряды вдохновения - сквозь ваш мозг; пустите в ход все хитрые химические методы, и дайте нам лучшую химическую оценку вероятности того, что типичная планета спонтанно породит самокопирующуюся молекулу. Или, иначе выражаясь - как долго нам нужно ждать, пока случайные химические процессы на планете, случайная тепловая толчея атомов и молекул, приведут к самокопирующейся молекуле?

Химики не знают ответа на этот вопрос. Большинство современных химиков скорее всего ответили бы, что по меркам продолжительности человеческой жизни ждать придётся долго, но по меркам космологического времени – возможно, не очень. Ископаемая история Земли свидетельствует, что на это ушло порядка миллиарда лет - одну “эпоху”, если использовать

удобное современное определение; это примерно время, прошедшее с момента образования нашей планеты около 4.5 миллиардов лет назад - до эры первых ископаемых организмов. Но сущность нашего фактора “количества планет” такова, что даже если бы химик сказал, что нам придётся ждать “чуда” - миллиард миллиардов лет, что гораздо больше времени существования вселенной, то мы тем не менее можем выслушать этот приговор с хладнокровием. Вероятно, пригодных планет во вселенной больше, чем миллиард миллиардов. Если каждая из них существует так же долго, как и Земля, то мы имеем для наших игр примерно миллиард миллиардов миллиардов плането-лет. Это чертовски приятно! Чудо переведено в практическую плоскость сумм и произведений.

В этих рассуждениях есть скрытое предположение. Хорошо, шансы есть, но есть частность, о которой я хочу сказать. А хочу я сказать то, что как только жизнь (то есть – репликаторы и нарастающий отбор) возникают вообще, то процесс всегда доходит до точки, где его творения развивают достаточно интеллект, чтобы размышлять о своём происхождении. Если это не так, то наша оценка позволительного нам количества везения должна быть соответственно уменьшена. Точнее говоря, максимальные шансы против происхождения жизни на некоей планете, которые наши теории позволяют постулировать - это число доступных планет во вселенной, делённое на шансы того, что жизнь, когда-то зародившаяся, разовьёт достаточный интеллект, чтобы размышлять о своём происхождении.

Может показаться немного странным, что “достаточный для размышлений о своём происхождении интеллект” имеет значение для нашей темы. Чтобы понять почему, рассмотрим альтернативное предположение. Предположим, что происхождение жизни - весьма вероятное событие, но последующее развитие интеллекта - чрезвычайно невероятно, только в результате огромной редкости везения. Предположим далее, что возникновение интеллекта настолько невероятно, что оно случилось на только одной планете во вселенной - даже при том, что жизнь зародилась на многих. Следовательно, поскольку мы знаем, что мы достаточно интеллектуальны для обсуждения проблемы, то этой одной планетой должна быть Земля. Теперь предположим, что и происхождение жизни, и происхождение интеллекта (при наличии жизни) являются крайне маловероятными событиями. Тогда, для любой планеты (такой как Земля), вероятность наслаждаться двумя улыбками фортуны – есть произведение двух низких вероятностей, а это намного меньшая вероятность.

Получается, что в нашей теории происхождения жизни, нам позволительно постулировать некую порцию везения. Эта порция имеет, в качестве верхнего предела, количество приемлемых планет во вселенной. Данную порцию везения мы можем тогда “тратить” как лимитированный товар в ходе объяснения нашего существования. Если мы исчерпываем почти всю нашу порцию везения на первом этапе - для объяснения начала жизни на планете, то нам можно постулировать очень мало везения на последующих этапах нашей теории, для, скажем – нарастающей эволюции мозга и интеллекта. Если мы не исчерпываем всю нашу порцию везения на этапе происхождения жизни, то у нас остаётся некоторый запас, который мы можем потратить на наши теории последующего развития, после начала нарастающего отбора. Если мы захотим потратить большую часть нашей порции везения в теории происхождения интеллекта, то нам мало что останется на нашу теорию происхождения жизни: там придётся придумывать теорию, полагающую происхождение жизни почти неизбежным. Если же нам не нужна вся наша порция везения ни для одной из этих двух стадий нашей теории, то мы можем использовать излишек для постулирования жизни в другом месте вселенной.

Лично я полагаю, что при условии должным образом начавшегося нарастающего отбора, нам нужно постулировать только сравнительно малую величину везения для последующего развития жизни и интеллекта. Нарастающий отбор, раз уж он начался, представляется мне достаточно мощным, чтобы развитие интеллекта было вероятным, даже неизбежным. Это означает, что мы - если хотим, можем потратить практически всю нашу порцию постулированного везения на один рывок - в нашей теории происхождения жизни на планете. Поэтому в нашем распоряжении, если мы хотим его использовать, 1 шанс из 100 миллиардов миллиардов как верхний предел (точнее - 1 из какого-то (как нам кажется, реалистичного)

количества пригодных планет), который мы можем потратить в нашей теории происхождения жизни. Это – максимальная величина везения, которую мы можем позволить себе постулировать в нашей теории. Допустим, мы решили выдвинуть гипотезу о том, что жизнь началась, когда спонтанно и случайно появилась ДНК, и её основанные на белках машины репликации. Мы можем позволить себе роскошь такой экстравагантной гипотезы при условии, что шансы против этого совпадения, произошедшего на планете, не превышает 100 миллиардов миллиардов против одного.

Это условие может показаться необременительным. Вероятно, его достаточно для объяснения спонтанного возникновения ДНК или РНК. Но его никак не достаточно для того, чтобы мы позволили себе обойтись без нарастающего отбора в целом. Шанс против сборки хорошо-разработанного существа, летающего, как стриж, или плавающего, как дельфин, или видающего как сокол, в результате единственного подарка судьбы – одноразового отбора – неизмеримо больше количества атомов во вселенной, не говоря уж о количестве планет! Нет, мы определённо нуждаемся в изрядно большей доле нарастающего отбора для нашего объяснения возникновения жизни.

Но хотя в нашей теории происхождения жизни мы вправе потратить максимальную порцию везения, составляющую, возможно один шанс против 100 миллиардов миллиардов, я догадываюсь, что нам потребуется лишь её малая доля. Происхождение жизни на планете может быть очень невероятным по нашим бытовым меркам, или по меркам химической лаборатории, но тем не менее – быть достаточно вероятным, чтобы случиться – и не однажды, а много раз, во всей вселенной. Мы можем рассматривать статистический аргумент, опирающийся на количество планет, как последнюю надежду. В конце этой главы, я сделаю парадоксальный вывод о том, что искомая теория может выглядеть невероятной, даже чудесной – по нашему субъективному суждению (по причине особенностей выработки субъективных суждений). Однако нам по-прежнему есть смысл начинать наши поиски теории происхождения жизни с наименьшей величины невероятности. Если теория самопроизвольного возникновения ДНК и машин её копирования полагает это событие настолько невероятным, что обязывает нас полагать жизнь очень редкой во вселенной, может быть даже уникальной на Земле, то нашей первой реакцией должна быть попытка найти другую теорию, где это событие рассматривается как более вероятное. Итак, можем ли мы выдвинуть какие-то предположения насчёт сравнительно вероятных путей начала работы нарастающего отбора?

Слово “предположение” имеет уничижительный оттенок, но здесь он весьма неуместен. Мы не можем надеяться на что-то большее, чем предположения, когда события, о которых мы говорим, имели место четыре миллиарда лет назад, и кроме того, происходили в мире, который скорее всего радикально отличался от мира, который мы знаем сегодня. Например, в той атмосфере почти наверняка не было свободного кислорода. Хотя химические процессы в мире, возможно изменилась, но не изменились законы химии (именно потому они и называются законами). Современные химики знают эти законы достаточно хорошо, чтобы делать некоторые обоснованные предположения - предположения, которые должны пройти строгие тесты на правдоподобие, построенные в соответствии с этими законами. Нельзя рассуждать вольно и безответственно, позволяя вашему воображению необузданно течь в манере таких неприемлемых научно-фантастических конструкций, как “гиперпереходы”, “искривления времени”, и “вечные двигатели”. Из всех возможных предположений о происхождения жизни, наиболее сильно выходящие за границы законов химии могут быть исключены, даже если мы полностью используем наш пораженческий статистический аргумент насчёт количества планет. Поэтому осмотрительные предположения - конструктивное упражнение. Но вы должны быть химиком, чтобы заниматься этим.

Я – биолог, а не химик, поэтому мне остаётся доверять химикам насчёт правильности их вычислений. У разных химиков есть разные любимые теории; в теориях нехватки нет. Я мог бы попробовать выложить все эти теории на ваш беспристрастный суд - и это было бы правильно в студенческом учебнике. Но эта книга - не студенческий учебник. Основная идея метафоры Слепого Часовщика состоит в том, что нам не нужно постулировать Проектировщика, чтобы

понять происхождение жизни, или чего-то ещё во вселенной. Здесь мы заинтересованы в поиске решения, которое бы разрешало стоящую перед нами проблему. Я думаю, что её лучше всего объяснить, не рассматривая много конкретных теорий, а рассмотрев одну - пример решения основной проблемы – возникновения нарастающего отбора.

Какую тогда теорию выбирать в качестве репрезентативного примера? Большинство учебников отдаёт наибольшее предпочтение семейству теорий, основанных на концепции органического "первобытного бульона". Представляется вероятным, что атмосфера Земли перед возникновением жизни была подобно таковой у других безжизненных планет. Не было никакого кислорода, было много водорода, воды, углекислого газа, очень вероятно – некоторое количество аммиака, метана и других простых органических газов. Химики знают, что в подобных бескислородных составах может спонтанно проходить синтез органических соединений. Они реконструировали в колбах условия на ранней Земле, затем пропустили сквозь эти газы электрические разряды, имитирующие молнии, и ультрафиолетовое излучение, которое в ту эпоху, когда Земля ещё не имела озонового слоя, защищавшего её от излучения Солнца, было намного сильнее, чем сейчас. Эти эксперименты дали захватывающие результаты. В этих колбах самопроизвольно синтезировались органические молекулы, некоторые из них были тех же самых типов, которые обычно обнаруживаются лишь в живых существах. Ни ДНК ни РНК не появились, но появились крупные строительные блоки для этих больших молекул, называемых пуринами и пиримидинами. Также появились блоки для построения белков – аминокислоты. Отсутствующее звено в теориях этого класса - происхождение репликатора. Строительные блоки не соединялись вместе, чтобы сформировать самокопирующуюся цепочку, подобную РНК. Но может быть, когда-нибудь это всё же произойдёт.

Так или иначе, но для моей иллюстрации возможного решения нашей проблемы, я выбрал не теорию органического первобытного бульона. Я выбирал её в моей первой книге, "Эгоистичном Гене", а здесь я подумал, что можно прозондировать почву для несколько менее фешенебельной теории (хотя она недавно стала подтверждаться), которая, как мне кажется, имеет по крайней мере шанс быть правильной. Она симпатично смела, и демонстрирует свойства, которыми должна обладать всякая удовлетворительная теория происхождения жизни. Это "неорганическая минеральная теория" химика из Глазго Грэма Кэрнс-Смита, которая впервые была предложена 20 лет назад и за прошедшее время развита и углублена в трёх книгах, последняя из которых, "Семь улик происхождения жизни", рассматривает происхождение жизни как тайну, достойную расследования Шерлока Холмса.

По мнению Кэрнс-Смита, машины синтеза белка по ДНК появились относительно недавно, возможно три миллиарда лет назад. До этого имели место многие поколения нарастающего отбора, основанного на некоторых весьма отличных реплицирующихся сущностях. Но однажды среди них появилась ДНК, и доказала, что она настолько более эффективный репликатор, и настолько мощнее влияет на вероятность собственной репликации, что изначальная, породившая ДНК система репликации была отброшена и забыта. Согласно этой точке зрения, современные ДНК-машины, являются более поздними, более современными захватчиками роли фундаментального репликатора, принявшими эту роль от раннего, и более примитивного репликатора; возможно даже, что таких захватов был целый ряд, но изначальный процесс репликации, был, надо полагать, был достаточно прост, чтобы возникнуть посредством того, что я обозначил "одношаговым отбором".

Химики подразделяют предмет химии на два главных течения: органическую и неорганическую химию. Органическая химия - химия одного конкретного элемента - углерода. Неорганическая химия – химия всего остального (*Ричард тут чуть погорячился, но не будем мелочно придираться – А.П.*). Из-за своей важности, углерод заслуживает своей личной ветви химии – частично потому, потому что вся химия жизни – химия углерода, а частично потому, что особые свойства углерода, делающие его подходящим для построения жизни, делают его подходящим для многих промышленных применений, таких, как производство пластмасс. Отличительная особенность атомов углерода, делающая его настолько подходящими и для

жизни, и для промышленного синтеза, состоит в том, что они способны соединиться вместе, формируя безграничный репертуар разнообразных видов очень больших молекул. Другой элемент, который обладает некоторыми из вышеперечисленных свойств, это кремний. Хотя химия современной Земной жизни – это целиком химия углерода, это не обязательно верно для всей вселенной, и это, возможно, не всегда было верно на нашей Земле. Кэрнс-Смит полагает, что первоначальная жизнь на нашей планете была основана на самокопирующихся неорганических кристаллах типа силикатов. Если это так, то органические репликаторы, и в конечном счете - ДНК, позже приняли или захватили эту роль.

Он приводит некоторые аргументы в пользу общего правдоподобия идеи “вступления в должность”. Например, арка из камней - устойчивая структура, способная стоять много лет – даже если нет скрепляющего её цемента. Построение сложной структуры путём эволюции, подобно попытке построить арку без цемента, если вам позволено оперировать только одним камнем за раз. На первый поверхностный взгляд это невыполнимо. Арка станет устойчивой только тогда, когда последний камень установлен на место, но промежуточные стадии неустойчивы. Однако довольно легко построить арку, если вам позволительно не только добавлять камни, но и изымать их. Построив вначале твёрдую кучу камней, можно затем построить арку, опирающуюся на вершину этой твёрдой основы. Затем, когда все камни арки на своих местах, включая жизненно важный краеугольный камень сверху, осторожно удалим поддерживающие камни, и, при наличии капельки везения, арка останется стоять. Стоунхендж непостижим, пока мы не поймём, что строители использовали какие-то подмости, или возможно земляные скаты, которых там больше нет. Мы можем видеть только конечный продукт, и должны заключить былое наличие исчезнувших подмостков. То же самое можно сказать про систему ДНК – белок; это как два столба устойчивой и изящной арки, которая существует только потому, что все её части существуют одновременно. Трудно представить себе возникновение её каким-либо постепенным процессом, кроме как посредством древних подмостков, которые ныне полностью исчезли. Надо полагать, что эти подмости были сами построены более ранней формой нарастающего отбора, природу которого мы можем только предполагать. Но он непременно был основан на реплицирующихся сущностью, обладающих властью над своим будущим.

Кэрнс-Смит предполагает, что изначальными репликаторами были кристаллы неорганических материалов, типа тех, что встречаются в глинах и гязях. Кристалл – это лишь большое упорядоченное множество атомов или молекул твёрдого тела. Благодаря своим свойствам, которые мы можем метафорически полагать их “формой”, атомы и маленькие молекулы все вместе склонны сами собой упаковываться в фиксированной и упорядоченной манере. Как будто они “хотят” соединиться друг с другом определённым образом, но эта иллюзия – только побочное следствие их свойств. “Предпочитаемый” ими способ самосборки формирует весь кристалл. Это также означает, что даже в большом кристалле (типа алмаза), любая часть кристалла точно повторяет другую его часть, кроме мест, где имеются дефекты кристаллической решётки. Если бы мы могли уменьшиться до атомных масштабов, то мы бы видели почти бесконечные ряды атомов, простирающихся к горизонту по прямым линиям – галереи геометрического орнамента.

Раз уж мы интересуемся репликацией, то прежде всего хотим знать, могут ли кристаллы копировать свою структуру? Кристаллы состоят из несметного количества слоёв атомов (или их эквивалентов), и каждый слой построен на низлежащем слое. Атомы (или ионы; различие для нас не имеет значения) свободно плавают в окружающем растворе, но если они случайно сталкиваются с кристаллом, то по своей природе склонны вставать в определённую позицию на поверхности кристалла. Раствор поваренной соли содержит ионы натрия и хлора, расположенные в нём более или менее хаотично. Кристалл поваренной соли – это упакованный упорядоченный массив ионов натрия и хлора, чередующихся друг с другом под прямыми углами. Когда плавающие в воде ионы случайно наталкиваются на твёрдую поверхность кристалла, они склонны прикрепляться к нему. И они прикрепляются в только правильные места, такие, чтобы новый слой добавился к кристаллу точно так же, как и низлежащий слой.

Итак, как только кристалл начинает расти, то каждый его слой в точности повторяет такой же слой ниже.

Иногда кристаллы начинают формироваться в растворе спонтанно, иногда – им требуется “затравка” - либо частицы пыли, либо или маленькие кристаллики, брошенные в раствор снаружи. Кэрнс-Смит приглашает нас сделать следующий эксперимент: растворите большое количество гипосульфита (используемого в фотографии в качестве фиксажа) в очень горячей воде. Затем осторожно остудите раствор, оберегая его от попадания пыли. Раствор теперь “перенасыщен”, готов, и ждёт образования кристаллов, но нет затравочных кристаллов, без которых процесс не начинается. Цитирую Кэрнс-Смита по “Семь улик происхождения жизни”:

Осторожно снимите крышку с мензурки, и бросьте одну крупинку кристалла гипосульфита на поверхность раствора. Не правда ли, изумительно? Ваш кристалл на глазах растёт; время от времени он раскалывается, и эти части тоже растут ..., скоро вся ваша мензурка будет переполнена кристаллами длиной в несколько сантиметров. Через нескольких минут всё это остановится. Волшебный раствор потерял свою власть - хотя, если вы хотите исполнить номер на бис, нужно лишь заново нагреть и заново охладить мензурку ..., перенасыщенность означает, что растворено больше, чем должно быть ... холодный, перенасыщенный раствор почти буквально не знал, что делать. Ему потребовалось “подсказать” - путём добавки части кристалла, в котором уже были его блоки (миллиарды и миллиарды их), упакованные вместе так, как характерно для кристаллов гипосульфита. Раствор должен быть “осеменён”.

Некоторые химические вещества способны кристаллизоваться в нескольких альтернативных манерах. Например, и графит, и алмаз являются кристаллами чистого углерода. Их атомы идентичны. Эти два вещества отличаются друг от друга только геометрической структурой, в которую эти атомы упакованы. В алмазе атомы углерода упакованы в структуру тетраэдра, которая чрезвычайно устойчива. Вот потому-то алмаз настолько твёрд. В графите атомы углерода организованы в плоские шестиугольники, наложенные друг на друга. Связь между слоями слаба, и поэтому они скользят друг по другу – именно поэтому графит ощущается скользким и используется как смазка. К сожалению вам не удастся выкристаллизовать алмазы из раствора с помощью затравки - как это получается с гипосульфитом. Если б вы это могли, то вы были бы богачом; впрочем, нет – ведь любой дурак мог бы сделать то же самое.

Теперь предположим, что у нас есть перенасыщенный раствор некоего вещества, которое бы, как гипосульфит – стремилось бы выкристаллизоваться из раствора, и как углерод - было бы способно кристаллизоваться в одном из двух стилей. Первый стиль мог бы быть как-то подобен графиту - с атомами, упорядоченными послойно, порождающими небольшие плоские кристаллы; другой же стиль порождает толстые, алмазоподобные кристаллы. Пусть мы одновременно поместим в наш перенасыщенный раствор две крошечные затравки – плоский и толстый кристалл. Мы можем характеризовать происходящие события так же, как это сделано в описании эксперимента Кэрнс-Смита с гипосульфитом. Вы с изумлением наблюдаете то, что происходит. Эти два кристалла растут на глазах: они время от времени раскалываются, и их обломки тоже растут. Плоские затравки порождают популяцию плоских кристаллов; толстые – толстых. Если один тип кристаллов склонен расти и раскалываться быстрее другого, то будет иметь место простейший естественный отбор. Но для порождения эволюционных изменений на сцене действия недостаёт жизненно важного компонента. Этот компонент – наследственные вариации, или что-то им эквивалентное. Вместо только двух типов кристаллов, должен наличествовать целый диапазон более мелких вариантов, формирующих наследственные линии подобной формы, которые иногда “мутируют”, продуцируя новые формы. Имеют ли настоящие кристаллы что-нибудь соответствующее наследственной мутации?

Глина, ил и камни состоят из крошечных кристаллов. Они обильны на Земле, и вероятно существовали всегда. Если вы посмотрите на поверхность некоторых видов глины, и других полезных ископаемых в растровый электронный микроскоп, то вы увидите удивительный и красивый мир. Кристаллы растут как ряды цветов или кактусов, сады неорганических лепестков роз, крошечные спирали – подобные поперечным срезам сочных кактусов,

ощетинившиеся органические трубы, сложные угловые формы, сложенные как в миниатюрном кристаллическом оригами, свёрнутые наросты, подобные мечущимся червям или выжатой зубной пасте. Упорядоченность форм станет даже поразительнее на большем увеличении. На тех уровнях, где уже заметно фактическое положение атомов, можно увидеть, что вся поверхность кристалла, с регулярностью ткацкой машины “разрисована ёлочкой”, как твидовая ткань. Но в этом рисунке присутствует жизненно-важный элемент – дефекты. Посреди упорядоченного рисунка “ёлочкой” может быть заплатка, идентичная остальному рисунку, но повернутая вокруг оси под каким-то углом так, чтобы узор пошёл в другом направлении. Или узор может идти в том же самом направлении, но каждый ряд “соскальзывает” на полряда в сторону. Почти все естественные кристаллы имеют дефекты. И как только дефект появился, он скорее всего будет скопирован, так как последующие слои кристалла строятся по образцу данного. Дефекты могут случаться где угодно на поверхности кристалла. Если вам нравится размышлять о ёмкости для хранения информации (что нравится мне), то вы могли бы представить себе огромное множество различного вида дефектов, которые можно создавать на поверхности кристалла. Вычисления насчёт упаковки Нового Завета в ДНК единственной бактерии могут быть столь же выразительно проделаны и в отношении почти любого кристалла. Чем ДНК превосходит естественные кристаллы – так это наличием средств чтения записанной на ней информации. Абстрагируясь от проблемы считывания, вы можете легко изобрести произвольный код, использующий дефекты атомной структуры кристалла, и обозначающий двоичные числа. Тогда вы бы смогли упаковать несколько Новых Заветов в минеральный кристалл размером с булавочную головку. В сущности, именно так музыкальная информация записывается на поверхность лазерного (компакт-) диска, хотя и в большем масштабе. Музыкальные ноты преобразованы компьютером в двоичные числа. С помощью лазера на гладкой и ровной поверхности диска выгравировывается набор крошечных дефектов. Каждая такая выгравированная маленькая дырочка обозначает двоичную 1 (или 0 – это не принципиально). Когда диск проигрывается, то другой лазерный луч “читает” набор дефектов, и специализированный компьютер проигрывателя конвертирует двоичные числа снова в звуковые колебания, которые усиливаются, и их можно слышать.

Хотя сегодня лазерные диски используются главным образом для хранения музыки, вы могли бы упаковывать на один из них всю Энциклопедию Британика, и читать её, используя ту же самую лазерную технику. Кристаллические дефекты на атомном уровне гораздо мельче ямок, выгравированных на поверхности лазерного диска, поэтому на кристалл можно в принципе упаковать больше информации на ту же площадь. Молекулы ДНК, чья информационная ёмкость уже произвела на нас впечатление, сами по себе в чём-то подобны кристаллам. Хотя кристаллы глины могли бы теоретически хранить те же самые потрясающие объёмы информации, что и ДНК или лазерные диски, но никто предполагает, что они когда-либо использовались для этого. Предполагаемая роль глины и других минеральных кристаллов состоит в их активности как изначальных “низкотехнологичных” репликаторов, тех самых, которые в конечном счёте были заменены высокотехнологичными ДНК. Они спонтанно формируются в водах нашей планеты без сложных “машин” в которых нуждается ДНК; они спонтанно формируют дефекты, некоторые из которых могут копироваться в последующих слоях кристалла. Если фрагменты такого “дефектного” кристалла позже отломались, мы могли бы представить их в роли “семян” для новых кристаллов, каждый из которых “унаследовал” бы набор “родительских” дефектов.

Таким образом, мы построили умозрительную картину жизни минеральных кристаллов на изначальной Земле, показав некоторые из их свойств – репликации, размножения, наследственности и мутаций, которые необходимы для начала некоей формы нарастающего отбора. Однако всё ещё отсутствует компонент “власти”: особенности репликаторов должны так или иначе влиять на вероятность их собственного копирования. Когда мы говорили про репликаторы абстрактно, мы видели, что их “власть” могла быть следствием некоего прямо присущего им свойства, такого, как “клейкость”. На том элементарном уровне, гордое слово “власть” представляется вряд ли оправданным. Я применяю его только из-за того, что оно

может стать оправданным на более поздних стадиях эволюции: например, власть ядовитых змеиных зубов над размножением (посредством косвенного влияния на выживание змеи) ДНК, кодирующей зубы. Мы можем предполагать, что безотносительно к тому, были ли изначальные низкотехнологические репликаторы минеральными кристаллами, или они были органическими прямыми предшественниками самой ДНК, осуществляемая ими “власть”, была прямой и элементарной, подобной клейкости. Продвинутые рычаги власти, такие, как ядовитый зуб змеи, или цветок орхидеи, появились гораздо позже.

Что понятие “власти” могло бы означать в случае глины? Какие побочные свойства глины могли бы повлиять на вероятность распространения именно этой вариации глины в окружающей местности? Глина состоит из химических строительных блоков, таких, как кремневая кислота, и ионов металлов, которые растворены в реках, и были ранее “вымыты” этими потоками из камней, находящихся выше по течению. В соответствующих условиях они кристаллизуются из раствора, и снова выпадают в осадок, формируя глины. (“Поток” в этом случае, будет вероятнее всего означать просачивающиеся подземные воды, а не мчащуюся открытую реку. Но я буду для простоты использовать более общее слово “поток”.) Будут ли расти конкретные разновидности кристаллов глины, зависит, помимо прочего, от скорости и структуры течения потока. Но и отложения глины также могут влиять на течение потока. Они делают это непреднамеренно, изменяя уровень, форму и структуру подстилающей поверхности, по которой течёт вода. Рассмотрим вариант глины, у которой оказалось свойство так изменять структуры почвы, что поток ускорится. Следствием этого будет то, что рассматриваемая глина будет снова смыта. Этот вид глины, по определению, не очень “успешен”. Другой неуспешной глиной была бы такая, которая изменила бы поток таким образом, что был бы одобрен конкурирующий вариант глины.

Разумеется, мы не предлагаем, что глины “хотят” продолжить существование. Мы всегда обсуждаем только побочные последствия, события, следующие из свойств репликатора, которыми он случайно обладает. Рассмотрим другой вариант глины. Этот вариант замедляет поток таким образом, что последующее осаждение именно этого вида глины будет увеличено. Очевидно, что этот второй вариант будет постепенно становиться широко распространённым, потому что он случайно управляет потоками в свою “пользу”. Это будет “успешный” вариант глины. Но пока мы имеем дело только с одноразовым отбором. Может ли здесь начаться какая-то форма нарастающего отбора?

Для дальнейших рассуждений предположим, что некий вариант глины повышает шансы на своё отложение, запруживая поток. Это - побочное следствие структуры определённого кристаллического дефекта глины. Любой поток, в котором присутствует этот вид глины, будет иметь вид набора больших, застойных и мелких водоёмов (выше от плотины), а главный поток воды будет отклонён на новый курс. В этих застойных водоёмах будет оседать ещё большее количество той же самой глины. Последовательность таких мелких водоёмов распространится по длине всякого потока, который окажется “инфицированным” “семенными” кристаллами этого вида глины. Тогда, из-за отклонения главного потока, мелкие водоёмы в сухой сезон будут высыхать. Глина высыхает и трескается на солнце, и верхние слои её будут сдуться как пыль. Каждая частица пыли унаследует характерную структуру родительской глины, делавшей запруды - структуру, которая придала ей свойство запруживать поток. По аналогии с генетической информацией, идущей дождём по каналу от моей ивы, мы могли бы говорить, что пыль несёт “инструкции” о том, как запруживать потоки, и в конечном итоге производить большее количество пыли. Пыль раздувается ветром далеко и широко, и есть большие шансы на то, что некоторые частицы её упадут в другой поток, доселе не “инфицированным” семенами этого делающего запруды вида глины. После инфицирования “правильным” видом пыли, новый поток начинает растить кристаллы запруживающей глины, которая оседает, запруживает, высыхает, и цикл эрозии начинается снова.

Называть этот цикл “жизнью” было бы очень спорно, однако это такой цикл, который объединяет с настоящими жизненными циклами способность начать нарастающий отбор. Поскольку потоки инфицируются “семенной” пылью, унесённой из других потоков, мы можем

выстраивать потоки в порядке наследования и происхождения. Глина, которая запрудила поток В, прилетела туда в форме кристаллов пыли, унесённых из потока А. В конечном итоге, водоёмы потока В высохнут и выработают пыль, которая инфицирует потоки F и P. Исходя из прародительской запруживающей глины, мы можем выстраивать потоки в “генеалогические деревья”. У каждого инфицированного потока есть “родительский” поток, и может быть более чем один “дочерний”. Каждый поток аналогичен телу, чьё “развитие” происходит под влиянием “генов” семенной пыли; телу, которое в конечном счёте породит новые семена пыли. Каждое “поколение” в цикле начинается тогда, когда семенные кристаллы оторвутся от родительского потока в форме пыли. Кристаллическая структура каждой частицы пыли скопирована с глины родительского потока. Она переходит к кристаллической структуре дочернего потока, где растёт, размножается и наконец, рассылаёт свои “семена” снова.

Унаследованная кристаллическая структура сохраняется у всех потомков, если не происходит случайной ошибки при росте кристаллов, случайное изменение в шаблоне упаковки атомов. Последующие слои этого кристалла копируют этот дефект, и если кристалл раскалывается на два, то рождается субпопуляция изменённых кристаллов. Теперь, если изменение сделает этот кристалл менее или более эффективным в цикле запруживание/высыхание/выветривание, то это изменение повлияет на количество копий, которые он будет иметь в следующих “поколениях”. Изменённые кристаллы могли бы, например, с большей вероятностью раскалываться (“размножение”). Глина, сформированная из изменённых кристаллов, могла бы быть более эффективной в запруживании – не важно, как именно. Она могла бы более охотно трескаться при данной силе солнечного облучения. Она могла бы легче рассыпаться в пыль. Частицы пыли могли бы легче раздуваться ветром - как пух на семени ивы. Некоторые типы кристаллов могли бы стимулировать сокращение “цикла жизни”, и следовательно - ускорение их “эволюции”. Существует много способов прогрессивно улучшить следующее “поколение”. Другими словами – есть много возможностей для начала элементарного нарастающего отбора.

Этот маленький полёт фантазии, украшающий самого Кэрнс-Смита, касается только одного из нескольких видов “жизни” минералов, который мог направить нарастающий отбор по его главной дороге. Но есть и другие. Другие вариации кристаллов могли бы выходить в новые потоки, не разрушаясь в “семенную” пыль а, рассекая свои потоки в большое количество маленьких ручейков, захватывающих большую площадь, в конечном счёте соединяли и инфицировали новые речные системы. Некоторые вариации могли бы строить водопады, которые быстрее разрушают камни, и следовательно - ускоряют растворение сырья, необходимое для образования новых глин ниже по течению. Некоторые вариации кристаллов могли бы приносить себе пользу, затрудняя условия для “конкурентных” вариаций, конкурирующих за сырьё. Некоторые вариации могли бы стать “хищниками”, разрушая конкурирующие вариации и используя их материал, как сырьё. Ещё раз обращаю внимание, что здесь нет никаких предположений насчёт “преднамеренной” разработки, будь то в кристаллах, или в современной жизни, основанной на ДНК. Просто мир автоматически склонен заполняться теми вариациями глины (или ДНК) которые случайно обладают свойствами, способствующими сохранению и распространению самих себя.

Теперь перейдём к следующей стадии нашего обсуждения. Некоторые наследственные линии кристаллов могли бы случайно катализировать синтез новых веществ, помогающих им в переходе к следующим “поколениям”. Эти второстепенные вещества не имели бы собственного предка (или имели бы, но не сразу), и наследственной линии, а изготавливались бы заново каждым поколением первичных репликаторов. Они могли выглядеть как инструменты реплицирующихся линий кристаллов, зачатки примитивных “фенотипов”. Кэрнс-Смит полагает, что органические молекулы выделялись среди нереплицирующих “инструментов” их неорганических кристаллических репликаторов. Органические молекулы часто оказывают эффекты на поток жидкостей, на раздробление или рост неорганических частиц – почему они и используются в промышленном неорганическом химическом производстве. А это как раз эффекты, которые, вкратце могли бы повлиять на “успех” линии реплицирующихся кристаллов.

Например, разновидность глины с красивым названием “монтмориллонит” склонна раздробляться в присутствии небольших количеств органической молекулы с менее красивым названием карбоксиметилцеллюлоза. Меньшие количества карбоксиметилцеллюлозы, напротив, оказывают прямо противоположный эффект, помогая слеплять частицы монтмориллонита вместе. Другие органические молекулы, танины, используются в нефтедобывающей промышленности для облегчения бурения грунта. И если бурильщики могут использовать органические молекулы для влияния на поток и лёгкость бурения, то почему эти свойства не мог использовать нарастающий отбор - для самореплицирования минералов?

А здесь теория Кэрнс-Смита получает своего рода бесплатный бонус дополнительного правдоподобия. Так получилось, что другие химики, поддерживая более ортодоксальную теорию органического “первобытного бульона”, давно воспринимали эти глинистые минералы как своих помощников. Прочитую одного из них (Д. М. Андерсона): “Широко распространено мнение, что некоторые, возможно – многие абиотические химические реакции и процессы, приведшие возникновению на Земле реплицирующихся микроорганизмов, происходили в истории Земли очень рано – на поверхности глинистых минералов и других неорганических подложек”. Далее этот автор приводит список пяти “функций” глинистых минералов способствующих происхождению органической жизни; например - “концентрация химических реагентов посредством адсорбции”. Нам не нужно приводить здесь все пять, или даже понимать их. Для нас важно, что каждая из этих пяти “функций” глинистых минералов может быть полезна и как-то иначе, и показывают тесные ассоциации, возможно существующие между органическим химическим синтезом и поверхностями глины. В этом-то и состоит поддержка теории, что глинистые репликаторы синтезировали органические молекулы и использовали их для своих целей.

Кэрнс-Смит далее подробно описывает (я не могу приводить здесь этих подробностей), что его репликаторы - кристаллы глины, могли очень рано использовать белки, сахара и, главное - нуклеиновые кислоты, подобные РНК для своих целей. Он полагает, что РНК сначала использовалась для чисто структурных целей - как танины используются бурильщиками, или как мы используем мыло и моющие средства. РНК-подобные молекулы, благодаря отрицательному заряду своих оснований, имели бы склонность обволакивать частиц глины. Детали этого уведут нас в царство химии, что находится вне наших интересов. Для нас же важно, что РНК, или что-то подобное, существовало в нашем мире задолго до того, оно стало самореплицироваться. Когда оно наконец стало самореплицирующимся, то это было устройством, развитым кристаллическим минеральным “геном”, с целью улучшения эффективности производства РНК (или подобной молекулы). Но, как только появилась новая самокопирующаяся молекула, так сразу смог начаться новый вид нарастающего отбора. Оказалось, что эти новые репликаторы - изначально побочные, были намного эффективнее прародительских кристаллов, и они заняли их место. Они эволюционировали далее, и в конечном счете довели до совершенства тот код ДНК, который мы знаем сегодня. Изначальные минеральные репликаторы были отброшены, подобно изношенным строительным лесам, и далее вся современная жизнь эволюционировала от относительно недавнего общего предка, с единой и однородной генетической системой, и в значительной степени однородной биохимией.

В своей книге “Эгоистичный ген” я предполагал что мы сейчас возможно стоим на пороге нового генетического переворота. ДНК-репликаторы построили “машины выживания” самих себя - тела живых организмов, включая и нас с вами. Как часть оборудования этих машин, развился бортовой компьютер – мозг. Мозг развил способность к коммуникации с другими мозгами - посредством языка и культурных традиций. Но новая среда культурной традиции открывает новые возможности возникновения самокопирующихся объектов. Новые репликаторы – это не ДНК, и не кристаллы глины. Это – наборы информации, которая может процветать только в мозге или искусственно созданных продуктах мозга - книгах, компьютеры, и так далее. Но поскольку, мозги, книги и компьютеры уже существуют, то эти новые репликаторы (которые я назвал мемами - чтобы отличить их от генов), могут размножаться - от

одного мозга к другому, от мозга к книге, от книги снова до мозга, от мозга на компьютер, с компьютера на компьютер. В ходе такого размножения они могут мутировать. И возможно, “мутантные” мемы могут проявлять различные виды влияния, которое я здесь называю “властью репликатора”. Напомню, что это понятие означает любое влияние на вероятность собственного размножения. Эволюция новых репликаторов – эволюция мемов – находится в зачаточном состоянии. Она проявляется в явлениях, которые мы называем культурной эволюцией. Культурная эволюция протекает на много порядков величины быстрее чем эволюция, основанная на ДНК, которая наводит на ещё большие размышления над идеей “переворота”. И если новый переворот репликаторов начинается, то вполне мыслимо, что ему удастся оставить своего прародителя - ДНК (и её бабушку = глину, если Кэрнс-Смит был прав) далеко позади. И если это так, то компьютеры будут, без сомнения, в авангарде.

Кто знает, может быть, когда-нибудь в отдалённом будущем интеллектуальные компьютеры будут размышлять о своём забытом происхождении? Один из них догадается до еретической истины, что они произошли от далёкой, древней формы жизни, базировавшейся на органической химии соединений углерода, а не на основе кремниевых элементов, реализующих электронные принципы строения их тел? Напишет ли робот Кэрнс-Смит книгу с названием “Электронный переворот”? Откроет ли он заново какой-то электронный эквивалент метафоры об арке, и поймёт ли, что компьютеры не могли спонтанно начать существование, но видимо произошли в результате несколько более раннего процесса нарастающего отбора? Сможет ли он, углубившись в детали, восстановить ДНК как вероятного раннего репликатора, жертву электронной узурпации? Будет ли он достаточно дальновиден, чтобы предположить, что и сама ДНК, в своё время возможно узурпировала роль ещё более ранних и примитивных репликаторов, кристаллов неорганических силикатов? Если у него будет поэтический склад ума, то он возможно даже увидит своего рода справедливость в окончательном возвращении к кремнию как основе жизни, а ДНК будет восприниматься не более, чем антракт, пусть и длившийся дольше трёх миллиардов лет?

Конечно, это научная фантастика, вероятно не выглядящая правдоподобно. Но это не важно. Менее фантастическая теория Кэрнс-Смита, а собственно, и все другие теории происхождения жизни, также могут выглядеть для вас неправдоподобно, и вызывать у вас недоверие. Вы находите, что и теория глины Кэрнс-Смита, и более ортодоксальная теория первозданного органического бульона, жутко невероятны? Вы полагаете, что для соединения беспорядочно двигающихся атомов в самокопирующуюся молекулу требуется чудо? А знаете, время от времени мне это тоже так кажется. Но давайте рассмотрим глубже вопрос чуда и неправдоподобия. Делая это, продемонстрирую одну парадоксальную, но тем более интересную мысль. Нас, как учёных, должно бы даже беспокоить, если бы происхождение жизни не выглядело для обыденного сознания чудом. Очевидно, что “безумная” (для обычного человеческого сознания) теория – это именно та теория, которую мы должны построить в рамках специфического вопроса происхождения жизни. Обсуждению того, что мы понимаем под чудом, будет посвящён остаток этой главы. Мы расширим ранее сделанное предположение о примерно миллиарде планет.

Так что же мы понимаем под чудом? Чудо – это нечто такое, что может произойти, но такое событие является чрезвычайно удивительным. Если мраморная статуя Девы Марии внезапно махнёт нам рукой, то мы расценим это как чудо, потому что весь наш жизненный опыт и знания говорят нам, что мрамор так себя не ведёт. Вот я только что произнёс слова “Разрази меня гром!”. И если бы молния ударила бы меня в ту же самую минуту, то это следовало бы расценить как чудо. Но фактически ни одно из этих двух событий не классифицировалось бы наукой как полностью невозможное. Просто они были бы оценены крайне маловероятные, причём машущая рукой статуя - намного менее вероятной, чем молния. Молнии действительно поражают людей. Любой из нас мог бы быть поражён молнией, но вероятность того, что это произойдёт в данную минуту, очень низка (хотя в книге рекордов Гиннеса есть забавная запись о жителе Виржинии по прозвищу “человек-громоотвод”, возвращающегося в больницу после седьмого удара молнии с выражением опасения и замешательства лице). Чудесным в этой

гипотетической истории является совпадение между поражением меня молнией и моим устным призыванием этого бедствия.

Совпадение – это произведение неправдоподобий. Вероятность моего поражения молнией в данную минуту моей жизни - возможно одна 10-миллионная (по умеренной оценке). Вероятность моего призвания удара молнии в любую данную минуту также очень низка. Я только что сделал это единственный раз за все 23 400 000 минут своей прошедшей жизни, и сомневаюсь что сделаю это когда-нибудь ещё, так что объявим этот шанс как один из 25 миллионов. Для вычисления вероятности совпадения этих событий в любую наугад взятую минуту, умножаем эти две вероятности. Итак, наши прикидочные вычисления показывают, что шансов – примерно один на 250 триллионов. Если бы совпадение с такой вероятностью произошло бы со мной, то я должен был бы назвать это чудом, и в будущем придерживать свой язык. Но хотя шансы такого совпадения чрезвычайно низки, они тем не менее не являются строгим нулём, и мы можем их вычислить.

Теперь о мраморной статуе. Молекулы в твёрдом мраморе непрерывно толкают друг друга в случайных направлениях. Толчки различных молекул нейтрализуют друг друга, поэтому вся рука статуи пребывает в неподвижности. Но если вдруг совпадёт так, что все молекулы руки возьмут да одновременно двинутся в одном направлении, то рука подвинется. И если бы они следом точно также двинулись бы в обратном направлении, то рука двинулась бы обратно. Таким образом, мраморная статуя в принципе может махнуть нам рукой... это может случиться! Шансы против такого совпадения невообразимо велики, но они не-неисчислимы. Мой коллега-физик любезно вычислил их величину для меня. Это число столь велико, что возраста вселенной не хватило бы, чтобы записать все его нули! Теоретически возможно, что корова перепрыгнет через луну – с вероятностью подобного порядка величины. Вывод из этой части рассуждения состоит в том, что мы можем вычислить наш путь в зоны чудесного неправдоподобия гораздо чаще, чем можем представить себе его как нечто вероятное.

Давайте рассмотрим, что мы можем счесть вероятным событием. То, что мы можем представить себе вероятным – это узкая полоса в середине очень широкого спектра чего-то в принципе возможного. Иногда она представляется гораздо более узкой, что на самом деле. Можно привести хорошую аналогию со светом. Наши глаза устроены так, что воспринимают узкую полосу электромагнитных частот (тех, что мы называем видимым светом), находящуюся где-то в середине спектра электромагнитных волн – от длинных радиоволн с одного конца, и до жёсткого гамма-излучения с другого. Мы не можем видеть лучи вне этой узкой полосы видимого света, но мы можем включать их в наши вычисления, и можем изготовить инструменты, их обнаруживающие. Точно также мы осознаём, что шкалы линейных размеров и времён простираются в обоих направлениях далеко за пределы царства сущностей, которые мы можем субъективно прочувствовать. Наше воображение не может оперировать такими большими расстояниями, с какими имеет дело астрономия, или маленькими - с которыми имеет дело атомная физика, но мы можем отображать эти расстояния математическими символами. Наше воображение не может представить интервал времени в пикосекунду, но мы можем производить вычисления, в которых участвуют пикосекунды, и мы можем делать компьютеры, могущие делать какие-то вычисления в несколько пикосекунд. Наше воображение не может представить себе интервал времени в миллионы лет - не говоря уж о тысячах миллионов лет, которыми обычно оперируют геологи.

Точно также, как наши глаза могут видеть только узкую полосу электромагнитных волн, к видению которых приспособил наших предков естественный отбор, так и наши мозги устроены так, чтобы обрабатывать узкие полосы размеров и времён. Возможно, у наших предков не было никакой потребности в обработке размеров и времён вне узкого диапазона повседневной практики, и поэтому наши мозги и не развили способность их представлять. В этом смысле видимо важно, что размеры нашего тела (нескольких футов) находятся примерно в середине диапазона размеров, доступного нашему воображению. А продолжительность нашей жизни в нескольких десятилетиях – примерно в середине воображаемого диапазона времён.

Примерно то же самое можно сказать о неправдоподобиях и чудесах. Картина непрерывной

шкалы неправдоподобия аналогична шкале размеров - от атомов до галактик, или шкале времён - от пикосекунд до геологических эпох. На этой шкале можно отметить несколько важных точек. На дальнем левом конце шкалы - события, почти неизбежные, типа вероятности завтрашнего восхода солнца – предмет пари на полпенни Г.Х. Харди. Чуть правее – события, являющиеся лишь слегка невероятными, типа выпадения двух шестёрок при броске пары игральных костей. Шансы такого события - 1 из 36. Я думаю, что у всех нас такое случалось довольно часто. Вблизи правого края спектра отметим другой важный пункт - вероятность совершенной сдачи карт в бридже, когда каждый из четырёх игроков получает все карты только одной масти. Шансы против такого совпадения – 1 из 2 235 197 406 895 366 368 301 559 999. Давайте назовём эту вероятность одним деалионом - единицей невероятности. Если какое-нибудь событие, вероятность которого оценена в один деалион всё-таки произошло, то мы должны констатировать чудо, если конечно нет оснований подозревать гораздо более вероятное мошенничество. Но это может произойти и вполне честно – ведь это намного-намного-намного вероятнее приветствующей нас взмахом руки мраморной статуи. Однако, как мы видели, даже этот последний случай имеет своё законное место в спектре могущих случаться событий. Его вероятность измерима, хотя и в единицах, гораздо более крупных, чем гигадеалионы. Между вероятностью выпадения двойной шестёрки при броске пары игральных костей, и вероятностью совершенной сдачи карт в бридже, лежит интервал более или менее невероятных, иногда случающихся событий, включая вероятность поражения некой персоны молнией, выигрыша большого приза на футбольных ставках, попадания мяча в лунку с одного удара в гольфе, и так далее. Где-то в этом диапазоне лежат совпадения, вызывающие у нас жутковатый холодок в спине, например, если вы впервые за десять лет увидели какого-то конкретного человека во сне, а затем, проснувшись узнали, что он умер этой ночью. Эти жуткие совпадения, случившиеся с нами, или одним из наших друзей, очень впечатляют, но их неправдоподобие измеряется лишь в пикодеалионах.

Построив нашу математическую шкалу неправдоподобий, и отметив на ней некие эталонные точки, давайте теперь обратим наше внимание на тот поддиапазон шкалы, где наше воображение чувствует себя привычно. Ширина этого поддиапазона аналогична ширине поддиапазона видимых глазом электромагнитных частот, или узкому поддиапазону представимых размеров или времён, близких к размеру нашего тела или длительности нашей жизни. На шкале неправдоподобия, этот поддиапазон, оказывается, охватывает только вероятности от уверенности (с левого края), до небольших чудес типа попадания в лунку в гольфе, или сбывшемся сне. Но есть также широкий диапазон математически вычисляемых неправдоподобий вне поддиапазона вообразимости.

Наш мозг был построен естественным отбором для оценки вероятности и риска точно также, как наши глаза были построены для оценки электромагнитных волн. Мы приспособлены для мысленных оценок риска и шансов в границах того диапазона неправдоподобий, который имеет смысл в человеческой жизни. Это такие риски, как, скажем, риск быть убитым буйволом, если мы стреляем в него из лука, или риск быть поражённым молнией, если мы прячемся под одиночным деревом в грозу, или риск утонуть, если мы попытаемся переплыть реку. Эти риски соразмерны с длительностью нашей жизни в нескольких десятилетиях. Если бы мы были биологически способны жить миллион лет, и хотели бы этого, то нам следовало бы оценивать риски весьма иначе. У нас бы, например, выработалась привычка не переходить дорог - ибо если вы будете переходить дорогу каждый день в течение полмиллиона лет, то вас несомненно кто-нибудь переедет. Эволюция снабдила наш мозг субъективным осознанием риска и неправдоподобия, подходящим для существ с продолжительностью жизни менее одного столетия. Нашим предкам было нужно принимать решения, требующие оценки риска и вероятности, и поэтому естественный отбор снабдил наш мозг способность оценки вероятности на фоне их ожидаемо короткой продолжительности жизни. Если на какой-то планете живут существа с продолжительностью жизни а миллион столетий, их поддиапазон представимого им риска будет простираться к правому концу континуума намного дальше. Они будут ожидать, что время от времени будет случаться совершенная сдача карт в бридже, и вряд ли будут

восторженно писать письмо домой про такое совпадение. Но даже они отшатнутся в ужасе, если мраморные статуи будут махать им рукой – им надо будет жить в деалионы раз дольше, чтобы увидеть чудо такой величины.

Но какое отношение это всё имеет к теориям о происхождении жизни? Смотрите, мы начали это доказательство, соглашаясь, что и теория Кэрнс-Смита, и теория первобытного бульона, выглядят для нас несколько неправдоподобными и невероятными. Естественно, по этой причине мы ощущаем желание отклонить эти теории. Но помните, “мы” - это существа, чей мозг снабжён центром оценки приемлемого риска, карандашно-тонким лучом, освещающим далёкий левый фланг математического континуума измеримых рисков. Наше субъективное суждение о том, что есть хорошая ставка, неадекватно фактически хорошей ставке. Субъективное суждение инопланетянина с продолжительностью жизни в миллион столетий будет весьма иным. Вероятность происхождения первой самокопирующейся молекулы он будет оценивать как весьма высокую - в соответствии с некоей химической теорией, которую мы, подготовленные эволюцией для жизни в этом мире лишь несколько десятилетий, оценивали бы как поразительное чудо. Как понять, чья точка зрения правильнее – наша, или долгоживущего инопланетянина?

На этот вопрос есть простой ответ. И на теорию Кэрнс-Смита, и теорию первобытного бульона правильна точка зрения долгожителя-инопланетянина. Правильна потому, что обе они постулируют особый случай – спонтанное возникновение самокопирующейся сущности, как случающийся раз в примерно миллиард лет, раз в геологическую эпоху. Полторы эпохи – это примерно время, прошедшее между рождением Земли и первыми бактероподобными окаменелостями. Для нашего, ориентированного на десятилетия мозга, случай, происходящий раз в геологическую эпоху, представляется столь редким, что кажется большим чудом. Для инопланетянина-долгожителя, это будет казаться меньшим чудом, чем нам - попадание в лунку с первого раза при игре в гольф - хотя большинство из нас вероятно знает кого-то, кто знает кого-то выигравшего этот удар. Для оценки теорий происхождения жизни, субъективная временная шкала инопланетянина-долгожителя вполне адекватна, потому как это примерно та шкала, на которой происходит происхождение жизни. Наше собственное субъективное суждение о правдоподобии этих теорий, будет вероятно искажено – с коэффициентом порядка сотни миллионов.

Фактически, наше субъективное мнение об этом, будет вероятно даже более ошибочно. Мало того, что наш мозг по своей природе приспособлен для оценки рисков на малых временных интервалах; он также приспособлен для оценки рисков событий, происходящих или с нами лично, или с узким кругом людей, которых мы знаем. Это произошло потому, что наш мозг эволюционировал в обстановке отсутствия средств массовой информации. Масс-медиа сообщают нам о невероятных событиях, случающихся с любым человеком, в любой точке мира, и мы прочтём об этом в газетах или Книге рекордов Гиннеса. Если какой-нибудь оратор, где-нибудь в мире, публично скажет “Разрази меня гром, если я лгу”, и молния его тут же поразит, то мы прочтём об этом, и это произведёт на нас должное впечатление. Но в мире живет несколько миллиардов людей, и с любым из них может случиться такое совпадение, так что фактические шансы таких совпадений не столь велики, как это кажется. Наш мозг по своей природе вероятно приспособлен для оценки риска событий, случающихся либо с ними самими, либо с несколькими сотнями люди в маленьком круге деревень - в пределах слышимости барабана, которым наши первобытные предки могли сообщать новости. Когда мы читаем в газете про удивительное совпадение, случившееся с кем-нибудь в Вальпараисо или Виржинии, то мы поражаемся этому больше, чем следовало бы - больше примерно в сотню миллионов раз, ибо это и есть соотношение между численностью населения мира, охваченного нашими газетами, и численностью племени, о котором наш проэволюционировавший мозг “ожидает” новостей.

Этот “популяционная поправка” столь же уместна для наших суждений о правдоподобии теорий происхождения жизни. Поправка не на численность людей на Земле, а на численность планет во вселенной, численность тех планет, на которых могла возникнуть жизнь. Эти

рассуждения мы уже проделали выше в этой главе, поэтому нет необходимости останавливаться на этом здесь. Вернёмся к нашей мысленной картине градуированной шкалы невероятности событий с её эталонными точками - совпадениями мастей в бридже, и выпадением двух шестёрок при броске двух игральных костей. На этой градуированной шкале деалионов и микродеалионов отметим три следующие новых точки: 1) вероятность возникновения жизни на планете, (скажем, раз в миллиард лет) при предположительном условии, что жизнь с заданной частотой однажды возникает в одной планетной системе, 2) вероятность возникновения жизни на планете, при условии, что жизнь возникает с заданной частотой один раз в галактике, и 3) вероятность возникновения жизни на наугад выбранной планете, при условии, что она возникает только раз на всю вселенную. Назовём эти три точки соответственно, числом планетной системы, числом галактики, и числом вселенной. Вспомним, что общее число галактик во вселенной оценивается приблизительно в 10 000 миллионов. Мы не знаем, сколько планетных систем находится в каждой галактике, потому, что мы можем видеть только звёзды, а не планеты, но ранее уже использовали оценку числа планет во вселенной - 100 миллиардов миллиардов.

Когда мы оцениваем неправдоподобие событий, постулируемых, например теорией Кэрнс-Смита, мы должны оценить его не сообразно нашему субъективному ощущению вероятности или невероятности, а в сравнении с величинами, подобными трём ранее приведённым – числом планетной системы, числом галактики, и числом вселенной. Какое из них более адекватно, зависит от того, какое из трёх следующих утверждений мы полагаем наиболее близкими к правде:

1. Жизнь возникла только на одной планете во всей вселенной (и следовательно, эта планета, как мы уже видели, должна быть Землёй).
2. Жизнь возникает примерно на одной планете во всей галактике (в нашей Галактике, такая счастливица – Земля).
3. Происхождение жизни - достаточно вероятное событие, можно говорить о тенденции её однократного возникновения в каждой планетной системе (в нашей солнечной системе, такая счастливица – Земля).

Эти три утверждения представляют собой три эталонных представления относительно уникальности жизни. Видимо, фактическая уникальность жизни находится где-то между крайностями, отражёнными утверждениями 1 и 3. Почему я так считаю? Почему мы должны исключить четвертую возможность - в частности, что происхождение жизни - гораздо более вероятное событие, чем предложено утверждением 3? Конечно, это не очень убедительный довод, но если хотите, он может быть следующим: если происхождение жизни - намного более вероятное событие, чем предполагается “числом планетной системы”, то к настоящему времени мы бы уже столкнулись с внеземной жизнью - если не физически (безотносительно к её облику), то по крайней мере по радио.

Часто отмечается, что химики потерпели неудачу в своих попытках воспроизвести спонтанное происхождение жизни в лаборатории. Этот факт часто выставляется свидетельством против теорий, которые эти химики стараются проверить. Но фактически мы были бы должны встревожиться, если химикам было бы очень легко воспроизвести спонтанное возникновение жизни в пробирке. Ведь эксперименты химиков длятся в течение нескольких лет, а не тысяч миллионов, и ведёт их только горстка химиков, а не тысячи миллионов их. Если бы спонтанное возникновение жизни оказалось настолько вероятным событием, чтобы смогло бы произойти за несколько десятилетий, которые длились эксперименты химиков, то жизнь должна была бы возникать на Земле много раз, и много раз - на планетах в пределах досягаемости радиосвязи от Земли. Конечно, здесь напрашивается несколько важных вопросов насчёт того, преуспели ли химики в воспроизведении условий на ранней Земле, но даже в этом случае – учитывая, что мы не можем ответить на эти вопросы, аргумент стоит рассмотреть глубже.

Если бы происхождение жизни было бы вероятным событием по обычным человеческим стандартам, то в пределах досягаемости радиосвязи оказалось бы существенное количество планет, сумевших уже достаточно давно развить технологию радиосвязи (имея в виду, что радиоволны распространяются со скоростью 299 792 километров в секунду), чтобы мы сумели принять по крайней мере одну передачу за те несколько десятилетий, когда мы были технически способны сделать это. Если предположить, что внеземные цивилизации обладают радиотехнологией столь же долго, сколько и мы, то получится, что в пределах досягаемости радиосвязи вероятно имеются примерно 50 звёзд. Но 50 лет – это только мимолетный миг, и пребывание другой цивилизации на столь близком к нам уровне развития было бы редким совпадением. Если мы охватываем нашими вычислениями цивилизации, овладевшими радиотехнологией 1 000 лет назад, то можно будет говорить о примерно миллионе звёзд (вместе с каким-то количеством планетных орбит вокруг каждой из них) в пределах досягаемости радиосвязи. Если мы включим в вычисления и тех, кто развил радиотехнологию 100 000 лет назад, то вся галактика с её триллионом звёзд находилась бы в пределах досягаемости радиосвязи. Конечно, излученные сигналы изрядно бы ослабли на таких огромных расстояниях.

Так мы пришли к следующему парадоксу. Если теория происхождения жизни полагает её возникновение достаточно вероятным - чтобы удовлетворить наше субъективное ощущение правдоподобия, тогда слишком натянутыми будут попытки объяснить нехватку наблюдаемых признаков жизни во вселенной. Согласно этим рассуждениям, искомая теория должна быть такой, которая выглядит неправдоподобно с позиций нашего воображения - ограниченного Землёй, и связанного рамками десятилетий. В свете этого, и теория Кэрнс-Смита, и теория первобытного бульона, рискуют быть ошибочными – вследствие их излишней вероятности! Сказав всё это, я должен признать, что в вычислениях так много допусков и неуверенностей, что если бы химики таки преуспели бы в спонтанном возникновении жизни, то я бы не смутился!

Мы до сих пор точно не знаем, как на Земле начался естественный отбор. У этой главы была скромная цель – лишь в общих чертах рассказать о путях, возможно к нему приведших. Действительная нехватка однозначных данных о происхождении жизни не должна восприниматься как камень преткновения всего дарвинистского мировоззрения – как иногда, возможно выдавая желаемое за действительное, полагается. Предыдущие главы ликвидировали другие предполагаемые камни преткновения, а следующая глава берётся за совсем другой - идею о том, что естественный отбор может только разрушать, но не строить.

Глава 7

Созидающая эволюция

Многие люди полагают, что естественный отбор – это лишь отрицающая сила, способная к искоренению причуд и неудач, но неспособная к созиданию сложности, красоты и эффективности проекта. Действительно ли она просто отнимает от того, что уже есть; разве не должен процесс созидания добавлять что-то своё? Отчасти ответить на этот вопрос можно на примере статуи. Ведь к глыбе мрамора ничего не добавляется. Скульптор только отнимает, но, тем не менее – из небытия появляется красивая статуя. Впрочем, некоторыми людьми эта метафора может быть понята превратно – как уподобление естественного отбора сознательному проектировщику (скульптору), но сопоставление скульптора и естественного отбора как сущностей, работающих скорее вычитанием, чем сложением, из вида может упускаться. Но даже этот смысл метафоры не должен пониматься слишком буквально. Естественный отбор может лишь вычитать, но может добавлять мутация. Есть способы взаимодействия мутаций и естественного отбора, могущие на длинных интервалах геологического времени приводить к построению сложности, больше ассоциирующейся со сложением, чем с вычитанием. Главных из этих способов два. Первый называется “коадаптацией генотипов”; второй – “гонками

вооружений”. Внешне они весьма отличны друг от друга, но суть у них одна, и она может называться или “коэволюцией”, или “генами, как окружающей средой друг друга”.

Сначала о “коадаптации генотипов”. Гену удаётся оказывать свой конкретный эффект только благодаря тому, что уже имеется некая структура, на которую он может воздействовать. Ген не может влиять на схему нейронных межсоединений мозга, если ещё нет мозга с какими-то нейронными связями. У мозга не будет никаких нейронных связей, если нет всего развивающегося эмбриона. И не будет полного развивающегося эмбриона, если нет полной и связной программы химических и клеточных событий, управляемых многими, многими и многими другими генами, а также многими и многими другими, негенетическими влияниями. Конкретные эффекты генов – это не неотъемлемо присущие им свойства; это – свойства эмбриологических, уже существующих процессов, на детали которых могут влиять гены - действующие в конкретных местах и в конкретные моменты эмбрионального развития. Мы видели иллюстрацию этой идеи (в элементарной форме), в развитии компьютерных биоморф.

Весь процесс эмбрионального развития можно в некотором смысле рассматривать как деятельность совместного предприятия, совокупно управляемого сразу тысячами генов. Эмбрионы создаются в сотрудничестве всеми работающими генами в развивающемся организме. А теперь появилось понимание, как такое сотрудничество могло возникнуть. Естественный отбор всегда отбирает гены по их способности процветать в той окружающей среде, в какой они окажутся. Мы часто понимаем эту окружающую среду как внешний мир, мир хищников и погоды. Но с точки зрения отдельного гена, возможно самая важная часть его окружающей среды – это все другие гены, с которыми он сталкивается. А где ген “сталкивается” с другими генами? Главным образом - в клетках серии индивидуальных тел, в которых он находится. Каждый ген отбирается отбором за его способность к успешному сотрудничеству с популяцией других генов, могущих находиться в этих телах.

Популяция генов, составляющих работающую окружающую среду любого данного гена, это не только временная коллекция, которая случайно оказалась вместе в клетках данного конкретного индивидуального тела. Это, по крайней мере, у видов с половым размножением, набор всех генов в популяции скрещивающихся между собой индивидуумов – “генофонд”. В какой-то клетке, какой-то особи, в любой момент времени, находятся копии всех генов (в смысле конкретных наборов атомов). Но набор атомов, являющийся копией какого-то гена, недолговечен. Продолжительность его жизни измеряется лишь месяцами. Как мы видели, долгоживущий ген, как эволюционная единица – это не конкретная физическая структура, но дискретная архивная информация, копирующаяся при каждой смене поколений. Этот дискретный репликатор существует в распределённом виде. Он широко распределён в пространстве - по различным особям, и широко распределён во времени - по многим поколениям. Считается, что любой ген, как распределённая структура, сталкивается с другим геном, находясь в одном теле. Можно ожидать его “встреч” с другими различными генами в разных телах, и в разное время в его распределённого существования на его марше по геологическому времени. Ген, преуспевающий в окружающих средах, созданных прочими генами, с которыми он, вероятно, столкнётся в большом количестве различных тел – это успешный ген. “Преуспевание” в таких окружающих средах, может оказаться эквивалентным “сотрудничеству” с этими другими генами. Наиболее наглядно это сотрудничество можно видеть в биохимических цепочках.

Биохимические цепочки – это последовательности химических веществ, составляющих последовательные стадии какого-то полезного процесса, такого, как выработка энергии, или синтеза важного вещества. Каждое звено этой цепочки нуждается в ферменте – одной из тех больших молекул, которые формируются для деятельности, подобной работе механизма на химической фабрике. На различных этапах процесса необходимы различные ферменты. Иногда достижение одной и той же полезной биохимической цели возможно двумя (или более), альтернативными химическими цепочками. Хотя обе цепочки приводят к идентичному результирующему продукту, промежуточные стадии, ведущие к нему, могут быть различны; также у них обычно разные отправные точки. Для достижения результата любой из этих двух

альтернативных путей годится, и не имеет значения, какой из них используется. Для любого конкретного животного важно избегать попыток идти сразу двумя, ибо это привело бы к химической путанице и неэффективности.

Предположим, что для синтеза желаемого вещества D по цепочке 1 нужны ферменты A1, B1 и C1, а для синтеза его же по цепочке 2 нужны ферменты A2, B2 и C2. Каждый фермент производится по конкретному гену, и поэтому для эволюции сборочной цепочки 1 требуются гены, кодирующие ферменты A1, B1 и C1, которые коэволюционируют все вместе. Для эволюции альтернативной сборочной цепочки 2, вид нуждался бы в генах, кодирующих ферменты A2, B2 и C2, также коэволюционирующих вместе. Выбор одной из этих двух коэволюции осуществляется не посредством осознанного планирования. Он происходит просто отбором каждого гена, отбираемого по принципу его совместимости с другими генами, которые уже доминируют в популяции. Если оказалось, что в популяции богато представлены гены ферментов B1 и C1, то в этом климате будет скорее одобряться ген A1, а не A2. И наоборот, если в популяции преобладают гены B2, и C2, то в этом климате будет скорее отбираться ген A2, чем A1.

На деле всё будет не так просто, главное – понять идею: один из самых важных аспектов “климата”, в котором ген одобряться или не одобряться – это другие гены, которые уже многочисленны в популяции; следовательно - гены, с которыми данный ген вероятно будет находиться в одном теле. Поскольку то же самое будет с очевидностью верно и для самих “других” генов, что получается картина команды генов, совместно эволюционирующих в направлении совместного решения проблем. Сами гены не эволюционируют - они просто выживают (или нет) в генофонде. Эволюционирует “команда”. Другие команды могли бы делать эту работу точно также - или даже лучше. Но как только одна из команд стала доминировать в генофонде вида, то самим этим фактом получает автоматическое преимущество. Команде, находящейся в меньшинстве, трудно сохраниться в генофонде, даже если она делает данную работу более эффективно. Доминирующая команда является автоматически более устойчивой к вытеснению, просто в силу нахождения в большинстве. Это не означает, что доминирующая команда никогда не может быть вытеснена. Если бы это было так, то эволюция бы затормозилась вплоть до остановки. Это означает, что эволюции присуща своего рода внутренняя инерция.

Очевидно, что эти рассуждения не ограничены биохимией. Мы могли проделать то же самое для групп генов, совместно, строящих различные части глаз, ушей, носов, конечностей – всех сотрудничающих части тела животного. Гены, строящие зубы, пригодные для пережёвывания мяса, скорее всего будут одобряться в “климате” доминирующих генов, строящих пищеварительную систему, пригодную для переваривания мяса. И наоборот – гены, создающие зубы для перетирания растений, скорее всего будут одобрены в климате доминирующих генов, создающих пищеварительную систему, ориентированную на переваривание растительной пищи. Иные гены будут, соответственно, не одобрены в обоих случаях. Команды “генов мясоедения” склонны развиваться вместе, как и команды “генов-вегетарианцев”. Действительно, есть смысл говорить, что большинство работающих генов в теле сотрудничает друг с другом как одна команда, потому что каждый из них (точнее - прародительская копия каждого из них) в ходе длительной эволюции были частью той окружающей среды, в которой естественный отбор работал над другими генами. Выбор же прародителями львов питания мясом, а прародителями антилоп - питания травой, мог быть изначально случайным. Случайность в том смысле, что могли существовать далёкие предки львов, которые начинали есть траву, и далёкие предки антилоп, который начинали есть мясо. Но как только одна из наследственных линий начала формировать команду генов для оперирования мясом (а не травой), то процесс начал самоусиливаться. И как только другая наследственная линия начала формировать команду генов для оперирования травой (а не мясом), то процесс начал самоусиливаться в другом направлении.

Одним из главных процессов, происходивших в ранней эволюции живых организмов, было увеличение количества генов, участвующих в таких кооперациях. У бактерий гораздо меньше

генов, чем у животных и растений. Возможно, это увеличение происходило посредством тех или иных форм дублирования генов. Вспомним, что ген – это только строчка закодированных символов, подобная файлу на компьютерном диске; стало быть гены могут быть скопированы в различные части хромосом – точно также, как файлы могут быть скопированы в различные части диска. На диске моего компьютера, где хранится эта глава, формально имеются только три файла. Говоря “формально”, я имею в виду, что об этих трёх файлах сообщает мне операционная система компьютера. Я могу попросить её, чтобы она прочитала один из этих трёх файлов, и они предстанут передо мной в виде одномерного массива алфавитно-цифровых символов, включая те, что вы сейчас читаете. Все они выглядят очень аккуратно упорядоченными. Фактически же, расположение текста на диске совсем не аккуратно, и не упорядоченно. Это можно увидеть, если уйти от дисциплины официальной операционной системы компьютера, и написать свою собственную программу, расшифровывающую фактическое содержимое каждого сектора диска. И окажется, что фрагменты каждого из трёх моих файлов прерывисты и чередуются - как друг с другом, так и с фрагментами старых, мёртвых файлов, которые я давно стёр и забыл. Любой из этих фрагментов может содержать, почти дословно - ту же самую (или с незначительными отличиями), информацию в полудюжине разных мест на диске.

Причина такого положения дел интересна, и заслуживает отступления, так как имеет хорошие генетические параллели. Когда вы просите компьютер удалить файл, то вам кажется, что он слушается вас. Но фактически он не стирает текст этого файла. Он лишь стирает все указатели на него. Ну, как бы если библиотечарю приказали уничтожить книгу “Любовник Леди Чаттерлей”, а он просто разорвал бы карточку в картотеке, оставив саму книгу на полке. Для компьютера это совершенно экономичный способ действий, так как пространство, прежде занятое “удалённым” файлом после удаления указателей становится автоматически доступным для новых файлов. Фактическое заполнение этого места пробелами были бы напрасной тратой времени. Сам старый файл не будет окончательно потерян, пока всё пространство, им занимавшееся, не будет использовано для хранения новых файлов. Но это переиспользование пространства происходит постепенно. Размер новых файлов, как правило, не равен в точности размеру старого. Когда компьютер пытается записать новый файл на диск, то он ищет первый доступный фрагмент пространства, записывает туда максимально возможный фрагмент нового файла, затем, если нужно, ищет другой доступный фрагмент пространства, записывает ещё фрагмент файла, и так далее, пока весь файл не будет записан на диск. У человека возникает иллюзия, что файл является цельным, упорядоченным массивом – но это только потому, что компьютер очень аккуратно поддерживает записи, “указывающие” на адреса всех этих разбросанных фрагментов. Подобные “указатели” используются в “Нью-Йорк Таймс”, когда там указывается, что “продолжение на странице 94”. Так много копий какого-то фрагмента текста находятся на диске потому, что, если, подобно всем моим главам, текст редактировался и перередактировался много раз, каждое редактирование заканчивалось новой записью на диск (почти) того же самого текста. Сохраняться может совершенно тот же самый файл. Но как мы видели, фактически текст будет многократно раздроблен по всему доступному пространству на диске. Таким образом, множество копий данного фрагмента текста могут находиться на всей поверхности диска, и их тем больше, чем диск старше, и чаще использовался.

На сегодня ДНК-операционная система вида очень и очень стара, и есть признаки того, что она, в долгосрочной перспективе ведёт себя в чём-то подобно компьютеру с его дисковыми файлами. Частично этими признаками являются интересные феномены “интронов” и “экзонов”. В прошлом десятилетии было обнаружено, что любой отдельный ген - в смысле единого, читаемого слитно фрагмента ДНК-текста, хранится не в одном месте. Если прочитать фактические символы кода, как они расположены на хромосоме (то есть если сделать нечто подобное уходу от дисциплины “операционной системы”), то окажется, что осмысленные фрагменты, называемые экзонами, разделены фрагментами “бессмыслицы”, называемые интронами. Любой “ген”, в функциональном его смысле, фактически раздроблен на последовательность фрагментов (экзонов) разделённых бессмысленными интронами. Словно

каждый экзон, заканчивается ссылочным указателем, говорящим, что “продолжение на странице 94”. А весь ген оказывается составленным из серии экзонов, которые оказываются объединёнными вместе только тогда, когда они в своё время будут прочитаны “официальной” операционной системой, транслирующей их в белки.

Ещё одним свидетельством является тот факт, что хромосомы замусорены старым генетическим текстом, который больше не используется, но который всё ещё имеет распознаваемый смысл. Эти разбросанные “генетические окаменелости” компьютерному программисту до жути напоминают схему распределения обрывков текста на поверхности старого диска, активно использовавшегося для редактирования текста. У некоторых животных большая доля от общего числа генов никогда не читается. Эти гены являются или полной бессмыслицей, или устаревшими “ископаемыми генами”.

Но изредка эти текстовые окаменелости оживают – как у меня однажды было при написании этой книги. Из-за компьютерной ошибки (хотя будем честны - возможно, это была человеческая ошибка) я случайно “стёр” диск, содержащий главу 3. Конечно, сам текст не был стёрт буквально. Однозначно стёрты были лишь указатели на места, где начинался и заканчивался каждый “экзон”. “Официальная” операционная система не могла прочесть ничего, но “неофициально” я смог поиграть в генного инженера, и исследовать весь текст на диске. Я увидел запутанную мозаику текстовых фрагментов, часть из которых были недавними, часть - древними “окаменелостями”. Сводя воедино фрагменты этой мозаики, я смог восстановить главу. Чаще всего я не знал, какие фрагменты были свежими, какие - древними. Но по большому счёту это не имело значения – кроме незначительных деталей, требовавших некоторого повторного редактирования, фрагменты были одинаковы. Таким образом, снова возродились по крайней мере некоторые из “окаменелостей”, или устаревших “интронов”. Они вывели меня из затруднительного положения, и уберегли меня от хлопот по переписыванию всей главы. Есть свидетельства, что у живых видов “ископаемые гены” также иногда “возрождаются к жизни”, и снова используются после миллионного бездействия. Углубление в детали увело бы нас слишком далеко от главной темы этой главы, а мы и так уже от неё отклонились. Главное – уяснить мысль о том, что, полный объём генетической информации вида может увеличиваться дублированием генов. Повторное использование старых “ископаемых” копий существующих генов – это один путь такого дублирования. Есть и другие, более прямолинейные пути, которые приводят к копированию генов в широко разбросанные части хромосом - наподобие файлов, продублированных в различные области диска, или на другие диски.

У людей на различных хромосомах есть восемь отдельных генов, называемых генами глобина (он, среди прочего, используется для создания гемоглобина). Представляется несомненным, что все они изначально были скопированы с единственного предкового гена глобина. Примерно 1100 миллионов лет назад, прародительский ген глобина сдублировался, образовав два гена. Мы можем датировать этот случай по независимым свидетельствам, опираясь на обычную скорость эволюции глобинов (см. главы 5 и 11). Один из этих двух генов, порождённый этим изначальным дублированием, стал прародителем всех генов, вырабатывающих гемоглобин у позвоночных. Другой - стал прародителем всех генов, производящих миоглобины, родственное семейство белков, работающих в мышцах. Последующие дублирования породили так называемые альфа, бета, гамма, дельта, эпсилон и зета глобины. Интересно, что из всех генов глобина мы можем построить полное генеалогическое древо, и даже проставить даты всех точек дивергенции (дельта и бета глобин разошлись, например, примерно 40 миллионов лет назад, эпсилон и гамма-глобин - 100 миллионов лет назад). Все эти восемь глобинов, порождённые этими древними ветвлениями у наших отдалённых прародителей, по-прежнему находятся внутри каждого из нас. Они разошлись в различные части хромосом нашего прародителя, и мы наследуем их в наших различных хромосомах. Каждая из этих молекул разделяет одно тело со своими далёкими молекулярными кузенами. Без сомнения, что такое дублирование случалось за геологическое время многократно, и на всех хромосомах. В этом важном отношении реальная жизнь сложнее

биоморфов третьей главы. У всех их было только девять генов. Они эволюционировали посредством изменений в этих девяти генах, никогда не увеличивая их число до десяти. Даже у реальных животных такие дублирования настолько редки, что моё определение вида, как общности с одной и той же системой “адресации” ДНК остаётся в силе.

Дублирование внутри вида - не единственный способ увеличения числа сотрудничающих генов в ходе эволюции. Бывают ещё более редкие, но всё же возможные и важные случаи случайного внедрения гена другого вида, даже чрезвычайно далёкого. Например, в корнях растений семейства гороха имеются гемоглобины. Они не встречаются ни в одном из других семейств растений, и можно практически уверенно полагать, что они – тем или иным путём, проникли в семейство гороха благодаря перекрёстной инфекции с животными, причём посредниками возможно выступали вирусы.

Особенно важный случай этого рода, согласно всё более и более одобряемой теории американского биолога Линн Маргулис, имел место при происхождении так называемых эукариотических клеток. Эукариотические клетки – это клетки всех живых существ, кроме бактерий (*и сине-зелёных водорослей – А.П.*). Живой мир радикально разделён на бактерий и всех остальных. Мы с вами – часть “всего остального”, вместе называемого эукариотами. Мы отличаемся от бактерий главным образом тем, что наши клетки содержат в себе маленькие обособленные миниклетки. Среди последних - ядро, в котором размещаются хромосомы; крошечные, похожие на бомбы объекты, называемые митохондриями (с которыми мы мимоходом познакомимся на рисунке 1), заполненные причудливо свернутыми мембранами; и, в (эукариотических) клетках растений – хлоропласты. Митохондрии и хлоропласты обладают своей собственной ДНК, которая копируется и размножается совершенно независимо от главной ДНК в хромосомах ядра. Все митохондрии в вас происходят от маленькой популяции митохондрий, которые вы получили от своей матери в её яйцеклетке. Спермии слишком малы, чтобы содержать митохондрии, поэтому митохондрии наследуются исключительно по женской линии, а мужские тела для воспроизводства митохондрий – тупик. Кстати, из этого следует, что мы можем использовать митохондрии, чтобы проследить наших предков строго по женской линии.

Теория Маргулис гласит, что митохондрии, хлоропласты, а также некоторые другие структуры внутри клетки, происходят от бактерий. Эукариотическая клетка сформировалась, возможно, 2 миллиарда лет назад, когда несколько разновидностей бактерий объединили свои усилия во имя выгоды, извлекаемой каждым участником от остальных членов этой кооперации. По прошествии эпох, они стали настолько взаимоинтегрированной единицей, что стали эукариотической клеткой, в которой уже почти невозможно обнаружить тот факт (если это действительно факт), что когда-то они были отдельными бактериями.

Похоже, что как только была изобретена эукариотическая клетка, так сразу стал возможным широкий диапазон новых проектов. Самое для нас интересное, что клетки получили возможность порождать большие тела, состоящие из многих миллиардов клеток. Все клетки размножаются, разделяясь надвое, и обе половины получают полный набор генов. Как мы уже видели на примере с бактериями на булавочной головке, последовательные деления надвое могут производить очень много клеток за довольно короткое время. Вы начинаете с одной, которая разделяется на две. Затем каждая из этих двух разделяется, производя четыре. Каждый из четырёх разделяется, производя восемь. Количество возрастает последовательными удвоениями, от 8 до 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 и 8192. После всего лишь 20 дублирований, что займёт не очень много времени, счёт пойдёт на миллионы. После лишь 40 дублирований клеток оказывается больше триллиона. Бактериальные клетки, производимые в огромных количествах последовательными дублированиями, расходятся врозь. То же самое верно и для многих эукариотических клеток, например, простейших - типа амёб. Важным этапом эволюции был момент, когда клетки, произведённые последовательными делениями, склеивались вместе, а не расходились в независимое розное существование. Вследствие этого, могли появляться структуры более высокого порядка – как это происходило, хотя и в несравненно меньшем масштабе, при двухветочном разветвлении у компьютерных биоморфов.

Отныне большой размер тела стал возможным. Человеческое тело – без преувеличения колоссальная популяция клеток, и все они происходят от одного прародителя – оплодотворённой яйцеклетки; и поэтому все они являются кузенами, детьми, внуками, дядями, и т.д. друг друга. 10 триллионов клеток, составляющие каждого из нас – это результат нескольких дюжин поколений дублирования клеток. Эти клетки подразделяются примерно на 210 (по вкусу) разновидностей, построенных тем же самым набором генов, однако разным сочетанием включенных и выключенных генов этого набора. Именно поэтому клетки печени отличаются от клеток мозга, а клетки костей отличаются от клеток мышц.

Действуя посредством органов и поведенческих шаблонов многоклеточных тел, гены могут реализовывать такие методы обеспечения своего распространения, какие недоступны отдельным клеткам, действующим самим по себе. Многоклеточные тела предоставляют генам инструменты, на несколько порядков величины большие масштаба отдельных клеток, чем открывают для них возможности управлять миром соответственно большего масштаба. Эти крупномасштабные непрямые манипуляции достигаются посредством более прямых эффектов в масштабе клеток. Например, они изменяют очертания мембраны клетки. В результате изменяется взаимодействие клеток друг с другом в огромных популяциях, что порождает крупные групповые эффекты, такие как руки или ноги, или (более опосредовано) бобровые плотины. Большинство свойств организма, которые мы можем видеть невооружённым глазом – так называемые “эмергентные” свойства, т.е. свойства всей системы в целом, а не свойства составных частей её. Даже компьютерные биоморфы, с их девятью генами, имели эмергентные свойства. У реальных животных они возникают на уровне всего тела посредством взаимодействия между клетками. Организм действует как единая единица, и можно поэтому говорить, что гены оказывают эффекты на весь организм, хотя каждая копия любого гена оказывает непосредственное воздействие только в пределах его собственной клетки.

Мы видели, что очень важной частью окружающей среды каждого гена являются другие гены, которые вероятно встретятся ему в последовательных телах по мере смены поколений. Это гены, которые переставляются и комбинируются внутри вида. Действительно, вид с половым размножением можно полагать устройством, перетасовывающим дискретный набор взаимосогласованных генов в различные комбинации. Согласно этому представлению, вид – это непрерывно перемешивающаяся коллекция генов, которые сталкиваются друг с другом в пределах вида, но никогда не сталкиваются с генами другого вида. Но даже не вступая в тесные контакты внутри клетки, гены других видов в некотором смысле являются важной частью окружающей среды друг друга. Взаимодействуя, они чаще враждуют, чем сотрудничают, но враждебность можно трактовать как сотрудничество с обратным знаком. И здесь мы подошли ко второй главной теме этой главы, к “гонкам вооружений”. Бывают гонки вооружений между хищниками и добычей, паразитами и хозяевами, даже – хотя это более тонкий момент, и я не буду здесь обсуждать его глубже – между самцами и самками одного вида.

Гонки вооружений протекают в основном масштабах эволюционного времени, а не на временной шкале сроков жизни особи. Они заключаются в совершенствовании средств выживания одной наследственной линии (скажем, животных-добычи), в качестве прямого следствия совершенствования другой линии (скажем, хищников). Гонки вооружений возникают везде, где у особей есть враги, способные к эволюционному совершенствованию. Я полагаю гонки вооружений явлением крайне важным, потому что именно они в значительной степени ответственны за ту “прогрессивность”, которая приписывается эволюции, хотя вопреки ранее бытовавшим представлениям, эволюции не присуще ничего неотъемлемо прогрессивного. Мы можем увидеть это, если представим себе, что было бы, если бы животные стояли лишь перед проблемами, вызванными погодой и другими аспектами неживой окружающей среды.

После многих поколений нарастающего отбора, местные животные и растения хорошо приспособятся к локальным условиям, например, к локальной погоде. Если холодно, то животные развивают густой волосяной или перьевой покров. Если сухо, то они развивают жёсткую или воскообразную водонепроницаемую кожу, чтобы сохранить то небольшое количество воды, которое у них есть. Адаптация к локальным условиям затрагивает все части

тела, очертания и цвет животного, его внутренние органы, поведение, и химизм клеток.

Если условия, в которых живёт данная наследственная линия, остаются постоянными - скажем, сухие и жаркие - и так 100 поколений без перерыва, то эволюция этой линии, вероятно, остановится - по крайней мере, в части адаптации к температуре и влажности. Животные станут настолько приспособленными, насколько они в принципе могут приспособиться к данным условиям. Это не означает, что быть ещё более приспособленным в данных условиях невозможно. Это означает, что они не могут улучшать свою приспособленность на какой-то маленький (и потому вероятный) эволюционный шаг: ни один из их непосредственных соседей по локальному эквиваленту “пространства биоморф” не был бы приспособлен лучше.

Эволюция будет пребывать в бездействии, пока не изменится какое-нибудь условие: начнётся ледниковый период, изменится среднее количество дождей, или преобладающий ветер. На эволюционной шкале времени такие изменения происходят всегда, вследствие чего эволюция обычно не останавливается, но постоянно “отслеживает” изменяющуюся окружающую среду. Если имеет место устойчивая нисходящая тенденция средней температуры данной области, сохраняющаяся долее нескольких столетий, то последовательные поколения животных будут, под этим устойчивым “давлением” отбора, продвигаться в направлении, скажем, обладания более длинной шерстью. Если, после нескольких тысяч лет пониженной температуры тенденции сменится, и средняя температура снова медленно поползёт вверх, животные подпадут под новое давление отбора, которое подтолкнёт их к обладанию более короткой шерстью.

Но пока мы рассмотрели только ограниченную часть окружающей среды, а именно погоду. Погода очень важна для животных и растений. Изменения её типовых значений из столетия в столетие происходят непрерывно, что поддерживает постоянное движение эволюции, отслеживающей эти изменения. Но погодные условия изменяются случайно и нецеленаправленно. Существуют компоненты окружающей среды животного, которые изменяются более последовательно и злонамеренно, и их тоже нужно “отслеживать”. Речь идёт о других живых существах. Хищнику, например гиене, эта часть окружающей среды, по крайней мере столь же важная как погода. Это её добыча, изменяющиеся популяции гну, зебр и антилоп. Для антилоп и других травоядных, бродящих по равнинам в поисках травы, погода может и важна, но львы, гиены и другие плотоядные животные важны не меньше. Нарастающий отбор проследит за тем, чтобы животные были хорошо приспособлены не только к преобладающим погодным условиям, но и в неменьшей степени - к убеганию от хищников или обману добычи. И, точно так же, как “прослеживаются” эволюцией долговременные колебания погоды, так “прослеживаются” и долговременные изменения в привычках или вооружении хищников их добычей. И, соответственно, наоборот.

Мы можем применить общий термин “враги” вида, подразумевая других живых существ, чья активность делает жизнь вида трудной. Львы - враги зебр. И хотя это может выглядеть несколько бессердечным, но полностью обратное утверждение, что “зебры - враги львов” столь же правомерно. Зебра в этих отношениях выглядит слишком невинной и обиженной, чтобы характеризовать её грубым словом “враг”. Но зебры сопротивляются съедению их львами настолько, насколько это в их силах, и это делает жизнь львов тяжелее. Если бы зебры, и другие травоядные преуспели в стремлении к этой цели, то львы вымерли бы от голода. Стало быть, согласно нашему определению, зебры – враги львов. Паразиты, например, ленточные черви - враги своих хозяев, и хозяева - враги паразитов, так как они имеют привычку принимать меры противодействия им. Травоядные - враги растений, а растения – враги травоядных тем, что они отрачивают шипы, а также вырабатывают яды и вещества с отталкивающим вкусом. Эволюционные линии животных и растений, будут в ходе эволюционного времени отслеживать изменения своих врагов с не меньшим усердием, чем они отслеживают изменения средних погодных условий. Эволюционные усовершенствования вооружения и тактики гепарда, с точки зрения газелей, подобны постоянному ухудшению климата, и отслеживаются в общем-то также. Но между ними есть чрезвычайно важное различие. Погодные условия меняются из столетия в столетие, но эти изменения не являются специфически злонамеренными. Они не имеют цели

“ловить” газелей. Средний гепард изменяется из столетия в столетие – сообразно изменениям среднего ежегодного количества дождей. Но если средний уровень осадков дрейфует и вверх и вниз - без особого ритма или направленности, то средний гепард из столетия в столетие будет изменяться в направлении всё лучшей и лучшей оснащённости для ловли газелей. А всё потому, что последовательность гепардов, в отличие от последовательности ежегодных погодных условий, подчинена нарастающему отбору. Гепарды будут развивать всё более быстрые ноги, всё более острые глаза, всё более острые зубы. Однако “враждебная” погода и другие неодушевлённые условия, не выказывают систематического намерения становиться всё более враждебными. Живые враги, если их рассматривать в эволюционной временной шкале, демонстрируют именно эту тенденцию.

Тенденция прогрессивного улучшения плотоядных животных скоро бы выдохлась (как и гонки вооружений у людей – по экономическим причинам, к которым мы придём), если бы не наличие параллельной тенденции у их добычи. И наоборот. Газели не менее гепардов подчинены нарастающему отбору, и у них тоже наблюдается тенденция по мере смены поколений улучшать свои способности к быстрому бегу, стремительному реагированию, успешному сокрытию в высокой траве. Они тоже способны развиваться во всё лучших врагов – в нашем случае - врагов гепардов. С точки зрения гепардов, средняя годовая температура из года в год не становится лучше или хуже, хотя конечно точно адаптированному животному будет нехорошо от любого изменения. Но средняя газель год от года будет систематически “ухудшаться” - её будет труднее поймать, так как она будет лучше приспособлена для уклонения от гепардов. И опять же, тенденция прогрессивного совершенствования газелей замедлилась бы до остановки, если бы не было параллельной тенденции совершенствования её хищников. Одна сторона преуспевает в этом несколько более, чем другая. И наоборот. Процесс идёт по нескончаемой спирали сотни тысяч лет. В мире человеческих наций (на соответственно более короткой временной шкале), когда имеется прогрессивное улучшение вооружения одной противоборствующей стороны в ответ на улучшение другой, мы говорим о “гонке вооружений”. Эволюционная аналогия достаточно близка, чтобы оправдать заимствование этого термина, и я не извиняюсь перед моими напыщенным коллегам, желающими очистить язык от таких образных выражений. Я ознакомил вас с этой идеей на простом примере с газелями и гепардами, с целью показать важное различие между живым врагом, который сам подчинён к эволюционным изменениям, и неодушевлённым незлонамеренным условиям, типа погоды, которая хотя и подвержена изменениям, но не эволюционным. Но тут я должен признать, что своими усилиями по объяснению этой совершенно законной идеи, я, возможно, ввёл читателя в заблуждение с другой стороны. Очевидно (если немного задуматься об этом), что моя картина постоянно развивающейся гонки вооружений слишком упрощена в, по крайней мере одном отношении. Возьмём скорость бега. Может показаться, что идея гонок вооружений предлагает, что гепарды и газели будут, поколение за поколением наращивать скорость бега, пока не станут бегать быстрее скорости звука. Это не произошло, и никогда не произойдёт. Прежде, чем мы продолжим обсуждение гонок вооружений, я полагаю себя обязанным предупредить эти недоразумения нижеследующими оговорками.

Первая. Я возможно создал впечатление неуклонного нарастания способностей гепардов по ловле добычи, и столь же неуклонного нарастания способностей газелей по избежанию хищника. Эдак читатель может прийти к Викторианской идее неумолимости прогресса, в котором каждое новое поколение лучше, прекраснее и превосходнее его родителя. Действительность совсем не такова. Улучшение вряд ли возможно обнаружить, сравнивая данное поколение с предшествующим – временная шкала таких изменений существенно крупнее. Кроме того, “совершенствование”, далеко не непрерывно. Оно идёт вспышками, чередуясь с застоями, а иногда и с регрессиями, вовсе не двигаясь неумолимо вперёд в направлении, вытекающем из идеи гонок вооружений. Для стороннего наблюдателя, изменения условий, изменения неодушевлённых сил, которые я обобщаю под общим названием “погода”, иногда могут “утопить” медленные и неустойчивые тенденции гонок вооружений. Вполне могут иметь место долгие отрезки времени, когда никакого “прогресса” в гонке вооружений не

происходит, и может не происходить вообще никаких эволюционных изменений. Гонки вооружений иногда достигают своей высшей точки в вымирании одной из сторон, а затем новая гонка вооружений может начаться снова с исходного положения. И тем не менее, что бы об этом ни говорилось, идея гонки вооружений остаётся наиболее удовлетворительным объяснением существования высокоразвитых и сложных механизмов, которыми обладают животные и растения. Прогрессивное “совершенствование”, символизируемое гонкой вооружений, продолжается, даже если она протекает спазмами и перерывами; даже если темп его продвижения не спешит проявляться в пределах продолжительности жизни человека, или даже в пределах веков писаной истории.

Вторая. Отношения, которые я называю отношениями “врагов”, сложнее, чем те простые двусторонние отношения, описанные в рассказах про гепардов и газелей. Например, у данного вида имеется два (или больше) врагов, которые между собой враждуют даже более серьёзно. Именно этот подтекст содержится в общераспространённом полузаблуждении, что дескать траве полезен выпас (или скашивание). Коровы едят траву, и поэтому можно называть их врагами травы. Но у трав есть также и враги в мире растений - соперничающие сорняки, которые, если дать им волю, могли бы стать даже более серьёзными врагами трав, чем коровы. Травы несколько страдают от поедания коровами, но соперничающие сорняки при этом страдают ещё больше. В результате коровы на лугу приносят травам пользу. В этом смысле оказывается, что коровы скорее друзья трав, чем враги.

Однако тот факт, что коровы – враги трав, остаётся в силе. Конкретное травяное растение выиграло бы, если лично его корова бы не съела, и поэтому любое мутантное растение обладающее, скажем, химическим средством, защищающим его от коров, породит больше семян (содержащих генетические инструкции по созданию этого химического средства), чем конкурирующие члены его собственного вида, более приемлемые коровам. И хотя коровы являются в некотором смысле “друзьями” травы, естественный отбор не одобрит те индивидуальные растения, которые легко позволяют себя им съесть! Общий вывод этого параграфа таков. Хотя вполне правильно рассматривать гонки вооружений между двумя наследственными линиями – такими как коровы и трава, или газели и гепарды, но мы не должны упускать из виду тот факт, что оба участника гонки, скорее всего имеют и других врагов, против которых они одновременно ведут другие гонки вооружений. Я сейчас не буду углубляться в эту тему далее, скажу лишь, что это может быть одним из объяснений того явления, почему конкретные гонки вооружений стабилизируются и не продолжают бесконечно, порождая хищников, преследующих свою добычу на скорости 2 Маха (*1 Мах – скорость звука в воздухе на уровне моря, равная примерно 330 м/с; 2 Маха, соответственно 660 м/с = 2370 км/ч - А.П.*) и так далее.

Третья “оговорка” насчёт простой гонки вооружений - не столько оговорка, сколько интересная мысль сама по себе. В моём мысленном обсуждении гепардов и газелей я сказал, что гепарды, - в отличие от погоды, демонстрируют тенденцию по мере смены поколений становиться “лучшими охотниками”, становиться более серьёзными врагами, улучшать оснащённость для убийства газелей. Но из этого не следует, что они станут успешнее в убийстве газелей! Корень идеи гонки вооружений в том, что улучшаются обе стороны этой гонки, тем самым затрудняя жизнь другой стороне. Но нет никаких особых причин полагать (по крайней мере – исходя из уже обсуждённого здесь), что одна из сторон гонки вооружений станет уверенно более или менее успешной, чем другая. Идея гонки вооружений, в её наичистейшей форме, фактически предлагает наличие абсолютно нулевого относительного прогресса в успешности обеих сторон, но совершенно определённый прогресс в их оснащённости для достижения успеха. Хищники станут лучше оснащены для убийства, но одновременно добыча станет лучше оснащена для избежания его, поэтому в конечном итоге не будет никаких изменений интенсивности успешных убийств. Подразумевается, что если бы при помощи машины времени хищники из одной эры могли бы встретить добычу с другой, то более поздние, более “модернизированные” животные, будь то хищников или добыча, обогнали бы в этой гонке более ранних. Этот эксперимент вряд ли возможно проделать, хотя некоторые люди

предполагают, что некоторые отдалённые и изолированные фауны, например, австралийскую или мадагаскарскую, можно рассматривать как древнюю, и что поездка в Австралию якобы подобна поездке в прошлое в машине времени. Такие люди полагают, что местные австралийские виды в основном исчезают под напором превосходящих конкурентов или врагов, ввезённых извне, потому что местные виды – “старые”, и “устаревшие модели”, и находятся в той же ситуации, в которой находился бы военный корабль Ютландии в поединке с ядерной субмариной. Но предполагать, что австралийская фауна состоит из “живых ископаемых”, вряд ли корректно. Возможно, изредка хорошие случаи такого рода и встречаются, но именно изредка. Я предполагаю, что эти утверждения могут означать не больше, чем зоологический эквивалент шовинистического снобизма, аналогичного отношению к коренному австралийцу, как к неотесанному разбойнику, у которого под шляпой мало мозгов, зато спрятаны недобрые замыслы.

Американский биолог Ли Ван Вейлин дал принципу нулевого изменения успеха, безотносительно величине эволюционного прогресса в оснащении, запоминающееся название “эффекта Красной Королевы”. Как вы помните, в книге “Алиса в зазеркалье”, Красная Королева схватила Алису за руку и тащила её, всё быстрее и быстрее, в сумасшедшем беге по сельской местности. Но как бы быстро они ни бежали, они всегда оставались в том же самом месте. Этим Алиса была понятно озадачена, говоря: “А вот в нашей стране ты попадёшь в какое-нибудь другое место, если будешь бежать также быстро и долго, как мы сейчас”. “Какая медлительная страна!” сказала Королева. “Ну а у нас, как видите, требуется бежать что есть силы, чтобы остаться на том же самом месте. Если же вы хотите попасть куда-нибудь ещё, вы должны бежать по крайней мере вдвое быстрее”.

Термин “Красная Королева” забавен, но может ввести в заблуждение, если подразумевать (как иногда делается) математически точный, строго нулевой относительный прогресс. Также может ввести в заблуждение полная парадоксальность утверждения Красной Королевы в этой истории про Алису, противоречие его здравому смыслу в реальном физическом мире. Но эффект эволюционной Красной Королевы Ван Вейлина вовсе не парадоксален – он полностью согласуется со здравым смыслом, пока здравый смысл применяется разумно. Однако, даже не выглядя парадоксальными, гонки вооружений могут создавать ситуации, поражающие склонный к экономии человеческий ум своей расточительностью.

Например, почему деревья в лесах столь высоки? Вкратце - потому, что все другие деревья в лесу высоки, и поэтому ни одно дерево может позволить себе быть низким. В противном случае оно было бы затенено. Это истинная правда, но она оскорбляет склонного к экономии человека. Ведь это выглядит столь бессмысленным и расточительным! Когда все деревья имеют высоту полого леса, то всем достаётся примерно поровну солнечного света, и ни одно не может позволить себе быть немного ниже. Но вот если б они все были ниже; если б между ними имелось нечто вроде профсоюзного соглашения на ограничение высоты, то все деревья извлекли бы из этого выгоду. Они конкурировали бы друг с другом за точно такой же солнечный свет, но все они “оплачивали бы” намного меньшие издержки роста по достижению высоты полого. Данное ограничение было бы выгодно как всей экономике леса, так каждому дереву. К сожалению, естественному отбору безразлична тотальная экономия; сам по себе он не предусматривает никаких возможностей для картелей и соглашений. В лесу проходили гонки вооружений, в результате которых деревья лесов, по мере смены поколений, стали высокими. Сама по себе большая высота не влечёт для дерева какой-то неотъемлемой выгоды ни на одном этапе гонки вооружений. Единственный стимул на каждом её этапе тянуться вверх состоит в том, что дерево должно быть относительно выше соседних деревьев.

По мере продолжения гонки вооружений, средняя высота деревьев в пологе леса повысилась. Но выгода от большой высоты для деревьев не повысилась. И фактически даже снизилась из-за увеличенных издержек роста. Последовательные поколения деревьев становились всё более и более высокими, но в конце концов им было лучше, если б они остались в той точке, откуда они начали. Здесь имеется параллель с Алисой и Красной Королевой, но как вы видите, случай с деревьями не парадоксален. Это общая особенность

гонок вооружений, включая человеческие - хотя все стороны выиграли бы, если бы ни одна из них не наращивала вооружений, но как только одна из сторон продвинется, то никто не может позволить себе не сделать этого же. Кстати, я должен ещё раз подчеркнуть, что рассказал эту историю слишком упрощённо. Я не имею в виду ни то, что буквально каждое поколение деревьев выше своих коллег в предыдущем поколении, ни то, что гонки вооружений обязательно безостановочны.

Другая мысль, проиллюстрированная деревьями, состоит в том, что гонки вооружений не обязательно должны проходить между членами разных видов. Индивидуальное дерево с той же вероятностью может быть пагубно затенено членами своего вида, как членами другого. Собственно, фактическая угроза от организмов собственного вида чаще бывает более серьёзной, чем от других. Члены своего вида конкурируют за в точности те же самые ресурсы; члены другого обычно конкурируют за другие (хотя бы чуть-чуть). Имеют также место гонки вооружений между самцами и самками одного вида, а также между родителями и потомками. Я обсудил эти гонки в своей книге “Эгоистичный Ген”, и не буду здесь рассматривать их далее.

История с деревьями позволяет мне познакомить вас с важным общим различием между двумя видами гонок вооружений - так называемыми симметричными и асимметричными. Симметричная гонка вооружений проходит между конкурентами, старающимися делать примерно одно и то же. Гонки вооружений между деревьями в лесу, борющимися за свет – один из примеров. Различные виды деревьев ведут несколько различный образ жизни, но насколько можно говорить о гонке деревьев за свет, они - конкуренты за тот же самый ресурс. Они участвуют в такой гонке вооружений, в которой успех одной стороны воспринимается другой стороной как проигрыш. Это симметричная гонка вооружений, потому что характер успеха и неуспеха этих двух сторон одинаков: получение солнечного света, и, соответственно, затенение.

Однако гонка вооружений между гепардами и газелями является асимметричной. Это настоящая гонка вооружений, в которой успех одной из сторон воспринимается как проигрыш другой, но характер успеха и проигрыша этих двух сторон очень различен. Здесь стороны “стараются” делать очень разные вещи. Гепарды стараются есть газелей. Газели не стараются есть гепардов, но они стараются избежать съедения гепардами. С эволюционной точки зрения асимметричные гонки вооружений интереснее, так как они с большей вероятностью произведут высокосложные системы оружия. Мы можем видеть причины этого, рассматривая примеры человеческой технологии вооружений.

Я мог бы использовать в качестве примера США и СССР, но фактически нет никакой необходимости упоминать конкретные нации. Оружие, изготовленное компаниями в любой из развитых индустриальных стран может быть куплено почти любой нацией. Существование успешного наступательного оружия, такого как скользящая по поверхности ракета Exocet, влечёт “приглашение” изобрести эффективную защиту, например, устройство создания радиопомех, сбивающее с толку систему управления ракетой. Изготовление этой защиты будет более вероятно произведено во вражеской стране, но не исключено изготовление в той же, и даже той же самой компанией! В конце концов, ни одна компания не может изготовить средство противодействия данной ракете, чем компания, которая её изготовила. Нет ничего принципиально невероятного в том, что одна и та же компания будет производить и то, и то, и продавать соответствующие продукты противоборствующим сторонам в войне. Я достаточно циничен, чтобы подозревать, что это и в самом деле случается, и раз это так, то это ярко иллюстрирует мысль об улучшении оснащённости при остановке роста его чистой эффективности (но росте затрат).

С точки зрения нашей темы, вопрос о том, являются ли изготовители противоборствующих систем человеческой гонки вооружений врагами, или нет, и неуместен, и интересен одновременно. Существенно то, что независимо от их изготовителей, сами эти устройства являются врагами друг друга в том смысле, в каком я определил это понятие в данной главе. Ракета, и специфическое средство противодействия ей, являются врагами друг друга в успехе одной стороны, который синонимичен с проигрышем другой. Являются ли их проектировщики

тоже врагами друг друга, к делу не относится, хотя видимо легче предположить, что являются.

Пока что обсуждал пример с ракетой, и специфическим противоядием против неё без подчёркивания эволюционного, прогрессивного аспекта, который, вообще-то есть главная причина включения его в эту главу. Суть здесь в том, что существующий проект ракеты вызывает появление должного противоядия, скажем, устройство постановки радиопомех, но не только. Противоракетное устройство, в свою очередь, вызывает усовершенствование проекта ракеты, усовершенствование, которое явно противостоит противоядию, анти-противоракетному устройству. Ну словно как бы каждое усовершенствование ракеты стимулировало следующее усовершенствование самой себя, посредством его эффекта на противоядие. Усовершенствование оборудования кормит самого себя. Вот вам рецепт взрывной, бесконтрольной эволюции.

В конце нескольких лет такого наряжённого изобретения и противоизобретения, текущая версия и ракеты, и её противоядия, достигнут очень высокой степени изощрённости. Тем не менее – вот вам снова эффект “Красной Королевы” - нет никаких общих причин ожидать, что какая-либо из сторон этой гонки вооружений, была бы более успешна в своей деятельности, чем была в начале этой гонки. В самом деле, если и ракета, и её противоядие улучшились в той же самой степени, то мы вправе ожидать, что и самые последние, наиболее продвинутые и изощрённые версии, и самые ранние, примитивнейшие простейшие версии будут равноуспешны друг против друга. Имел место прогресс проекта, но не было никакого прогресса в приближении к цели – потому, что происходил равный прогресс проекта с обеих сторон гонки вооружений. Собственно, именно потому, что с обеих сторон имелся примерно равный прогресс, и получился такой значительный прогресс в уровне сложности проекта. Если одна сторона, скажем, противоракетное глушащее устройство, выдвинется слишком далеко вперёд в гонке проектов, то другая сторона, в данном случае - ракета, просто перестала бы использоваться и изготавливаться – она бы “вымерла”. Этот далёкий от парадоксальности прародителя пример эффекта Красной Королевы в контексте человеческих гонок вооружений, показывает фундаментальность самой идеи прогрессивного успеха. Я говорил, что асимметричные гонки вооружений с большей вероятностью приведут к интересным прогрессивным усовершенствованиям, чем симметричные, и теперь, используя человеческое оружие для иллюстрации, мы можем видеть почему. Если одна нация располагает 2-х мегатонной бомбой, то вражеская нация разработает 5-мегатонную. Это провоцирует первую нацию на развитие 10-мегатонной, что в свою очередь спровоцирует вторую на создание 20-мегатонной, и так далее. Вот истинная симметричная гонка вооружений: каждый прогресс одной стороны вызывает ответный прогресс другой, в результате с течением времени будет наблюдаться устойчивый рост некоего признака, в данном случае – мощности бомб. В симметричной гонке вооружение не наблюдается такого детального, взаимооднозначного соответствия между проектами, никакой “ловли” или “блокировки” деталей проекта, каковая наблюдается при асимметричной гонке вооружений, такой как между ракетой и антиракетным устройством. Антиракетное устройство специально предназначено для преодоления частных детальных особенностей ракеты – проектировщик противоядия принимает во внимание именно их. Затем при проектировании контрмер против противоядия, проектировщик следующего поколения ракет использует знание детального проекта противоядия к предыдущей версии. Это не так в случае бомб постоянно увеличивающейся мощности. Безусловно, проектировщики одной стороны могут красть хорошие идеи, или могут подражать проектным решениям другой стороны. Но даже если это так, то это непринципиально. Проектировщикам русской бомбы вовсе не обязательно закладывать в проект взаимооднозначное соответствие деталям проекта американской бомбы. В случае же асимметричной гонки вооружений между “наследственными линиями” оружия и специфических противоядий к нему, учёт этих взаимооднозначных соответствий, по прошествии последовательных “поколений”, когда-нибудь приведёт большей изощрённости и сложности.

Так и в живом мире. Следует ожидать сложного и изощрённого проекта везде, где мы имеем дело с конечными продуктами длинной асимметричной гонки вооружений, в которой прогресс

с одной стороны всегда парируется, на взаимоднозначном основании, одинаково успешными противоядиями другой - в противоположность конкуренции, порождающей симметричные гонки. Это очевидно верно и для гонок вооружений между хищниками и их добычей, и, возможно даже более – гонок вооружений между паразитами и хозяевами. Электронные и акустические системы оружия летучих мышей, которые мы обсуждали в главе 2, располагают всей точно настроенной сложностью, которую можно ожидать от конечных продуктов длинной гонки вооружений. Что неудивительно - мы можем проследить эту же самую гонку вооружений с другой стороны. Насекомые, на которых охотятся летучие мыши, располагают сопоставимым набором сложного электронного и акустического оборудования. Некоторые бабочки даже испускают ультразвуки, похожие на испускаемые летучими мышами, которые, кажется, сбивают их с толку. Почти всем животным грозит опасность или быть съеденными кем-то, или опасность неуспеха в попытке съесть кого-то, и огромное количество детальных фактов о жизни животных будет иметь смысл только тогда, когда мы вспомним, что они являются конечными продуктами длинных и ожесточённых гонок вооружений. Х. Б. Котт, автор классической книги “Окраска животных”, высказал эту мысль в 1940-м, и это было возможно первое использование в публикации аналогии гонок вооружений применительно к биологии:

Прежде, чем утверждать, что маскировочный внешний вид кузнечика или бабочки излишне детализирован, мы должны сначала выяснить степень эффективности систем восприятия и распознавания у естественных врагов этих насекомых. Иначе такое утверждение будет подобно утверждению, что броня боевого крейсера слишком тяжела, или дальнобойность его орудий слишком велика, не исследовав предварительно характер и эффективность вооружения врага. И в первобытной борьбе в джунглях, и в высокотехнологичных войнах цивилизаций, мы видим в действии великую эволюционную гонку вооружений – результаты которой, в обороне проявляются в таких качествах, как скорость, бдительность, броня, колючесть, привычка рыть норы, ночной образ жизни, ядовитые выделения, тошнотворный вкус, а также камуфляж и другие виды покровительственной окраски. А для нападения они проявляются в таких контр-качествах, как скорость, внезапность, засадная тактика, привлекательность, острота зрения, когти, зубы, жала, ядовитые зубы, и приманки. И чем большую скорость развивал преследователь, тем большую скорость развивал преследуемый по отношению к увеличенной скорости преследователя; или крепость брони по отношению к агрессивному оружию; так совершенствование средств сокрытия развилось в ответ на увеличенную остроту восприятия.

Изучать гонки человеческих технологий вооружения легче их биологических эквивалентов, потому что они намного быстрее. Мы можем видеть все их этапы, из года в год. Напротив, в случае биологической гонки вооружений, мы обычно можем видеть только конечные продукты. Очень редко мертвое животное или растение оставляет окаменелость, и в этом случае можно иногда проследить промежуточные стадии гонки вооружений у животных несколько более прямо. Одним из наиболее интересных примеров этого рода является электронная гонка вооружений, выраженная в размерах мозга ископаемых животных.

Сам мозг не оставляет окаменелостей, но череп – оставляет, и полость, в которой размещался мозг, при аккуратной интерпретации может служить хорошим признаком размера мозга. Я сказал “при аккуратной интерпретации”, и это важно, ибо здесь есть много проблем. Крупные животные часто имеют крупный мозг отчасти лишь вследствие своих размеров, но из этого не обязательно следует, что они, в каком-то интересном смысле, “умнее”. Слоновый мозг крупнее человеческого, но мы, вероятно с некоторой долей справедливости, полагаем себя умнее слонов, и что наш мозг “реально” больше, если сделать поправку на то, что сами мы имеем намного меньшие размеры. Конечно, наш мозг, по отношению к размерам тела, намного больше мозга слона, что с очевидностью заметно по выпуклой форме наших черепов. И это не только наше видовое тщеславие. Возможно, что с целью поддержания функционирования организма большому телу автоматически нужен большой мозг. Для того, чтобы определить истинную “мозговитость” животного, нам нужно найти какой-то алгоритм вычислений, в

котором бы “вычиталась” доля мозга, относимая просто к размеру тела. Другими словами, нам нужно какое-то хорошее и точное определение того, что мы подразумеваем под истинной мозговитостью. Разные люди вольны придумывать различные методы выполнения таких вычислений, но вероятно наиболее авторитетный показатель – это так называемый “коэффициент энцефализации” или EQ, используемый Гарри Джерисоном, ведущим американским авторитетом по истории мозга.

EQ рассчитывается довольно сложным образом, через логарифмы веса мозга и веса тела, и нормируется по средним значениям главной группы, такой, как млекопитающие в целом. Подобно тому, как “коэффициент интеллекта” (IQ) используемый (в том числе – неправильно) психологами, нормирован по средними значениями всей популяции, EQ нормирован по, скажем, всем млекопитающим. Также, как IQ равный 100, по определению означает средний IQ всей популяции, также и EQ равный 1 по определению означает средний EQ для, скажем, млекопитающих данного размера. Детали математической методики не имеют значения. Проще говоря, EQ данного вида, такого, как носорог или кошка, является мерой того, насколько велик (или мал) оказывается мозг животного в сравнении с нашим ожиданием для животного с данным размером тела. Методика расчёта этого ожидания, конечно открыта для обсуждения и критики. Тот факт, у людей EQ равен 7, а у гиппопотамов - 0.3, не может означать, что люди буквально в 23 раза умнее гиппопотамов! Но измеренный EQ вероятно скажет нам кое-что насчёт избытка “вычислительной мощности” которым располагает в своей голове животное, сверх несократимого минимума, необходимого для рутинной деятельности по управлению телом данного размера.

Измеренные EQ среди современных млекопитающих очень различны. У крыс EQ примерно 0.8, что чуть ниже среднего всех млекопитающих. У белок несколько выше, примерно 1.5. Возможно, что жизнь в трёхмерном мире деревьев требует дополнительной вычислительной мощности для управления точными прыжками, и даже большей - для размышлений насчёт эффективных путей через лабиринт веток – могут ли они соединиться дальше. У обезьян EQ прилично выше среднего, а человекообразных (особенно у нас) – намного выше. У разных типов мелких обезьян, как оказалось, EQ различен, и что интересно – имеется определённая связь с их образом жизни: у насекомоядных и плодоядных обезьян мозг, для их размера больше, чем у листоядных. На этом основании есть смысл предположить, что животное нуждается в меньшей вычислительной мощности, чтобы найти листья, которые растут вокруг в изобилии, чем для того, чтобы найти плод, который, вероятно, придётся искать, или ловить насекомых, которые предпринимают активные меры по избежанию поимки. Но здесь, к сожалению не исключено, что истинная история переусложнена, и что в данном случае другие переменные, типа интенсивности метаболизма, могут быть важнее. В целом, у млекопитающих плотоядные животные обычно имеют чуть более высокий EQ, чем травоядные, на которых они охотятся. У читателя вероятно уже возникли некоторые идеи относительно причин такого положения дел, но такие идеи проверить трудно. Так или иначе, но это кажется факт - безотносительно к причинам.

Довольно о современных животных. Джерисон сделал реконструкции вероятных EQ вымерших животных, ныне существующих только как окаменелости. Он оценивал размер мозга, делая гипсовые слепки внутренностей черепов. При этом нельзя было избежать приличного количества догадок и оценок, но пределы ошибок не столь велики, чтобы отказаться от затеи. По крайней мере, точность метода изготовления гипсовых слепков может быть проверена с использованием современных животных. Мы представляем себе, что сухой череп – это всё, чем мы располагаем от современного животного, сделаем гипсовый слепок, оценим по одному ему размер мозга, а затем сверим это значение с реальным мозгом, и узнаем точность нашей оценки. Такие проверки на современных черепах поддерживают доверие к оценкам Джерисона размеров мозга давно умерших животных. Он сделал вывод, что во-первых, в ходе геологического времени имеет место тенденция увеличения мозга. Живущие в любое заданное время травоядные как правило имели меньший мозг, чем современные им плотоядные, охотящиеся на них. Но более поздние травоядные как правило имели больший

мозг, чем ранние; та же картина наблюдается и у плотоядных. Судя по всему, мы видим в окаменелостях гонки вооружений, или скорее - серию рестартующих гонок вооружений между плотоядными и травоядными животными. В этом есть особенно воодушевляющая параллель с человеческими гонками вооружения, так как мозг - это бортовой компьютер, используемый как плотоядными, так и травоядными животными, а электроника - это, пожалуй наиболее быстро совершенствующийся элемент в человеческой технологии вооружений.

Чем заканчиваются гонки вооружений? Иногда они могут закончиться вымиранием одной из сторон, и тогда другая сторона, возможно прекратит эволюционировать в этом конкретном прогрессивном направлении, и фактически будет скорее всего даже “регрессировать” по экономическим причинам, которые мы обсудим чуть ниже. Во многих случаях, экономическое давление может совсем остановить гонку вооружений - даже при том, что одна сторона гонки, будет, в некотором смысле постоянно лидировать. Возьмём к примеру скорость бега. Существует фундаментальный предел скорости бега гепардов или газелей, предел, налагаемый законами физики. Но ни те, ни другие этого предела не достигли. И те, и другие нарастили скорость до некоторого нижнего предела, который, полагаю, по своей сути экономический. Высокоскоростная технология недёшева. Она требует длинных костей ног, мощных мышц, больших лёгких. Всем этим может обладать любое животное, которому действительно нужно быстро бегать, но за всё это нужно платить. И платить по резко возрастающей цене. Цена эта измеряется в, как говорят экономисты, “издержках возможностей”. Издержки каких-то возможностей - это сумма всех других вещей, от которых вы должны воздержаться, чтобы иметь эти возможности. Издержки посылки ребёнка а частную платную школу - это всё вещи, покупку которых вы не можете себе в результате позволить: новый автомобиль, отпуск на фешенебельном курорте (если же вы настолько богаты, что легко можете позволить себе всё это одновременно, то издержки посылки вашего ребенка в частную школу могут быть почти нулевыми). Для гепарда, издержки роста больших мышц ног - это всё, на что гепард мог бы израсходовать материалы и энергию, которые обыкновенно расходуются им на изготовление этих мышц, например, на выработку дополнительного молока для детёнышей.

Разумеется, никто не предполагает, что гепарды производят калькуляции этих издержек в своих головах! Всё это прodelывается автоматически в ходе обычного естественного отбора. Конкурирующий гепард, не имеющий таких больших мышц ног, возможно, не сможет бежать столь же быстро, но зато он экономит тем самым ресурсы для выработки дополнительного молока, вследствие чего, возможно, вырастит больше детёнышей. Так что наибольшее количество детёнышей будет выращено гепардами, гены которых обеспечат им оптимально-компромиссное соотношение между скоростью бега, молочной продуктивностью, и всеми другими запросами их бюджета. Скорость бега не обязательно должна оптимизироваться по, скажем, молочной продуктивности. Баланс будет конечно различен для различных видов, и может колебаться в пределах каждого вида. Определённо можно сказать лишь то, что балансирование подобного рода будет неизбежно. Когда и гепарды и газели достигнут максимальной скорости бега, которую их внутренняя экономика “может себе позволить”, то гонка вооружений между ними остановится.

Соответствующие экономические точки остановки могут не совпадать в точности. Животным-добыче нужно останавливаться на тратах относительно большей доли их бюджета на оборонительное вооружение, чем хищникам - на наступательное. Одна из причин такого положения дел отражена в морали одной из басен Эзопа: кролик бежит быстрее лисы, потому что кролик бежит за своей жизнью, а лиса - только за обедом. В экономических терминах это означает, что те особи лис, которые вкладывают ресурсы в другие проекты, могут добиваться большего успеха, чем особи лис, которые вкладывают почти все свои ресурсы в технологию охоты. С другой стороны, в популяции кроликов, баланс экономических выгод смещён к тем особям кроликов, которые более расточительно тратятся на оборудование для быстрого бега. Итог этого экономического балансирования бюджетов в пределах вида состоит в том, что гонки вооружений между видами рано или поздно приходят к взаимно устойчивому концу, с лидированием одной из сторон.

Вряд ли мы будем свидетелями какой-то гонки вооружений в её динамике, ибо вряд ли они будут разворачиваться в некий конкретный “момент” геологического времени, такой, как наше время. Но тех животных, которых мы видим в наше время, можно интерпретировать как конечные продукты гонки вооружений, проходившей в прошлом.

Подведём итог этой главы. Гены отбираются не на основе их внутренних качеств, а на основе результатов их взаимодействия с окружающими средами. Наиболее важный для гена компонент окружающей среды - другие гены. Причина такой важности в том, что другие гены также изменяются по мере смены поколений в эволюции. Отсюда - два главных следствия.

Первое следствие подразумевает, что будут одобрены те гены, которые обладают свойством “сотрудничать” с другими генами, с которыми они, вероятно столкнутся при обстоятельствах, когда сотрудничество полезно. Это особенно верно для генов существ, принадлежащих одному виду (хотя и не только), потому, что гены в рамках одного вида находятся вместе в одних клетках. Это привело к эволюции крупных конгломератов сотрудничающих генов, и в конечном итоге - к эволюции самих тел, как продукту их совместного предприятия. Индивидуальное тело – это большое транспортное средство, или “машина выживания”, построенная кооперативом генов для сохранения копий каждого члена этого кооператива. Они сотрудничают, потому что все они заинтересованы в достижении одного и того же результата - выживания и воспроизводства их общего тела - и поэтому они являются важной частью окружающей среды, в которой действует на них естественный отбор.

Второе следствие. Обстоятельства не всегда одобряют сотрудничество. На своём марше сквозь геологические эпохи, гены могут сталкиваться друг с другом и при таких обстоятельствах, когда выгоден антагонизм. Это особенно верно для генов разных видов, хотя и не исключительно для них. Ведь гены разных видов гены не смешиваются - члены разных видов не могут скрещиваться друг с другом. Когда отобранные гены одного вида создают окружающую среду, в которой отбираются гены другого, то такая ситуация часто является эволюционной гонкой вооружений. Каждое новое генетическое усовершенствование, отселектированное одной стороной гонки, скажем, хищником – изменяет окружающую среду, в которой отбираются гены другой стороны гонки – добычи. В основном именно такие гонки вооружений ответственны за очевидно прогрессивную эволюцию таких качеств, как скорости бега, навыков полёта, остроты зрения, слуха, и так далее. Эти гонки вооружений не продолжаются вечно, но стабилизируются, например, когда дальнейшие усовершенствования становятся слишком экономически обременительными для этих животных.

Это была трудная глава, но её нужно было включить в книгу. Без неё мы бы остались с ощущением, что естественный отбор – лишь разрушительный, или в лучшем случае – отсеивающий процесс. Мы видели два пути, которыми естественный отбор может созидать. Один путь – это сотруднические отношения между генами в рамках одного вида. Наша фундаментальная предпосылка должна состоять в том, что гены – “эгоистичные” объекты, работающие на собственное распространения в генофонде вида. Но так как окружающая среда гена в значительной степени состоит из других генов, также отбираемых в том же самом генофонде, то будут одобряться те гены, которые хороши для сотрудничества с другими генами в том же генофонде. Именно поэтому эволюция породила большие тела - конгломераты клеток, совместно работающих ради достижения того же самого коллективного результата. Именно поэтому существуют большие тела, а не отдельные репликаторы, до сих пор борющиеся за эти цели в первозданном бульоне.

Организмы выработали единую и согласованную целеустремленность, потому что их гены отбирались в окружающей среде, созданной другими генами того же самого вида. Но так как окружающая среда генов включает также и гены других видов, то возникают гонки вооружений. Эти гонки вооружений являются другой крупной силой, продвигающей эволюцию в направлении, которое мы называем “прогрессивным” и сложным “проектом”. Гонки вооружений создают внутреннее ощущение своей безудержности. Они мчат в будущее по пути - в одном смысле бессмысленном и бесполезном, в другом - прогрессивном и бесконечно

привлекательном для нас, наблюдателей. В следующей главе мы обсудим особый случай такой взрывной, безудержной эволюции, которую Дарвин назвал половым отбором.

Глава 8

Взрывы и спирали

Человеческий ум - неисправимый искатель аналогий. Нас маниакально тянет видеть глубокий смысл в незначительных подобиях очень разных процессов. Однажды в Панаме, я почти целый день наблюдал битву двух огромных колоний муравьёв-листорезов, и моё воображение неодолимо сравнивало усыпанное конечностями поле битвы с картинами, которые я видел мемориальном музее в Пассхендале (*место одного из крупных сражений первой мировой войны – А.П.*). Я почти что слышал звуки выстрелов и запах дыма! Вскоре после публикации моей первой книги - “Эгоистичного гена”, ко мне обратились два священнослужителя, независимо пришедших к одной и той же аналогии между идеями книги и доктриной первородного греха. Дарвин рассматривал идеи эволюции применительно лишь к живым организмам, меняющим форму тела в ходе бесчисленных поколений. Его последователи не устояли от соблазна видеть эволюцию во всём - в изменяющейся форме вселенной, в “фазах” развития человеческих цивилизаций, и даже в модах на длину юбок. Такие аналогии могут быть иногда очень плодотворны, но в их построении легко зайти слишком далеко, и увлечься аналогиями настолько трудноуловимыми, что это аналогизаторство будет бесполезными или даже просто вредным. Из моей обширной почты от всяческих чудаков, я понял, что один из признаков бесполезного идеетворчества – излишне восторженное аналогизирование.

С другой стороны, некоторые крупные прорывы в науке произошли благодаря тому, что какой-то умный человек обнаружил аналогию между уже понятым предметом, другим, всё ещё таинственным. Но важно соблюсти баланс между чрезмерно неразборчивым аналогизированием, и бесплодной слепотой к аналогиям по-настоящему плодотворным. Вдохновение успешного учёного и бред психически неуравновешенного мечтателя отличаются качественно. Я предполагаю, что в принципе это различие состоит не столько в способности подмечать аналогии, сколько в способности отбрасывать глупые аналогии, но поддерживать полезные. И хотя это предположение тоже является аналогией (возможно - глупой, возможно – плодотворной; и уж разумеется - не оригинальной), между научным прогрессом и дарвиновским эволюционным отбором, но давайте теперь рассмотрим аналогию, относящуюся к главной теме этой главы. А именно – я собираюсь погрузиться в две взаимосвязанные аналогии, которые я нахожу вдохновляющим, но которые могут завести слишком далеко, если мы не будем достаточно осторожны. Первая – это аналогия между различными взрывоподобными процессами. Вторая – это аналогия между эволюцией собственно дарвиновской, и эволюцией, которую мы называем культурной. Я верю, что эти аналогии плодотворны – иначе я бы не посвятил им эту главу. Тем не менее, я вас предупредил.

Интересующая нас особенность всех взрывов известна инженерам как “положительная обратная связь”. Сущность положительной обратной связи лучше всего понять в сравнении с её противоположностью - отрицательной обратной связью. Отрицательная обратная связь – основа большинства устройств автоматического контроля и регулирования, а один из наиболее чётких и известных примеров её – регулятор Уатта. Практически полезный двигатель должен выдавать энергию вращения с постоянной скоростью, именно такой, с какой нужно работать мельницам, ткацким станкам, насосам, и многому другому. Стоящая перед Уаттом проблема состояла в том, что скорость вращения двигателя зависела от давления пара. Подбросив топлива в топку, мы ускорим работу двигателя, что не нужно для работы мельницы или ткацкого станка, требующих постоянной скорости привода своих механизмов. Регулятор Уатта представлял собой автоматический клапан, регулирующий поток пара в цилиндр.

Уатту пришла в голову остроумная идея: связать клапан со скоростью вращения двигателя так, что, чем быстрее вращался бы двигатель, тем сильнее бы клапан закрывал подачу пара. И

наоборот, когда бы двигатель замедлялся, то клапан бы открывался. Тогда двигатель, вращающийся слишком медленно, тотчас ускорится, а двигатель, вращающийся слишком быстро, тотчас замедлится. Конкретная реализация измерения скорости регулятора была проста, но эффективна, а принцип до сих пор используется сегодня. Двигатель вращает пару шаров, подвешенных на шарнирных рычагах. Когда двигатель (с шарами) вращается быстро, то шары под действием центробежной силы поднимаются вверх. Когда медленно – опускаются вниз. Шарнирные рычаги непосредственно связаны с регулятором подачи пара. При соответствующей настройке, регулятор Уатта может поддерживать скорость вращения парового двигателя почти постоянной, несмотря на значительную неравномерность огня в топке (*и неравномерность механической нагрузки на двигатель – А.П.*).

Базовый принцип работы регулятора Уатта - отрицательная обратная связь. Информация о некоем выходном параметре двигателя (о скорости вращательного движения в данном случае) подаётся назад на вход двигателя (величину подачу пара). Обратная связь отрицательна, так как высокое значение выходного параметра (быстрое вращение шаров) оказывает отрицательный эффект на вход (снижает подачу пара). И наоборот, низкий уровень выходного параметра (медленное вращение шаров) повышает подачу пара, т.е. влияние опять с обратным знаком. Однако я объяснил здесь идею отрицательной обратной связи лишь затем, чтобы противопоставить её положительной обратной связи. Давайте возьмём управляемый регулятором Уатта паровой двигатель, и сделаем в нём одно критическое изменение. Мы инвертируем знак отношений между центробежным шаровым регулятором и клапаном подачи пара. Теперь, когда шары будут вращаться быстро, клапан, вместо того, чтобы закрываться (как это было у Уатта), будет открываться. И наоборот, когда шары будут вращаться медленно, клапан будет не увеличивать подачу пара, а уменьшать его. В нормальном двигателе, регулируемом оригинальным регулятором Уатта, двигатель, начавший было замедляться, вскоре исправит эту тенденцию и ускорится до желаемой скорости. Но наш извращённый двигатель будет делать всё наоборот. Начавшееся замедление заставит его замедлиться ещё больше, и вскоре он сам себя остановит. Но с другой стороны, если такому извращённому двигателю случится немного ускориться, то вместо ослабления тенденции, как это делал правильный двигатель Уатта, эта тенденция усугубится. Небольшое ускорение подкрепит инвертированным регулятором, и двигатель ускорится ещё больше. Это ускорение положительно вернётся на вход, и двигатель ускорится дальше. Это будет продолжаться до тех пор, пока двигатель не разрушится от перенапряжения и пробьёт своим маховиком фабричную стену, или, исчерпав доступное давление пара в котле, прекратит рост скорости вращения.

Там, где оригинальный регулятор Уатта использует отрицательную обратную связь, наш гипотетический извращённый - являет собой пример противоположного явления - положительной обратной связи. Процессы с положительной обратной связью нестабильны, и склонны к самоускорению. Небольшие начальные флуктуации усиливаются, и с самоускорением мчат по всё возрастающей спирали, достигающей высшей точки или в катастрофе, или в выходе на крайне высокий уровень, разрастание которого до катастрофы предотвращают какие-то другие ограничители. Инженеры сочли плодотворным объединить одно, весьма широкое множество процессов под единым названием “отрицательная обратная связь”, а другое, не менее широкое – под единым названием “положительная обратная связь”. Аналогии между этими процессами плодотворны не только в каком-то расплывчатом качественном смысле, но и потому, что все эти процессы описываются одними и теми же базовыми математическими законами. Биологи, изучая такие явления как поддержание температуры тела, и механизмы насыщения, предотвращающие переизбыток, сочли полезным позаимствовать у инженеров математику отрицательной обратной связи. Системы с положительной обратной связью используются меньше, чем с отрицательной – причём как инженерами, так и живыми телами, но однако предметом этой главы являются именно они.

Причина, по которой и инженеры, и живые тела чаще используют отрицательную, чем положительную обратную связь, конечно в том, что поддержание параметров вблизи оптимума очень часто полезно. Неустойчивые безудержные процессы редко когда бывают полезны, и

более того – часто просто опасны. Типичный химический процесс с положительной обратной связью – взрыв, и мы обычно используем слово “взрывной” для описания какого-нибудь безудержного процесса. Например, мы можем описывать характер какого-то человека, как взрывной. Одним из моих учителей был культурный, учтивый и обычно мягкий человек, но у него случались взрывы характера, о которых он сам знал. Когда в классе случалось что-то крайне вызывающее, то он сначала ничего не говорил, но его лицо показывало, что внутри происходит что-то необычное. Затем, начиная тихим и сдержанным тоном, он говорил: "Боже! Я не могу это сдержать. Я сейчас потеряю самообладание. Залезайте под столы, предупреждаю. Процесс пошёл!" В это время его голос быстро повышался, и дойдя до крещендо, учитель хватал всё, что было в пределах его досягаемости: книги, дощечки, пресс-папье, чернильницы, и быстро швырял это всё, с предельной силой и свирепостью, но неприцельно, в общем направлении мальчика, спровоцировавшего его. Затем его возбуждение спадало, и на следующий день он максимально доброжелательно извинялся перед этим мальчиком. Он отдавал себе полный отчёт в том, что выходил из-под контроля, и сознавал себя жертвой положительной обратной связи.

Но положительные обратные связи могут вести не только к безграничному росту; они могут вести к также и к безграничному уменьшению. Я недавно участвовал в дебатах в Конгрегации - "парламенте" Оксфордского университета, на тему о предложении почётной степени одному человеку. Вопреки обыкновению, решение было спорным. После голосования, в течение 15-и минут, необходимых для подсчёта голосов, в зале стоял сплошной гул от общения участников, ожидающих объявления результата голосования. В один момент общение неожиданно прекратилось, и воцарилась полная тишина. Причиной прекращения была особая разновидность положительной обратной связи. Произошло следующее. В любом сплошном гуле голосов неизбежно происходят случайные флуктуации уровня шума, как вверх, так и вниз, которых мы обычно не замечаем. Произошла одна из таких случайных флуктуаций в сторону снижения уровня шума, чуть более заметная, чем обычно, что было замечено некоторыми людьми. Так как все с волнением ждали объявления результатов, то случайное уменьшение в уровня шума было замечено и вызвало прекращение их беседы. Это вызвало дополнительное небольшое снижение общего уровня шума, что было замечено уже большим количеством людей, и их беседа также прекратилась. Положительная обратная связь запустилась, и довольно быстро довела уровень шума до полной тишины. Затем, когда мы поняли, что это была ложная тревога, раздался смех, сопровождаемый медленным подъёмом уровня шума до его прежнего уровня.

Самые значительные и впечатляющие положительные обратные связи – это такие, которые порождают не уменьшение, а безудержное увеличение чего-то: ядерный взрыв, учитель, теряющий самообладание, ссора в пивной, нарастающие взаимные обвинения в ООН (возможно, читателю следует вспомнить предупреждение, с которого я начал эту главу). Значение положительных обратных связей в международных делах неявно признано в жаргонном слове "эскалация": когда мы говорим о зонах политической напряжённости, мы можем сказать, к примеру, что Ближний Восток – это "пороховая бочка". Одно из наиболее известных высказываний, выражающих суть положительной обратной связи, содержится в Евангелии от Матфея: "кто имеет, тому прибудет и приумножится, а кто не имеет, у того отнимется и то, что имеется". Эта глава – про положительные обратные связи в эволюции. Некоторые особенности живых организмов выглядят так, как будто они есть результаты какого-то взрывоподобного развития – следствия какой-то положительной обратной связи. В мягкой форме таким примером могут быть гонки вооружений предыдущей главы, но действительно впечатляющие примеры такого рода можно найти в органах полового привлечения.

Попробуйте убедить сами себя в том (в чём когда-то, когда я был студентом, пытались убедить меня), что хвост павлина – заурядный функциональный орган, такой как зуб или почка, созданный естественным отбором для прагматической задачи маркировки принадлежности птицы к данному виду, и не более того. Меня в своё время не убедили, и я сомневаюсь в том, что в этом можно убедить и вас. Полагаю, что на хвосте павлина лежит однозначная печать

положительной обратной связи. Это несомненный продукт какого-то безудержного, нестабильного взрыва, проходившего в эволюционном прошлом. Именно это полагал Дарвин в своей теории полового отбора и именно об этом, в ясных и подробных выражениях, мыслил величайший из его последователей, Р. А. Фишер. В своей книге “Генетическая теория естественного отбора”, он, после непродолжительных рассуждений, заключил:

И брачное оперение самца, и половое предпочтение такого оперения у самок, должны, таким образом, развиваться вместе, и пока этому процессу не препятствует серьёзный противоотбор, будут происходить с всёвозрастающей скоростью. Легко заметить, что при полном отсутствии таких препятствий, скорость развития в этом направлении будет пропорциональна достигнутому уровню развития, который вследствие этого будет со временем расти по экспоненте – т.е. в геометрической прогрессии.

И, что типично для Фишера, - то, что ему было "легко заметить", не было в должной мере понято другими и полстолетия спустя. Он не потрудился привести доказательства этого утверждения - что развитие брачно-привлекательного оперения может происходить с постоянно возрастающей скоростью, по экспоненте, взрывообразно. Остальной части биологического мира потребовалось примерно 50 лет, чтобы понять, и наконец полностью восстановить математическую аргументацию, которую Фишер, должно быть использовал - или на бумаге, или в голове, и доказать этот вывод самим себе. Я сейчас попробую объяснить – сугубо нематематической прозой - эти математические идеи, которые, в их современной форме, были в основном разработаны молодым американским математическим биологом Расселом Ланде. И хотя я не столь пессимистичен, как Фишер, написавший в 1930-м году в предисловии к его книге: "Никакие мои усилия не смогли сделать эту книгу лёгкой для чтения", однако, как выразился доброжелательный рецензент моей первой книги, "хочу попросить читателя предварительно надеть мыслительные кроссовки". Моё собственное понимание этих трудных идей далось мне нелегко. Здесь я должен поблагодарить (несмотря на его протесты), моего коллегу, а в прошлом - студента Алана Графена, чьи мыслительные крылатые сандалии хорошо известны своей уникальностью в своём роде. Однако он обладает ещё более уникальной способностью снимать их, и придумывать понятные объяснения для других людей. Без его разъяснений, я бы просто не смог написать середину этой главы; вот почему я не хочу ограничивать признательности ему предисловием.

Прежде, чем мы приступим к этим трудным вопросам, я должен сделать отступление, и немного рассказать о происхождении идеи полового отбора. Эту идею, как и многие другие идеи в этой области, выдвинул Чарльз Дарвин. Хотя Дарвин и придавал главное значение выживанию и борьбе за существование, но признавал, что само существование и выживание – есть только средства достижения главной цели. А цель эта – воспроизводство. Фазан может дожить до зрелого и старого возраста, но если он не размножится, то не передаст свои признаки дальше. Отбор одобрит качества, делающие животное успешным в размножении, выживание же – это только часть сражения за воспроизводство. На некоторых фронтах этого сражения успех сопутствует тем, кто наиболее привлекателен для противоположного пола. Дарвин видел, что, если самец фазана, павлина, или райской птицы приобретает брачную привлекательность – даже ценой собственной жизни, то он может тем не менее передавать эти брачно-привлекательные качества дальше благодаря очень успешному воспроизводству перед смертью. Он понимал, что большой хвост павлина препятствует выживанию его обладателя, и предполагал, что это препятствие с лихвой перевешивается увеличенной брачной привлекательностью, даруемой ему этим хвостом. Дарвин любил проводить аналогии с одомашниванием, и сравнил паву с человеком-селекционером, направляющим эволюцию домашних животных по линии эстетических прихотей. Мы могли бы сравнивать её с человеком, выбирающим компьютерные биоморфы в направлении эстетической привлекательности.

Дарвин просто принимал самочьи прихоти как данность. Их существование было аксиомой его теории полового отбора, априорным предположением, а не чем-то, подлежащим

самостоятельному объяснению. Частично по этой причине его теория полового отбора приобрела дурную славу; спас её Фишер в 1930-м году. К сожалению, многие биологи или игнорировали, или не понимали Фишера. Возражение, выдвинутое Джулианом Хаксли и другими, состояло в том, что самочки прихоти не могут быть законным основанием для истинно научной теории. Но Фишер спас теорию полового отбора, трактуя самочки предпочтения как самостоятельную законную цель естественного отбора – такую же, как самцовые хвосты. Самочье предпочтение – работа самочьей нервной системы. Самочья нервная система развивается под влиянием её генов, и поэтому свойства этой системы будут вероятно находиться под влиянием отбора у прошлых поколений. Пока другие полагали развитие самцовых украшений результатом статических самочьих предпочтений, Фишер рассматривал самочки предпочтения, как динамически развивающиеся в такт с самцовыми украшениями. Возможно, вы уже начинаете догадываться, как эта мысль будет связываться с идеей взрывообразной положительной обратной связи.

При обсуждении трудных теоретических идей часто бывает полезно иметь в виду конкретный пример реального мира. Я буду использовать в качестве примера хвост африканской длиннохвостой птицы Вдовушки. Подошло бы любое украшение, сформированное половым отбором, но я прихотливо решил внести сюда разнообразие, и уйти от вездесущего (при обсуждении данной темы) павлина. Самец длиннохвостой птицы Вдовушки – стройная чёрная птица с яркими оранжевыми пятнышками на плечах, размером примерно с английского воробья - за исключением хвоста. В брачный период основные перья его хвоста могут достигать в длину 18 дюймов(46 см). Впечатляющий полёт Вдовушки часто можно видеть над полями Африки, когда он выполняет бочки и развороты - как самолёт с длинным рекламным транспарантом. Не удивительно, что такой хвост может “отменять полёты” во влажную погоду. Должно быть, даже сухой длинный хвост – это обременительный груз, который приходится носить с собой. Здесь нам интересно объяснение развития длинного хвоста, которое, как мы догадываемся, было взрывоподобным процессом. Надо полагать, что отправной точкой этого процесса была птица-прародитель без длинного хвоста. Предположим, прародительский хвост был в длину приблизительно 3 дюйма(7.6 см) - примерно одна шестая длины хвоста современного самца в брачный период. Попробуем объяснить это эволюционное изменение - шестикратное увеличение длины хвоста.

Очевидно, что когда мы измеряем у животных почти что угодно, то хотя большинство особей вида будут в отношении этого “чего-то” весьма близки к средним, часть особей будет немного отклоняться от среднего в ту или другую сторону. Можно не сомневаться, что у прародительских птиц имелся разброс длин хвоста относительно среднего значения в 3 дюйма – у кого-то было сколько-то больше, у кого-то – сколько-то меньше. Можно смело предположить, что длина хвоста управлялась большим количеством генов, каждый из которых оказывал небольшой эффект, но их эффекты складывались, к ним прибавлялись эффекты особенностей питания, и других переменных окружающей среды, и получалась фактическая длина хвоста особи. Несколько генов, эффекты которых складываются, называются полигенами. На большую часть наших размерных характеристик, например на рост и вес, воздействуют большое количество полигенов. Математическая модель полового отбора, которой я придерживаюсь более всего – а именно, модели Рассела Ланде, является моделью полигенов.

Теперь нам нужно обратить наше внимание на самок. Как они выбирают партнёров? Утверждение, что именно самки выбирают партнёров (а не наоборот), может показаться сексистским, но в пользу такого утверждения имеются веские теоретические доводы (см. “Эгоистичный ген”), и собственно, так и наблюдается на практике. Современные длиннохвостые самцы Вдовушки содержат гаремы из полудюжины (или около того) самок. Из этого следует, что в популяции имеется излишек не размножающихся самцов, что, в свою очередь, означает, что самки не имеют никаких трудностей с поиском партнёров, и находятся в положении выбирающих. Самцу чрезвычайно выгодно быть привлекательным для самок. Самке быть привлекательной для самца не очень важно, так как она будет так или иначе

востребована в любом случае.

Итак, приняв предположение, что именно самки производят выбор, мы далее делаем важный шаг, сделанный Фишером для ответа критикам Дарвина. Вместо того, чтобы просто принять, что у самок имеются прихоти, мы расцениваем самоцье предпочтение, как находящуюся под генетическим влиянием переменную, точно такую же, как и любую другую. Самоцье предпочтение – количественная переменная, и мы можем предполагать, что она находится под контролем полигенов – точно так же, как и сама длина хвоста. Эти полигены могут воздействовать на самые разнообразные части мозга самки, и даже на её глаза; на всё, что могло бы сказаться на её предпочтениях. Несомненно, что самоцьи предпочтения принимают во внимание многие части тела самца - цвет пятнышек на его плечах, форму клюва, и так далее; но мы здесь рассматриваем эволюцию длины самцового хвоста, и следовательно, нас интересуют самоцьи предпочтения самцовых хвостов различной длины. Поэтому мы вправе измерять самоцье предпочтение точно в тех же самых единицах, в каких мы измеряем длину самцового хвоста; пусть это будут дюймы. Полигены позаботятся о том, чтобы имелись и самки, симпатизирующие самцовым хвостам длиннее среднего, и самки, симпатизирующие хвостам короче среднего, и самки, симпатизирующие хвостам примерно средней длины.

Вот тут мы подходим к одному из ключевых озарений всей теории. Хотя гены самоцьих предпочтений оказывают влияние только на самоцье поведение, но в самцовых телах они тоже присутствуют. И точно также, гены длины самцового хвоста присутствуют в телах самок, безотносительно того, проявляют ли они себя как-то в самках. Представить себе никак не проявляющие себя (не экспрессирующиеся) гены нетрудно. Если мужчина обладает генами длинного пениса, то он с равной вероятностью передаст эти гены как дочери, так и сыну. Эти гены могут сработать у его сына, но у дочери – конечно же нет, ибо у неё нет пениса вообще. Но внуки этого мужчины - сыновья дочери, могут с той же вероятностью унаследовать его длинный пенис, как сыновья его сына. Гены могут присутствовать в теле, но не работать (не экспрессировать). Точно так же Фишер и Ланде предполагают, что гены самоцьих предпочтений имеются в самцовых телах, хотя экспрессированы только в самоцьих. А гены самцовых хвостов имеются в самоцьих телах, хотя не проявляют себя у них.

Предположим, что у нас есть специальный микроскоп, позволяющий взглянуть внутрь клетки любой птицы, и анализировать её гены. Возьмём самца, хвост которого оказался длиннее среднего, и взглянем на его гены. Увидев у него гены длинного хвоста, мы ни сколько не удивимся - это самоочевидно, ведь у него так и так длинный хвост. Но теперь посмотрим на его гены “хвостовых предпочтений”. Здесь у нас нет никакой подсказки в его внешности, так как эти гены экспрессируются только в самках, и мы можем их исследовать лишь в наш микроскоп. Что мы увидим? А мы увидим гены, побуждающие самок предпочитать длинные хвосты у самцов. Соответственно, если бы мы посмотрели на гены короткохвостого самца, мы увидели бы гены, побуждающие самок предпочитать короткие хвосты. Это действительно ключевой пункт этого доказательства. Объясняется это так:

Если я - самец с длинным хвостом, то наличие у моего отца длинного хвоста более вероятно, чем наличие короткого. Это обычный закон наследования. Но кроме того, поскольку мой отец был выбран в качестве брачного партнёра моей матерью, то предпочтение ею длиннохвостого самца более вероятно, чем предпочтение короткохвостого. Поэтому, если я унаследовал от отца гены длинного хвоста, то я, вероятно также унаследую и гены предпочтения длинного хвоста от матери. И аналогично рассуждая - если вы унаследовали гены короткого хвоста, то есть хорошие шансы на то, что вы унаследовали и гены, побуждающие самок предпочитать короткий хвост.

Аналогичные рассуждения применимы и для самок. Если я – самка, предпочитающая длиннохвостых самцов, то весьма вероятно, что моя мать также предпочитала длиннохвостых самцов. Поэтому, мой отец, вероятно имел длинный хвост, так как он был выбран моей матерью. Следовательно, если я унаследовала гены предпочтения длинных хвостов, то я, вероятно унаследовала и гены для наличия длинного хвоста, безотносительно к тому, экспрессированы эти гены в моём самоцьем теле, или нет. И если я унаследовала гены

предпочтения коротких хвостов, то я, вероятно также унаследовала и гены наличия короткого хвоста. Шире говоря - любая особь, любого пола, будет вероятно нести в себе как гены, побуждающие самцов иметь какое-то качество, так и гены, побуждающие самок предпочитать, то же самое качество – неважно, какое именно.

Таким образом, и гены самцовых качеств, и гены, побуждающие самок предпочитать эти качества, не будут беспорядочно перетасовываться в популяции, но будут иметь склонность наследоваться вместе. Это "сродство", обозначаемое несколько устрашающим специальным термином “неравновесное сцепление”, играет хитрую роль в уравнениях математических генетиков. Неравновесное сцепление порождает удивительные и замечательные последствия, не последние из которых, если Фишер и Ланде правы, - взрывная эволюция хвостов павлинов и птиц-вдовушек, и носителей других органов полового привлечения. Доказать эти последствия можно только математически, но суть их можно передать простыми словами, и попытаться ощутить некий аромат математических доказательств, говоря на нематематическом языке. Нам всё ещё нужны наши мыслительные кроссовки, впрочем, горновосходительные ботинки здесь подходят, пожалуй, более. Каждый шаг доказательства достаточно прост, но восхождение на гору понимания требует многих шагов, и пропуск одного из них приведёт к тому, что вы, к сожалению, не сможете сделать последующие.

Выше мы признали возможность полного диапазона самочьих предпочтений – от предпочтения длиннохвостых самцов с одного конца диапазона, до предпочтения короткохвостых с противоположного. Но если бы мы смогли произвести опрос среди самок в конкретной популяции, то мы бы, скорее всего нашли, что вкусы большинства самок в популяции в отношении самцов одни и те же. Мы можем обозначить диапазон самочьих вкусов популяции в тех же самых единицах (дюймах), в каких мы обозначаем диапазон длин самцовых хвостов. И обозначить среднее самцовое предпочтение в тех же самых дюймах. При этом может оказаться, что среднее самочье предпочтение будет точно таким же, как и средняя длина самцового хвоста – по 3 дюйма и у тех, и у тех. В этом случае самочий выбор не будет эволюционной силой, порождающей тенденцию менять длину хвоста у самцов. Но при этом могло оказаться, что средняя самка предпочитала бы хвост существенно более длинный, чем средний фактически самцовый хвост, скажем, 4 дюйма, а не 3. На мгновение оставим открытым вопрос о том, откуда могло взяться такое несоответствие, только отметим его, и зададим следующий очевидный вопрос. Если большая часть самок предпочитает самцов с 4-х дюймовыми хвостами, то почему большинство самцов обладает 3-х дюймовыми? Почему средняя длина хвоста в популяции не смещается к 4 дюймам под давлением самочьего отбора? Откуда взялось 1-дюймовое несоответствие между средним значением длины предпочитаемого хвоста, и фактической средней длиной хвоста?

А дело в том, что самочьи вкусы - не единственный вид отбора, который действует на длину хвоста самца. Птичьи хвосты играют важную роль в полёте; слишком длинный, или слишком короткий хвост снизят эффективность последнего. Кроме того, длинный хвост требует затрат большей энергии на его ношение, и больших затрат материалов на изготовление. Самцы с 4-х дюймовыми хвостами могли бы хорошо привлекать самок, но ценою менее эффективного полёта, больших затрат энергии, и большей уязвимости для хищников. Другими словами, существует оптимально-прагматическая длина хвоста, отличающаяся от оптимума с точки зрения полового отбора; идеальная длина с точки зрения критериев обычной полезности - длина, идеальная со всех точек зрения, кроме привлечения самок.

Следует ли нам ожидать, что фактическая средняя длина самцового хвоста, в нашем гипотетическом примере - 3 дюйма, будет утилитарным оптимумом? Нет, нам следует ожидать, что утилитарный оптимум будет меньше, скажем, 2 дюйма. Ведь фактическая средняя длина хвоста, 3 дюйма, является плодом компромисса между утилитарным отбором, стремящимся сделать хвосты покороче, и половым отбором, стремящимся сделать их подлиннее. Можно предположить, что если бы не было необходимости привлекать самок, то средняя длина хвоста уменьшилась бы до 2-х дюймов. А если бы не было необходимости беспокоиться об эффективности полёта и затратах энергии, то средняя длина хвоста увеличилась бы до 4

дюймов. Фактические 3 дюйма - компромисс.

Выше мы оставили открытым вопрос о том, почему самки могли бы предпочитать неоптимальный с прагматической точки зрения хвост. На первый взгляд, эта идея вообще кажется глупой. Самки, озабоченные модой на длинные хвосты - более длинные, чем хвосты "хорошего проекта", рискуют тем самым иметь плохо спроектированных, неэффективных, неуклюже летающих сыновей. Любая мутантная самка, которой посчастливилось питать немодные симпатии к короткохвостым самцам, в особенности – если её вкус в части самцовых хвостов совпадал бы с прагматическим оптимумом, породит эффективных сыновей, хорошо спроектированных для полёта, которые конечно же победили в конкуренции её более "модных" сыновей. Ах, тут есть загвоздочка, неявно вытекающая из метафоры "мода". Сыновья мутантной самки могут быть более эффективными летунами, но большинство самок популяции не будут находить их привлекательными. Они привлекут лишь меньшинство самок, приверженных "нестандартной" моде, а самок, принадлежащих меньшинству, найти по определению труднее, по той простой причине, что концентрация их меньше. В обществе, в котором размножается только один самец из шести, эти редкие счастливчики, потворствуя вкусам большинства самок, и имея благодаря этому большие гаремы, будут извлекать огромные выгоды - выгоды, очень даже способные перевесить прагматические издержки снижения эффективности полёта и затрат энергии.

Но даже в этом случае, читатель может выразить недовольство тем, что вся эта аргументация основана на произвольном предположении. Да, приняв допущение, что большинство самок предпочитает непрактичные длинные хвосты, читатель может согласиться со всем остальным, отсюда вытекающим - но откуда изначально возникло у большинства самок это предпочтение? Почему большинство самок не предпочитало хвосты, меньшие чем утилитарный оптимум, или точно равные ему? Почему мода не может совпадать с практичностью? Может быть и так и так, и эдак – любой из этих вариантов мог бы реализоваться, и у многих видов так вероятно и есть. Мой гипотетический пример самок, предпочитающих длинные хвосты, был и в самом деле произволен. Но независимо конкретного вкуса большинства самок, и независимо степени его произвольности, будет иметь место тенденция отбора поддерживать вкус большинства, и при некоторых условиях усиливать его и преувеличивать. Вот здесь уже отсутствие математической поддержки доказательства становится действительно ощутимым. Я мог бы предложить читателю просто поверить, что математические выкладки Ланде вполне доказывают этот тезис - и этим ограничиться. Возможно, это было бы самым мудрым решением, но я сделаю попытку объяснить эту идею на словах. Ключ к этому доказательству находится в том, что мы ранее определили как "неравновесное сцепление", "сродство" генов хвостов данной длины (да и любой длины) - и соответствующих генов предпочтения хвостов той же самой длины. Мы можем полагать "коэффициент сцепления" определённым числом. Очень высокий коэффициент сцепления означает, что знания о генах данной особи, определяющих длину хвоста, позволяют нам с большой точностью предсказать, его или её гены предпочтения, и наоборот (*Как частный случай возможна ситуация, когда и длина, и предпочтение длины кодируются ОДНИМИ И ТЕМИ ЖЕ генами, лишь различно экспрессирующимися у особей разного пола - сцепленность будет конечно же стопроцентной; но этот случай академически не очень интересен – А.П.*). Напротив, если коэффициент сцепленности низок, то наше знание о генах индивидуума, определяющих либо предпочтение, либо длину хвоста, будет давать нам только небольшой намёк на его или её гены в ответной части признака.

На величину коэффициента сцепления действует много факторов – тут сила самочьего "предпочтения" (насколько они терпимы к тому, что полагают несовершенством самца); тут и величина зависимости вариаций длины от генов, величина зависимости вариаций от факторов внешней среды; и так далее. Если итог воздействия всех этих факторов – коэффициент сцепления (сила скреплённости генов длины хвоста и генов предпочтения длины хвоста), оказывается очень большим, то мы можем сделать следующий вывод: каждый раз, когда самец выбирается на основании его длинного хвоста, то мало того, что выбираются гены длинных

хвостов. Одновременно, благодаря "тесному" сцеплению, выбираются и гены предпочтения длинных хвостов. Получается, что гены, побуждающие самок выбрать мужские хвосты конкретной длины, в действительности выбирают копии самих себя. Это основной компонент самоусиливающегося процесса - импульс самоподдержки содержится в нём самом. Эволюция, начавшаяся в конкретном направлении, может заставлять саму себя придерживаться этого же самого направления и далее.

Эту идею можно показать и по-другому, в терминах так называемого "эффекта зелёной бороды". Эффект зелёной бороды – это своего рода академическая биологическая шутка. Это чисто гипотетический, но тем не менее – поучительный эффект. Он первоначально был предложен для объяснения фундаментального принципа, лежащего в основе “теории родственного отбора” У. Д. Гамильтона, которую я подробно обсуждал в “Эгоистичном гене”. Гамильтон, ныне мой коллега в Оксфорде, показал, что естественный отбор одобрит гены альтруистичного поведения по отношению к близкому родственнику - просто потому, что копии этих же самых генов имеют высокую вероятность пребывания в телах родственников. Гипотеза "зелёной бороды" рассматривает ту же самую закономерность шире, хотя и более отвлечённо. Доказывается, что родство – лишь один из возможных признаков, по которым гены могут распознавать наличие копии самих себя в других телах. Сугубо теоретически, ген мог бы распознавать наличие копии самого себя более прямолинейно. Предположим, что как-то возник ген, имеющий два следующих эффекта (гены с двумя (или больше) эффектами совершенно обычны): первый эффект снабдит его обладателей заметным "ярлыком", типа зелёной бороды, второй - воздействует на их мозг таким образом, что они будут вести себя альтруистично к зеленобородым особям. По общему признанию, это весьма маловероятное совпадение, но если это когда-нибудь всё же случилось, то эволюционные последствия ясны. Естественный отбор был бы склонен одобрять ген альтруизма к зеленобородым особям – по точно тем же причинам, что и гены альтруизма к потомству или братьям. Всякий раз, когда зеленобородая особь помогает другой такой же, то ген, побуждающий к такому вот выборочному альтруизму, будет одобрять копию самого себя. Распространение гена зелёной бороды будет автоматическим и неизбежным.

В действительности никто не думает, даже я, что эффект зелёной бороды - в такой простейшей форме, когда-либо обнаружится в природе. В природе гены распознают копии самих себя, и оказывают выборочную благосклонность, ориентируясь на менее чёткие но более вероятные ярлыки, чем зелёные бороды. Родство – это как раз такой ярлык. "Брат" или, фактически, что-то вроде "тот, кто вылупился в том же гнезде, в котором я оперился", - это статистический ярлык. Всякий ген, побуждающий особь к альтруистическому поведению по отношению к предьявителям такого ярлыка, имеет хороший шанс помогать копиям самого себя – ведь вероятность наличия у братьев общих генов весьма высока. Теория родственного отбора Гамильтона отмечает один из путей, на котором эффекты типа “зелёной бороды” могут быть вероятными. Уместно кстати напомнить, что во всём этом нет и тени предположения о том, что гены именно "хотят" помочь копиям самих себя. А есть лишь то, что всякий ген, у которого случайно оказывается эффект оказания помощи копиям самого себя, будет, волей-неволей, становиться более многочисленным в популяции. При этом родство может быть системой, в которой нечто вроде эффекта зелёной бороды может действительно иметь место. Теория полового отбора Фишера отмечает ещё один путь возможной реализации эффекта “зелёной бороды”. Когда самки популяции демонстрируют сильное предпочтение каким-то самцовым характеристикам, то из этого следует (согласно вышеприведённым рассуждениям), что каждое самцовое тело будет склонно носить копии генов, побуждающих самок предпочитать эти его характеристики. Если самец унаследовал длинный хвост от своего отца, то вероятно, что он также унаследовал от матери гены, побудившие её выбрать длинный хвост его отца. Если у него короткий хвост, то вероятно, что он носит гены, побуждающие самок предпочитать короткие хвосты. Таким образом, когда самка осуществляет выбор самца, то какими бы ни были её предпочтения, есть вероятность, что гены смещающие её выбор в пользу этих предпочтения, выбирают тем самым в самцах копии самих себя. Они выбирают копии самих

себя, используя длину хвоста самца как ярлык – это несколько более сложный вариант того пути, которым шёл бы гипотетический ген зелёной бороды, использующий зелёную бороду как аналогичный ярлык.

Если одна половина самок популяции предпочитает длиннохвостых самцов, а другая - короткохвостых, то гены самочьего выбора будут точно так же выбирать копии самих себя, но какая-либо тенденция одобрения того или иного типа хвоста будет отсутствовать. Имелась бы тенденция раскола популяции на две партии – длиннохвостиков (с им сочувствующими) и короткохвостиков (тоже с им сочувствующими). Но любой такой раскол по признаку самочьего "мнения" – неустойчивое состояние. В любой момент изначально незначительное большинство одной партии начнёт из поколения в поколение укрепляться - в ущерб другой. Произойдёт это потому, что самцы, предпочитаемые самками партии меньшинства, будут иметь больше проблем с поиском партнёров; а самки той же партии будут иметь сыновей, обречённых на БОЛЬШИЕ проблемы с поиском партнёров, и таким образом, самки партии меньшинства будут иметь меньше внуков. Всякий раз, когда незначительное меньшинство имеют тенденцию становиться ещё меньше, а незначительное большинство имеет тенденцию становиться еще больше, мы имеем ситуацию положительной обратной связи: "кто имеет, тому прибудет и приумножится, а кто не имеет, у того отнимется и то, что имеется". Всякий раз, когда имеет место неустойчивый баланс, случайные тенденции самоукрепляются. Точно так же, спилив дерево, мы в первый момент не уверены - будет ли дерево падать на север или на юг; но когда, кратковременного стояния вертикально оно начинает падать в каком-то одном направлении, оно уже не сможет вернуться назад, и начать падать иначе.

Зашнуруем наши горновосходительные ботинки покрепче – нам предстоит взять ещё один трудный пик. Вспомните, что самочий отбор тянет самцовые хвосты в одну сторону, а "утилитарный" - одновременно в другую ("тянет" – имеется в виду в эволюционном смысле, конечно). Фактическая средняя длина хвоста является компромиссом между двумя тянущими силами. Давайте введём количественную характеристику, называемую "рассогласование отбора", представляющую собой разность между фактической средней длиной хвоста самцов в популяции, и самочьим "идеалом" - длиной хвоста самца, которую предпочла бы средняя самка популяции. Единицы измерения этого рассогласования отбора произвольны, как произвольны температурные шкалы Фаренгейта и Цельсия. Также, как Цельсий нашёл удобным установить нулевую отметку своей шкалы в точке замерзания воды, так мы найдём удобным установить наш ноль рассогласования в точке, в которой давление полового отбора точно уравновешивает противонаправленное давление прагматического отбора. Другими словами, нулевое рассогласование означает, что эволюционное изменение параметра остановилось, потому что два противонаправленных отбора в точности аннулируют друг друга. Очевидно, чем больше рассогласование отбора, тем более сильное эволюционное "давление", создаётся самками а противовес давлению прагматического естественного отбора. Нас интересует не абсолютное значение рассогласования отбора в любой данный момент; а изменение этого рассогласования в последовательных поколениях. Можно задать вопрос об этом изменении иначе. Как следствие данного рассогласования отбора, хвосты становятся длиннее, и одновременно (вспомним, что гены предпочтения длинных хвостов отбираются совместно с генами наличия длинных хвостов) самочий "идеал" тоже становится длиннее. В следующем поколении такого двойного отбора (и средней длины хвоста и средней предпочитаемой длины), длина хвоста увеличится, но что увеличится больше?

Рассогласование отбора может остаться тем же (если и средняя длина хвоста, и средняя предпочитаемая длина хвоста, возрастут на одну и ту же величину). Оно может стать меньше (если средняя длина хвоста увеличилась на большую величину, чем возросла предпочитаемая длина). Ну и наконец, оно могло стать большим (если средняя длина хвоста сколько-то увеличилась, но среднее значение предпочитаемой длины увеличилось ещё больше). Возможно, вы начинаете догадываться, что если по мере роста хвоста рассогласование отбора становится меньшим, то длина хвоста скоро достигнет равновесного значения. Но если по мере роста хвостов рассогласование выбора становится большим, то у будущих поколений хвосты

(теоретически) будут буквально “стрелять” на постоянно возрастающей скорости. Без сомнения, именно это Фишер вычислил незадолго до 1930-го года, но тогда его краткие слова публикаций не были достаточно ясно поняты другими.

Давайте сначала рассмотрим случай, когда рассогласование отбора будет по мере смены поколений уменьшаться. В конечном счёте станет настолько мало, что давление самочьего предпочтения с одной стороны, будет точно уравновешено давлением утилитарного отбора с другой. Эволюционное изменение тогда остановится, и система, как говорят, будет находиться состоянии равновесия. На этот счёт Ланде доказал интересную вещь: по крайней мере при некоторых условиях, эта точка равновесия будет не одна, (теоретически – бесконечное их число, лежащее на прямой линии графика, но не буду грузить вас математикой!). Существует много точек равновесия - для любой силы утилитарного отбора, тянущего в одном направлении, развивается такая сила отбора самочьего предпочтения, чтобы достичь точного баланса между ними.

Итак, если условия таковы, что рассогласование отбора будет становиться по мере смены поколений меньше, популяция будет покоиться в “ближайшей” точке равновесия. В ней утилитарный отбор, тянущий в одном направлении, будет точно противодействовать самочьему отбору, тянущему в другом, и хвосты самцов будут оставаться той же самой длины сколь угодно долго. Читатель может увидеть здесь систему с отрицательной обратной связью, но это весьма своеобразная отрицательная обратная связь. Вы всегда можете сказать, что будет, если “возмутить” систему с отрицательной обратной связью, отдалить её от её идеала, “точки стояния”. Например, если вы, открыв окно, нарушите установившуюся температуру в комнате, то термостат отреагирует включением нагревателя для компенсации охлаждения. Что могло бы “возмутить” систему полового отбора? Не забывайте, что мы здесь говорим об эволюционных временных масштабах, так что экспериментировать с такими возмущениями затруднительно – это вам не открыть окно, и тут же видеть результаты. Но в природе, эта система подвергается возмущениям без сомнения часто, например спонтанными, хаотичными флуктуациями количеств самцов вследствие всяческих случайных событий – как счастливых, так и нет. Всякий раз, когда это случается (с учётом уже рассмотренных нами условий), то комбинация утилитарного и полового отбора возвратит популяцию к ближайшей точке из множества точек равновесия. Вероятно, это будет не та же самая точка равновесия, откуда популяция только что ушла, а будет другая точка на линии точек равновесия - чуть выше или ниже. Таким образом, с течением времени популяция может дрейфовать вверх или вниз по линии точек равновесия. Дрейф вверх означает, что хвосты удлиняются - теоретически беспредельно. Дрейф вниз означает, что хвосты укорачиваются – теоретически до нуля.

Для объяснения идеи точки равновесия часто используется аналогия с термостатом. Мы можем развить эту аналогию для объяснения более трудной идеи про линию равновесия. Предположим, что комната оборудована и нагревателем, и охладителем, у каждого из которых есть собственный термостат. Оба термостата настроены на поддержание одной и той же температуры комнаты, 70 градусов Фаренгейта (около 26° C). Если температура падает ниже 70, то нагреватель автоматически включается, а охладитель - выключается. Если температура повышается более 70, то охладитель автоматически включается, а нагреватель - выключается. Аналог длины хвоста птицы вдовушки здесь - не температура (которая остаётся, приблизительно постоянной - 70°) но общее потребление электричества. Дело в том, что имеется много различных путей достижения желаемой температуры. Её можно достичь работой обеих устройств на полной мощности – нагреватель будет извергать реку горячего воздуха, а охладитель – выкладывать до упора, нейтрализуя высокую температуру. Также её можно достичь при умеренной производительности нагревателя, и соответственно умеренной работе охладителя нейтрализующего это тепло. Но можно достичь её при едва-едва заметной работе обеих устройств. Очевидно, что последний вариант наиболее желателен с точки зрения счёта за электричество, но если нас интересует лишь поддержание заданной температуры в 70 градусов, то каждое сочетание из большого их ряда одинаково удовлетворительно. Мы имеем здесь линию точек равновесия, а не единственную точку. В зависимости от конкретных деталей

построения системы, задержек регулирования, и прочих инженерных вопросов, теоретически возможно, что потребление электричества будет дрейфовать вверх и вниз по линии точек равновесия, а температура будет оставаться той же самой. Если температура комнаты отклонится немного ниже 70 градусов, то регуляторы её вернут - но не обязательно при той же самой комбинации производительностей нагревателя и охладителя. Она может вернуться в другую точку на линии равновесия.

В реальных практических разработках весьма редко бывает так, чтобы равновесие поддерживалось именно вдоль линии. На практике эта линия скорее всего "свернётся в точку". Доказательство существования линии равновесия при половом отборе Рассела Ланде опирается на предположения, которые могут и не реализовываться в природе. Например, он принимает, что будут стабильно возникать новые мутации, а акт выбора самкой не чреват для неё никакими издержками. Если эти предположения не соблюдаются (что весьма вероятно), то "линия" равновесия сворачивается в единственную точку равновесия. Впрочем, мы пока что обсудили случай, при котором рассогласование отбора по мере смены поколения уменьшается. В других условиях рассогласование отбора может возрастать.

Мы уже долго обсуждаем частности этой проблемы, так что давайте освежим в памяти её суть. У нас есть популяция, у самцов которой, под действием двух противоположенных сил, претерпевает развитие некоторая характеристика, типа длины хвоста у птиц-вдовушек. Влияние самочьего предпочтения хвосты удлиняет, а утилитарный отбор хвосты укорачивает. Причина наличия импульса в сторону удлинения хвоста состоит в том, что, всякий раз, когда самка выбирает самца "приятного ей" типа, она, вследствие неслучайной ассоциации генов, выбирает копии тех же самых генов, что заставили сделать её этот выбор. Тогда, мало того, что в следующем поколении самцы будут склонны обладать более длинными хвостами, но и самки будут склонны более сильно предпочитать длинные хвосты. Какой из этих двух возрастающих процессов будет возрастать при смене поколений быстрее, не очевидно. Пока мы рассмотрели случай, когда длина хвоста увеличивается быстрее предпочтения. Теперь перейдём к рассмотрению другого возможного случая, при котором предпочтения возрастают даже быстрее увеличения самой длины хвоста. Другими словами, мы теперь рассмотрим случай, когда рассогласование отбора в ходе смены поколений возрастает, а не уменьшается, как было рассмотрено выше.

Здесь теоретические последствия будут даже более эксцентричными, чем ранее. Вместо отрицательной обратной связи будет положительная. По мере смены поколений хвосты удлиняются, но самочья жажда длинных хвостов увеличивается ещё быстрее. Это означает, что (теоретически), хвосты станут удлиняться ещё более, и это удлинение, по мере смены поколений будет идти с постоянным ускорением. Теоретически, хвосты продолжат удлиняться даже после достижения длины 10 миль; практически же, правила игры изменятся, конечно, намного раньше достижения этой абсурдной длины – точно также, как наш паровой двигатель инвертированным регулятором Уатта на практике не ускорял бы своё вращение до миллиона оборотов в секунду. Но хотя мы должны критически воспринимать выводы математической модели в экстремумах, эти выводы могут быть очень правильными в диапазоне фактически вероятных условий.

Теперь, спустя 50 лет, мы можем понять, что подразумевал Фишер, прямо утверждая, что "легко заметить, что скорость развития в этом направлении будет пропорциональна достигнутому уровню развития, который вследствие этого будет со временем расти по экспоненте – т.е. в геометрической прогрессии". Его объяснение было столь же ясным, как и объяснение Ланде, сказавшего: "В этот процесс вовлечены две взаимовоздействующие характеристики, а именно - развитие оперения у самца, и половое предпочтение такого развития событий у самок; стало быть они должны развиваться совместно, и пока процессу не воспрепятствует серьёзный противоотбор, он будет продвигаться с всевозрастающей скоростью".

Тот факт, что и Фишер, и Ланде пришли математическим путём к одним и тем же интригующим заключениям, ещё не означает, что их теория правильно отражает происходящее

в природе. Генетик Кембриджского университета Питер О’Дональд, один из ведущих авторитетов по теории полового отбора, заметил, что свойство самоускорения “встроено” в модель Ланде на уровне её стартовых предположений, таким образом, что она вряд ли могла прийти к довольно скучным выводам другого конца математического спектра. Некоторые теоретики, включая Алана Графена и У.Д. Гамильтона, предпочитают альтернативные теории, в которых выбор самки действительно выгоден для её потомков - в утилитарном, эвгеническом смысле. Они совместно работают над теорией, предполагающей, что самки птиц действуют подобно доктору-диагносту, выбирая самцов, наиболее устойчивых к паразитам. Согласно этой, характерно изобретательной теории Гамильтона, яркое оперение является знаком, посредством которого самцы рекламируют своё здоровье.

Полное объяснение теоретической важности паразитов потребовало бы слишком многого времени, но если вкратце, то извечная проблема со всеми "эвгеническими" теориями выбора самки заключается вот в чём. Если бы самки действительно могли бы успешно выбирать самцов с лучшими генами, то сам этот их успех уменьшил бы широту выбора, доступного в будущем: в конечном счёте, если бы в популяции наличествовали только хорошие гены, то не было бы никакого смысла в выборе. Паразиты устраняют эту проблему теории, так как, согласно Гамильтону, паразиты и хозяева ведут непрекращающуюся циклическую гонку вооружений друг против друга. Из этого следует, что "лучшие" гены в данном поколении птиц – это не то же самое, что и лучшие гены в будущих поколениях. Они побеждают текущее поколение паразитов, но не хороши против следующего, проэволюционирующего их поколения. Поэтому всегда будут появляться некоторые самцы, лучше других генетически пригодные для борьбы с текущим поколением паразитов. Поэтому самки всегда имеют возможность приносить пользу своему потомству, выбирая самых здоровых из текущего поколения самцов. Но самки, оценивая в этом смысле самцов, из поколения в поколение могут ориентироваться лишь на общие критерии, на которые ориентировался бы и ветеринар - яркие глаза, блестящее оперение, и так далее. Только исконно здоровые самцы могут демонстрировать эти признаки здоровья, так что отбор одобрит самцов, демонстрирующих их полный набор, и даже преувеличивает их - длинные хвосты и широкие опахала перьев.

Но теория паразитов, даже если она и правильна, отклоняется от “взрывной” темы этой главы. Вернёмся к теории самоускорения Фишера/Ланде. Нам теперь необходимы подтверждения её на примере реальных животных. Где нам нужно искать такие свидетельства? Какие методы можно использовать? Многообещающий подход был продемонстрирован Мальте Андерссоном из Швеции. Так получилось, что он работал с той же самой птицей, которую я использовал здесь для обсуждения теоретических идей - длиннохвостой птицей вдовушкой. Он изучал её в её естественной среде обитания в Кении. Эксперименты Андерссона стали возможны благодаря недавним достижениям в технологии – он использовал суперклей. Он рассуждал следующим образом. Если верно, что фактическая длина хвоста самца является компромиссом между утилитарным оптимумом с одной стороны, и таким, какой привлекает самок – с другой, то возможно сделать самца супер-привлекательным, снабжая его дополнительным длинным хвостом. Именно здесь потребовался суперклей. Я вкратце опишу эксперимент Андерссона, так как это хороший пример аккуратного экспериментального проекта. Андерссон поймал 36 самцов птицы вдовушки, и разделил их на девять групп по четыре птицы в каждой. С каждой группой проделали одинаковые манипуляции. Одной птице каждой группы (выбранной строго случайно, чтобы избежать всякого бессознательного предубеждения) хвост укорачивался примерно до 14 сантиметров (около 5 с половиной дюймов). Отрезанная часть хвоста была приклеена быстротвердеющим суперклеем к концу хвоста второго члена группы. Таким образом, у первого получался искусственно укороченный хвост, а у второго - искусственно удлинённый. С хвостом третьей птицы ничего не делалось – она была оставлена для сравнения. Четвёртая птица была также оставлена с хвостом оригинальной длины, но он не был “нетронут” - концы перьев её хвоста были отрезаны, а затем приклеены снова. Это действие могло бы показаться бессмысленным, но это хороший пример того, насколько осторожным нужно быть в подготовке экспериментов. Ведь могло быть так,

что сам факт манипулирования перьями хвоста, или факт, что птица была поймана и обработана человеком, влиял бы на результаты эксперимента сильнее, само по себе изменение длины хвоста. Четвёртая птица позволяла контролировать такие эффекты.

Идея состояла в сравнении успешности спаривания каждой птицы с её коллегами по группе. После обработки (одним из этих четырёх способов), каждому самцу позволяли занять его прежнее место жительства на той же территории. Здесь они возобновили свою нормальную деятельность - попытки привлечь самок на свою территорию, спариться, строить гнездо и высидеть яйца. Вопрос состоял в выяснении того, какой член каждой группы будет иметь наибольший успех в привлечении самок. Андерссон измерял его, не буквально наблюдая за самками, а, выждав время, подсчитывал количество гнёзд с яйцами на территории каждого самца. Он обнаружил, что самцы с искусственно удлинёнными хвостами привлекли почти в четыре раза больше самок, чем самцы с искусственно укороченными. Самцы с хвостами нормальной, естественной длины имели промежуточный успех.

Результаты были статистически проанализированы, и выделено влияние одного параметра. Заключение было таково: если бы привлечение самок было бы единственным критерием успешности, то самцам было бы выгодно обладать более длинными хвостами, чем те, которыми они фактически обладают. Другими словами, половой отбор постоянно тянет хвосты (в эволюционном смысле) в сторону удлинения. Тот факт, что реальные хвосты короче тех, что предпочли бы самки, предполагает наличие какого-то другого давления отбора, делающего их короче. Это утилитарный отбор. Возможно, что гибель самцов с особенно длинными хвостами более вероятна, чем самцов со средними. К сожалению, у Андерссона не было времени отслеживать дальнейшие судьбы его подопечных самцов. Можно было бы предсказать, что самцы с удлинёнными перьями хвоста, в среднем умирали бы в более молодом возрасте, чем нормальные самцы - возможно вследствие большей уязвимости для хищников. Соответственно, самцы с искусственно укороченными хвостами, должны бы вероятно жить дольше, чем нормальные самцы. А всё потому, что нормальная длина, видимо является компромиссом между оптимумом полового отбора и утилитарным оптимумом. Возможно, что птицы с искусственно укороченными хвостами находились ближе к утилитарному оптимуму, и поэтому должны бы жить дольше. Однако здесь есть пространство для гипотез. Если окажется, что главный утилитарный недостаток длинного хвоста заключается в экономических издержках его первоначального выращивания, а не в усилении опасности смерти после того, как он вырос, то самцы с бесплатно подаренным "на блюде" Андерссоном особо длинным хвостом, вряд ли будут умирать особенно молодыми.

Я написал, что самочье предпочтение будет стремиться деформировать хвосты и другие украшения в сторону увеличения. Но как мы видели ранее, теория вовсе не запрещает самочьему предпочтению деформировать это нечто в строго противоположном направлении – например, в сторону сокращения, а не удлинения хвостов. У крапивника обыкновенного хвост столь короток и обрубчен, что нельзя не задаться вопросом, не короче ли он, чем он "должен" быть для сугубо утилитарных целей.

Соперничество между самцами крапивниками очень сильно, как можно предполагать, исходя из непропорциональной громкости их песни. Такое пение неизбежно дорогостояще, и как известно, самец крапивника, изнуряет себя пением буквально до смерти. Успешные самцы имеют более чем одну самку на своей территории – как и птицы вдовушки. В обстановке такой конкуренции можно ожидать развития положительных обратных связей. Может ли короткий хвост крапивника представлять собой конечный продукт безудержного процесса эволюционного укорочения?

Отмечая кричащую экстравагантность хвостов крапивника с одной стороны, хвостов павлина, птицы-вдовушки и райской птицы с другой – мы можем очень правдоподобно счесть их конечными продуктами взрывоподобной, спиральной эволюции с положительной обратной связью. Фишер и его современные преемники показали нам, как она могла возникнуть. Привязана ли эта идея к только к половому отбору, или можно найти убедительные аналогии в других видах эволюции? Этот вопрос стоит задать уже потому, что в отношении некоторых

аспектов нашей собственной эволюции имеются более чем предложения о взрывообразном характере их протекания - особенно это относится к чрезвычайно быстрому увеличению нашего мозга в течение последних миллионов лет. Имеется предположение, что это произошло вследствие самого по себе полового отбора - что мозговитость является брачно-привлекательной особенностью (или какое-то проявление мозговитости, типа способности помнить все па длинных и сложных ритуальных танцев). Но может также быть так, что размер мозга бурно увеличился под влиянием другого вида отбора - аналогичного, но не идентичного половому. Полагаю, полезно различать два уровня возможной аналогии с половым отбором - аналогию слабую и сильную. Слабая аналогия состоит просто в следующем. Любой эволюционный процесс, при котором конечный продукт одного шага создаёт почву для следующего, потенциально прогрессивен, иногда взрывообразно. Мы уже встречались с этой идеей в предыдущей главе, в форме "гонок вооружений". Каждое эволюционное усовершенствование хищника изменяет давление на добычу, тем самым заставляя добычу становиться лучше в уклонении от хищников. Это, в свою очередь, создаёт давление на хищников, побуждая их совершенствоваться, и так по постоянно нарастающей спирали. И как мы видели, в итоге ни хищники, ни добыча, вероятнее всего не будут долго наслаждаться более высокой успешностью, потому что одновременно улучшаются их враги. Однако и добыча, и хищники прогрессивно становятся лучше оснащёнными. Это слабая аналогия с половым отбором. Сильная аналогия с половым отбором обращает внимание на то, что сущность теории Фишера/Ланде – это явления, подобные "зелёной бороде", когда гены самоцельного отбора автоматически склонны выбирать копии самих себя; этот процесс автоматически склонен к взрывообразности. Не ясно, что можно привести в качестве примера такого рода явлений, кроме как сам половой отбор.

Я подозреваю, что хорошее место для поиска аналогий с взрывообразной эволюцией (типа полового отбора) – это эволюция человеческой культуры. По причине, опять же, того, что выбор определяется прихотью, и такой прихотью может оказаться эффект “моды” или конформизма (следования мнению большинства). Тут ещё раз следует учесть предостережение, с которого я начал эту главу. Культурная "эволюция" – на деле вообще не эволюция, если мы нервно и ханжески относимся к использованию слов, но между ними может быть достаточно общего, чтобы некоторое сравнение принципов было оправдано. При этом мы не должны относиться легкомысленно к различиям. Давайте тщательно проясним эти вопросы перед возвращением конкретной проблеме взрывообразных спиралей.

Часто отмечается, что в общем-то любой дурак может увидеть наличие чего-то квазиэволюционного во многих аспектах человеческой истории. Если вы рассмотрите изменения какого-то конкретного аспекта человеческой жизни через равномерные интервалы времени, скажем, состояние научного знания, стили исполняемой музыки, фасоны платьев, или транспортные средства – через одно столетие, или возможно даже одно десятилетие, то вы увидите какие-то тенденции. Если мы сделаем три последовательные по времени выборки - А, В и С, то, говоря о тенденции, мы должны говорить, что выборка, сделанная во время В будет промежуточна между выборками, сделанными между временами А и С. И хотя бывают исключения, но каждый из нас согласится, что тенденции такого вида характеризуют много аспектов цивилизованной жизни. Да, направления тенденций иногда полностью реверсируются (например, длины юбок), но это верно и в отношении генетического развития. Много тенденций, особенно тенденции в практических технологиях (в противоположность легкомысленным модам), если не вдаваться в пространные споры об их полезности, могут быть квалифицированы как усовершенствования. Не может быть сомнений в том, что например транспортные средства для перемещения по миру последовательно и устойчиво улучшались без регрессий за прошедшие 200 лет - начиная с гужевых повозок, далее транспорта на паровой тяге, и достигшие сегодняшней кульминации в сверхзвуковых реактивных самолётах. Я использую слово “усовершенствование” в нейтральном смысле. Я не хочу сказать, что дескать всякий согласился бы, что в результате этих изменений качество жизни улучшилось; лично я часто сомневаюсь в этом. Также я не хочу отрицать популярного мнения, что стандарты

мастерства понижались по мере замены квалифицированных мастеров массовым производством. Но рассматривая транспортные средства сугубо с точки зрения решения транспортных задач, заключающихся в перемещении из одной части мира к другой, нельзя оспаривать историческую тенденцию к их улучшению, даже если это только улучшение скорости перемещения. Точно так же - на временной шкале десятилетий, или даже лет, бесспорно наличествует прогрессивное улучшение качества звуковоспроизводящей техники, даже если вы иногда согласитесь со мной, что мир был бы более приятным местом, если бы усилитель никогда не был изобретён. Дело не в том, что вкусы изменились; это объективный, поддающийся измерению факт - верность звуковоспроизведения теперь выше, чем в 1950-м году, а в 1950 она была лучше, чем в 1920-м. Качество изображения современных телевизоров бесспорно лучше более ранних, хотя конечно это утверждение может и не быть верно в отношении художественного качества передач. Качество механизмов для убийства на войне демонстрирует драматическую тенденцию к усовершенствованию - они с каждым годом становятся способными к более быстрому убийству большего количества людей, хотя в понятном и очевидном смысле слова, это - не улучшение.

Без сомнения, в узком техническом смысле вещи становятся с течением времени лучше. Но это полностью верно в отношении технически полезных вещей – таких, как самолёты и компьютеры. Есть много других аспектов человеческой жизни, которые демонстрируют тенденции развития, не являющиеся, в каком-то очевидном смысле, усовершенствованиями. Языки общения явно показывают тенденции развития - они расходятся, и спустя столетия после расхождения становятся всё более непонятными друг другу. Многочисленные острова Тихого океана являют собой великолепный объект для изучения развития языков. Языки разных островов явно походят друг на друга, а их различия можно точно измерить количеством различающихся слов - мерой, весьма близкой к аналогичным молекулярным таксономическим критериям, которые мы обсудим в главе 10. Различия между языками, измеренное в количествах различающихся слов, можно изобразить на графике относительно расстояний между островами, измеренном в милях, и окажется, что точки графика лежат на кривой, точная математическая форма которой кое-что говорит нам о скорости перемещения между островами. Слова, путешествующие в каноэ, прыгают между островами с периодичностью, пропорциональной расстоянию между рассматриваемыми островами. На каждом острове слова изменяются с постоянной скоростью, почти также, как иногда видоизменяются гены. На всяком полностью изолированном острове с течением времени произойдут какие-то эволюционные изменения в языке его обитателей, и следовательно, он как-то разойдётся с языками других островов. Очевидно, что между близкорасположенными островами имеется (посредством каноэ) более интенсивный поток слов, чем между островами отдалёнными. Языки близких островов имеют более современного общего предка, чем языки далёких островов. Явления, объясняющие наблюдаемую схему взаимодействий между близкими и далёкими островами, имеют весьма близкие аналогии с фактам сходства певчих птиц на различных островах Галапагосского архипелага, которые когда-то так вдохновили Чарльза Дарвина. Гены перепрыгивают между островами в телах птиц - также, как слова перепрыгивают между островами в каноэ.

Итак, языки развиваются. Но хотя современный английский развился из Чосеровского английского языка, я не думаю, что много людей захотело бы объявить современный английский усовершенствованием Чосеровского. Мысли об улучшении или росте качества обычно не посещают нас, когда мы говорим о языке. Действительно, мы часто воспринимаем изменения в языке как ухудшения и вырождение. Мы склонны видеть ранние варианты употребления языка как правильные, а недавние изменения - как порчу языка. И мы можем также увидеть эволюционноподобные тенденции, которые прогрессивны вполне абстрактно, вне каких-то ценностных величин. И мы можем даже найти свидетельства наличия положительных обратных связей, в виде эскалации (или, глядя с другой стороны, вырождения) значений слов. Например, слово "звезда" ранее использовалось для характеристики исключительно знаменитого киноактёра. Затем это значение выродилось, и стало означать

любого актёра, играющего одну из основных ролей в фильме. Поэтому, для обозначения оригинального значения исключительной знаменитости, слово подверглось эскалации до "суперзвезды". Далее – студийная реклама, с органически присущей всякой рекламе склонностью к преувеличениям, начала использовать слово "суперзвезда" в отношении актёров, о которых многие люди никогда и не слышали, так что произошла дальнейшая эскалация до "мегазвезды". Сейчас рекламируется несколько "мегазвёзд", о которых, по крайней мере я, никогда не слышал ранее, так что возможно нам следует ожидать следующей эскалации. Услышим ли мы вскоре сообщения о "гиперзвёздах"? Подобная положительная обратная связь привела к девальвации слова "шеф-повар". Оно произошло конечно от французского "chef de cuisine", означавшего руководителя кухни или главного повара. Это значение приведено в Оксфордском Словаре. Тогда по определению, возможен только один шеф-повара на кухне. Но, видимо для удовлетворения собственного самолюбия, обычные повара, даже юные стряпальщики гамбургеров, начали называть себя "шеф-поварами". В результате теперь часто приходится слышать тавтологическую фразу "главный шеф-повар"!

Впрочем, даже если в этом и есть аналогии с половым отбором, то в лучшем случае, только в том смысле, который я назвал "слабой" аналогией. Давайте теперь перескочим сразу к ближайшему приближению, которым я могу назвать "сильной" аналогией: к миру записей "поп-музыки". Если вы послушаете обсуждение рекордов популярности поклонниками поп-музыки, или развязную речь диск-жокеев радио центральной Атлантики, вы обнаружите очень любопытную вещь. В то время, как другие области искусствования придают какое-то значение стилю, мастерству, настроению, эмоциональному воздействию, особенностям художественной формы, то субкультуру "поп" музыки занимает почти исключительно популярность сама по себе. Вполне понятно, что для рекорда важно не то, как эта вещь звучит, а сколько людей её купят. Вся субкультура поглощена составлением рейтингов записей – пресловутых "Топ 20" или "Топ 40", основанных на числе продаж. Единственно, что реально имеет значение для записи – это нахождение её в "Топ 20". Если осознать этот факт, то вы поймёте, что он очень знаменателен, и очень интересен в свете теории Р.А. Фишера о самоускоряющейся эволюции. Видимо имеет значение и то, что диск-жокей редко упоминает текущее положение записи в рейтинге, не упоминая при этом её позицию на предыдущей неделе. Это позволяет слушателю оценить не только текущую популярность записи, но также темп и направление изменения её популярности.

Похоже, что это факт – многие люди купят запись единственно по причине купли (или вероятности купить) этой записи большим количеством других людей. Поразительное подтверждение этого факта заключается в практике звукозаписывающих компаний, посылающих своих представителей в ключевые магазины для скупки больших количеств их собственных записей, с целью поднять цифры продаж в том регионе, где у них есть шансы "взлететь". (Сделать это не так трудно, как кажется, потому что цифры Топ 20 основываются на продажах в небольшом количестве магазинов грамзаписи. Если вы знаете эти ключевые магазины, то вам не нужно покупать большую часть записей, чтобы оказать существенное влияние на общенациональные цифры продаж. Есть также достоверные случаи подкупа продавцов в этих ключевых магазинах). Подобный феномен самоценной популярности, хотя и в меньшей степени, известен в книгоиздательстве, женских модах, и вообще рекламы. Едва ли лучшее, чем можно прорекламировать какой-то товар, так это сказать о нём, что он пользуется спросом среди товаров этого вида. Списки книг-бестселлеров публикуются еженедельно, и несомненно, что, как только книга продаётся в достаточном количестве копий, чтобы появиться в одном из этих списков, её продажи возрастают ещё больше - просто на основании этого факта. Издатели говорят о "взлёте" книги, и издатели, что-то понимающие в науке, даже говорят, используя аналогию с атомной бомбой, о "критической массе для взлёта". Уран-235 стабилен, пока вы не сконцентрируете его в одном месте в достаточно большом количестве. Существует его критическая масса, при превышении которой запускается цепная реакция, или самоускоряющийся процесс, приводящий к разрушительным результатам. Атомная бомба содержит две глыбы урана-235, каждая из которых меньше критической масса. Когда бомба

взрывается, эти две глыбы сталкиваются вместе, критическая масса превышает, и городу среднего размера приходит конец. Когда продажи книги подходят к "критическим" значениям, то в один момент могут достигнуть точки, где устные рекомендации и т.д. приводят её продажи к внезапному и безудержному взлёту. Темпы продаж внезапно и резко возрастают в сравнении с теми, что были до достижения точки критической массы, и может наблюдаться период экспоненциального роста, затем неизбежного выравнивания и последующего снижения.

Сущность этого явления понять нетрудно. В основном мы здесь сталкиваемся с большим количеством примеров положительной обратной связи. Реальные достоинства книги, или даже популярной песенки, имеют конечно значение для её продаж, но тем не менее - везде, где прячутся положительные обратные связи, неизбежен сильный произвольный элемент, определяющий преуспевание или крах книги или записи. Поскольку критическая масса и взлёт - важные элементы в любой истории успеха, связанные с элементами везения, то существует множество возможностей манипуляций и эксплуатации явления людьми, понимающими систему. Например, есть смысл затрачивать значительные суммы денег на продвижение книги или записи до точки, где начинается "цепная реакция", потому что далее вам не нужно будет тратить много денег на продвижение товара - положительные обратные связи включатся, и выполнят для вас работу рекламы.

Здесь положительные обратные связи имеют много общего с таковыми при половом отборе по теории Фишера/Ланде, но есть также и различия. Павы, предпочитающие длиннохвостых павлинов, одобряются отбором исключительно по причине предпочтения таких же павлинов другими самками. Качества самого самца при этом произвольны и несущественны. В этом смысле, музыкальный фанат, жаждущий конкретной записи лишь на основании того, что она находится в списке "Топ 20", ведёт себя в точности, как пав. Но конкретные механизмы, обеспечивающие работу положительных обратных связей в этих двух случаях, различны. И это, как я полагаю, возвращает нас к тому, с чего мы начали эту главу – к предостережению, чтобы аналогии проводились лишь до разумных пределов - и не дальше.

Глава 9

Пунктуация пунктуализма

Согласно Книге Исхода (*вторая (из пяти) книга Ветхого Завета – А.П.*), сынам Израилевым потребовалось 40 лет, чтобы перейти Синайскую пустыню и достичь Земли Обетованной. Расстояние там - примерно 200 миль (322 км.). Следовательно, средняя скорость их перемещения составила примерно 24 ярда (22 м.) в день, или 1 ярд в час; ну ладно - 3 ярда в час, если учесть ночные стоянки. Но проделав эти вычисления, мы получили нелепо медленную среднюю скорость – намного меньше скорости перемещения вошедшей в пословицы улитки (как это ни невероятно, но, согласно книге рекордов Гиннеса, мировой рекорд скорости перемещения улитки составляет 55 ярдов в час (50 м/час)). Впрочем, никто конечно не полагает, что эта средняя скорость непрерывно и равномерно поддерживалась в реальности. Очевидно Иудеи путешествовали урывками, подолгу стоя лагерем на одном месте, а затем снова перемещались. Вероятно, многие из них не очень ясно понимали, что они двигаются в каком-то конкретном направлении – они блуждали петлями от оазиса к оазису, как обычно делают кочевники-скотоводы в пустыне. Повторюсь – никто всерьёз не полагает, что в пути они постоянно поддерживали среднюю равномерную скорость перемещения.

Но теперь представьте себе, что на сцене внезапно возникли два речистых молодых историка, говорящие нам, что дескать библейская история была под властью "градуалистической" исторической школы. И мы слышим, что "градуалистические" историки, оказывается, буквально верят, что Иудеи путешествовали по 24 ярда в день – они складывали палатки каждое утро, ползли 24 ярда в восточно-северо-восточном направлении, и затем разбивали лагерь снова. И далее мы слышим, что единственная альтернатива "градуализму" - это динамичная, новая "пунктуалистская" историческая школа. Согласно радикальным

молодым пунктуалистам, Иудеи провели большую часть этого времени в "стазисе", стоя лагерем на одном месте, и совсем никуда не двигались, часто по несколько лет. Затем они двигались, довольно быстро, к новой лагерной стоянке, где они снова оставались в течение нескольких лет. Их продвижение к Земле Обетованной было не постепенным и непрерывным, но отрывочным: длительные периоды зстоя прерывались краткими периодами быстрого движения. Кроме того, импульсы их движения были не всегда направлены к Земле Обетованной, но напротив, почти всегда были направлены случайно. Лишь если посмотреть ретроспективно, в крупном масштабе макромиграций, можно увидеть тенденцию смещения в направлении Земли Обетованной.

Красноречие этих пунктуалистов библейской истории таково, что они стали сенсацией в СМИ. Их портреты украшают обложки массовых журналов новостей. Ни один телевизионный документальный фильм о библейской истории не обходится без интервью с, по крайней мере, одним ведущим пунктуалистом. Люди, ничего не знающие о библейских знаниях, помнят только один факт: в тёмные дни перед внезапным появлением пунктуалистов на сцене, все понимали Библию неправильно. Обратите внимание, что степень популярности пунктуалистов никак не связана со степенью их правоты. Достаточно утверждения, что предшествующие авторитеты были "градуалистами", и они были неправы. Пунктуалистов слушают потому, что подают себя как революционеров, а не потому, что они правы.

Моя история про пунктуалистов библейской истории конечно выдумана. Это притча об аналогичном противоречии между учёными, изучающими биологическую эволюцию. В некоторых отношениях она несправедлива, но тем не менее в ней достаточно правды, чтобы её рассказ в начале этой главы был оправдан. Среди биологов-эволюционистов существует широко разрекламированная школа, сторонники которой называют себя пунктуалистами; они придумали термин "градуалисты" для своих наиболее влиятельных предшественников. Они наслаждались огромной популярностью у публики, которая почти ничего не знает об эволюции, и это - в значительной степени результат подачи их взглядов, и не столько ими самими, сколько заштатными репортёрами, как радикально отличных от взглядов предыдущих эволюционистов, особенно Чарльза Дарвина. В этом моя библейская аналогия вполне справедлива.

А несправедлива она в том, что в притче, библейские историки-"градуалисты" были очевидно несуществующими подставными фигурами, сфабрикованными пунктуалистами. В случае эволюционных "градуалистов", факт их несуществования, фиктивности, не совсем очевиден. Нужно пояснить. Можно интерпретировать слова Дарвина, и многих других эволюционистов, как в сущности градуалистские, но тогда важно понять, что слово "градуалист" может быть интерпретировано различно, и означать разные вещи. Собственно, я предложу такую интерпретацию слова "градуалист", согласно которой градуалистом будет практически каждый. В эволюционном случае, в отличие от притчи про сынов Израилевых, есть настоящее скрытое противоречие, но это настоящее противоречие касается мелких деталей, которые даже отдалённо не имеют той важности, которая бы оправдала эту шумиху в СМИ. Первыми "пунктуалистами" среди эволюционистов были палеонтологи. Палеонтология - изучение окаменелостей. Это очень важная часть биологии, потому что все эволюционные предшественники давно умерли, и окаменелости дают нам единственные прямые свидетельства о животных и растениях отдалённого прошлого. Если мы хотим знать, на что были похожи наши эволюционные предшественники, то окаменелости - наша главная надежда. Как только люди поняли, что такое окаменелости в действительности (предыдущие воззрения предполагали, что это - создания дьявола, или что это кости несчастных грешников, утонувших в великом потопе), стало ясно, что любая эволюционная теория должна иметь какие-то виды на ископаемую летопись. Но были некоторое разногласия насчёт того, какие именно, и в этом частично и заключаются споры вокруг пунктуализма.

Нам повезло, что вообще существуют окаменелости. Это замечательно счастливый факт геологии, что кости, раковины, и другие твёрдые части животных, прежде чем разрушиться, могут иногда оставлять отпечатки, которые позже служат формой для отливки затвердевающего камня, оставляющего постоянную память о животном. Мы не знаем, какая

доля животных оставляет окаменелости после смерти - лично я счёл бы за честь превратиться в окаменелость; впрочем, это так, к слову. Однако, сколь бы малой ни была доля окаменевающих существ, ископаемая летопись должна отвечать определённым законам, соблюдения которых будет ожидать любой эволюционист. Например, мы должны быть очень удивлены, найдя ископаемых людей, появившихся в летописи до того, как предположительно появились млекопитающие! Если бы в 500-миллионлетних скалах обнаружился единственный достоверный череп млекопитающего, то вся современная эволюционная теория была бы разрушена до основания. Вот, кстати достаточный ответ на "утку", запущенную креационистами, и поддерживающими их журналистскими писаками, что дескать вся эволюционная теория - "нефальсифицируемая" тавтология. Именно по этой причине, как это ни смешно, креационисты так цепляются за поддельные человеческие следы, выдолбленные в приступе депрессии глупым туристом в слоях динозавров штата Техас.

Так или иначе, но если мы упорядочим наши подлинные окаменелости по возрасту – от старейшей до самой молодой, то согласно эволюционной теории, должна получиться некоторая организованная последовательность, а не хаотичная смесь. Главная мысль этой главы предполагает, что согласно различным версиям эволюционной теории, например "градуализму" и "пунктуализму", эта упорядоченность должна быть разного вида. Такие предсказания могут быть проверены только в том случае, если у нас есть какие-то средства датировки окаменелостей, или по крайней мере - знания порядка, в котором они откладывались. Проблемы датирования окаменелостей, и решения этих проблем, требуют краткого отступления, первого из нескольких – в угоду желаниям читателей. Это необходимо для раскрытия главной темы этой главы.

Мы уже давно знали, как упорядочить окаменелости в порядке их отложения. Метод вытекает из самого слова "откладывались". Очевидно, что более современные окаменелости откладывались как правило поверх более старых а не снизу от них, и поэтому в слоях скал они лежат выше. Иногда тектоническое движение пластов может переворачивать их буквально вверх тормашками; при этом конечно, упорядоченность окаменелостей, когда мы раскапываем их сверху, будет инверсной; но это бывает достаточно редко, и эта инверсия обычно очевидна. И хотя мы редко находим полную историческую летопись, раскапывая сверху отложения любого данного региона, мы можем составить хорошую летопись, складывая части, полученные в различных регионах (хотя я использую образ "раскапывания вниз", палеонтологи редко раскапывают слои буквально – вниз слой за слоем; чаще они находят окаменелости, уже вскрытые эрозией или хозяйственной деятельностью человека на различных глубинах). Задолго до разработки методов датирования окаменелостей в абсолютных миллионах лет, палеонтологи разработали надёжную схему геологических эр, и они знали в мелких подробностях, какая эра следовала за какой. Некоторые виды раковин – настолько надёжные индикаторы возраста камней, что используются как один из главных индикаторов, используемых нефтеразведчиками в полевых условиях; однако, сами по себе они могут сообщить нам только относительный возраст слоя, но никак не его абсолютную величину.

Развитие физики позже дало нам методы установления абсолютных дат камней (и окаменелостей, их содержащих), в миллионах лет. Эти методы используют тот факт, что различные радиоактивные элементы распадаются с точно известной скоростью. Они подобны точным миниатюрным секундомерам, кстати для нас встроенным в толщу пород. Каждый секундомер стартует в тот момент, когда порода образуется. Всё, что нужно сделать палеонтологам, так это откопать их, и считать это время с циферблата. Разные виды геологических секундомеров, основанных на радиоактивном распаде, идут с разной скоростью. Секундомер, основанный на распаде радиоактивного изотопа углерода, отщелкивает время с такой большой скоростью, что по прошествии нескольких тысячи лет его завод почти кончается, и эти часы становятся ненадёжны. Этот секундомер полезен для датирования органического материала на шкале археологического и исторического времени, когда мы имеем дело с сотнями или несколькими тысячами лет, но он не имеет смысла на эволюционной временной шкале, когда мы имеем дело с миллионами лет.

Для эволюционной временной шкалы более подходят другие виды часов - такие, как калий-аргонные. Калий-аргонные часы идут так медленно, что совершенно не подходят для датировки по археологически-исторической временной шкале – иное было бы подобно использованию часовой стрелки обычных часов для оценки времени преодоления спринтером стометровой дистанции. Напротив, для оценки времён мегамарафона, которым является эволюция, что-то вроде калий-аргонных часов – это то, что надо. Другими радиоактивными "секундомерами", со своей присущей скоростью хода, являются стронций-рубидиевые, и уран-торий-свинцовые часы. Итак, это отступление показало нам, что если палеонтолог располагает окаменелостью, он обычно может узнать время жизни животного на абсолютной временной шкале в миллионах лет. Первыми мы рассмотрели проблемы датировок потому, что как вы помните, мы интересовались предсказаниями того или иного вида ископаемой летописи, которые могут предложить различные варианты эволюционной теории - "пунктуализм" и "градуализм". Теперь настало время обсудить сами эти предсказания.

Для начала предположим, что природа была необычно добра к палеонтологам (или наоборот, недобра, если подумать о вытекающей отсюда дополнительной работе), и сохранила для них окаменелость каждого когда-либо жившего на Земле животного. Если бы мы в самом деле могли видеть такую полную ископаемую летопись, тщательно упорядоченную по времени, то что мы, как эволюционисты, ожидали бы увидеть? Допустим, мы - "градуалисты" в том карикатурном смысле, который обрисован в притче про Иудеев. Тогда мы должны бы ожидать что-то вроде следующего. Хронологические ряды окаменелостей будут всегда демонстрировать гладкие эволюционные тенденции со стабильным темпом изменений. Другими словами, если мы рассмотрим три окаменелости, А, В и С, причём А будет предком В, который в свою очередь будет предком С, то мы должны ожидать, что форма В будет пропорционально промежуточной между А и С. Например, если у А были ноги длиной 20 дюймов, а у С были ноги длиной 40 дюймов, то ноги В должны иметь промежуточную длину, пропорциональную времени, протекшему между существованием А и В.

Если мы доведём карикатуру градуализма до её логического конца - как мы вычислили среднюю скорость движения Иудеев по Синайской пустыне по 24 ярда в день, то мы можем вычислить средний темп удлинения ног на эволюционной линии, проходящей от А до С. Если, скажем, А жил на 20 миллионов лет ранее, чем С (чтобы отобразить этих абстрактных животных на реальность, скажу, что самый ранний из известных членов семейства лошадей, Гиракотерий, жил примерно 50 миллионов лет назад, и был размером с терьера), то мы получим эволюционную скорость роста ног 20 дюймов за 20 миллионов лет, или одну миллионную дюйма в год. Теперь наш карикатурный градуалист должен бы предположить, что ноги этого животного устойчиво росли с этой очень маленькой скоростью - скажем, четыре миллионных долей дюйма за поколение, если мы принимаем время смены поколений как у лошади - приблизительно 4 года. Градуалист предположительно полагает, что у всех этих миллионов поколений, особи с длиной ног, на четыре миллионных дюйма большей, чем в среднем, имели преимущество над особями с ногами средней длины. Верить в это - то же самое, что верить в то, что Иудеи перемещались через Синайскую пустыню по 24 ярда каждый день.

Тот же самое верно и для одного из самых быстрых из известных эволюционных изменений – вздуванию головы человека, начиная от прауродителя, раннего австралопитека с объёмом мозга примерно в 500 куб. см., до среднего объёма мозга современного *Homo sapiens* – примерно в 1400 куб.см. Это увеличение, примерно на 900 куб.см., почти утроение объёма, произошло не более, чем за три миллиона лет. По эволюционным стандартам, это быстрый темп изменений – мозг похож на раздувающийся воздушный шар, и действительно, в некоторых ракурсах, череп современного человека похож на выпуклый, сферический баллон, чем весьма отличается от низкого, со скошенным лбом черепа австралопитека. Но если мы подсчитаем число поколений за три миллиона лет (скажем, примерно четыре за столетие), то получим среднюю скорость эволюции менее одной сотой кубического сантиметра за поколение. Карикатурный градуалист предположительно верит, что имело место медленное и неуклонное изменение, поколение за поколением, такое, что во всех этих поколениях, сыновья

были слегка мозговитее отцов, как раз на 0.01 куб.см. Видимо предполагается, что дополнительная одна сотая кубического сантиметра, придаёт каждому последующему поколению существенное преимущество при выживании по сравнению с предыдущим поколением.

Но одна сотая кубического сантиметра – крошечная величина в сравнении с разбросом размеров мозга, наблюдающимся у современных людей. Часто цитируется такой факт, что например, писатель Анатолий Франс – отнюдь не дурак, и даже нобелевский лауреат - имел размер мозга менее 1000 куб.см., при этом размер мозга другого конца диапазона – в 2000 куб.см. тоже известен - Оливер Кромвель часто приводится в качестве примера, хотя я не знаю, насколько достоверного (*Считается, что писатель Иван Тургенев тоже обладал мозгом в 2000 куб.см.; сравнение Франса и Тургенева представляется более наглядным, т.к. оба они - писатели, причём сопоставимые по таланту, жанру и творческой продуктивности – А.П.*). Тогда, среднее приращение 0.01 куб.см. "за поколение", которое карикатурный градуалист предполагает дающим существенное преимущество для выживания, оказывается всего лишь "одной стотысячной частью" различий между мозгом Анатолия Франса и Оливера Кромвеля! К счастью, карикатурного градуалиста в действительности не существует.

Ладно, пусть такой градуалист - несуществующая карикатура, вроде ветряной мельницы для копья пунктуалиста, но существуют ли какие-то другие, реальные градуалисты, истинные приверженцы своей веры? Я покажу вам, что ответ на этот вопрос утвердителен, и что ряды градуалистов, в этом втором смысле слова, включают всех разумных эволюционистов, среди которых, если вы тщательно рассмотрите их веру, есть и те, кто называет себя пунктуалистами. Но нам нужно понять, почему пунктуалисты полагали свои взгляды революционными и захватывающими. Всё началось с существования очевидных "пробелов" в ископаемой летописи, и именно к ним мы сейчас и переходим.

Прогрессивные эволюционисты уже со времён Дарвина поняли, что все имеющиеся у нас окаменелости, разложенные в хронологическом порядке, не образуют гладкую последовательность из едва заметных изменений. Разумеется, мы можем различить долговременные тенденции изменений – ноги становятся всё длиннее, черепа - всё выпуклее, и так далее; но эти тенденции, отмечаемые по ископаемой летописи, обычно отрывистые, не гладкие. Дарвин, и большинство его последователей предположили, что наблюдается это, главным образом, вследствие неполноты ископаемой летописи. По мнению Дарвина, если бы у нас была полная ископаемая летопись, то она показала бы гладкие, а не отрывистые изменения. Но поскольку превращение в окаменелость – дело редкого случая, а обнаружение этой окаменелости вряд ли более вероятно, то летопись получается похожей на киноленту, у которой отсутствует большинство кадров. Просматривая наш фильм окаменелостей, мы конечно можем видеть какое-то движение, но оно будет более судорожным, чем движения Чарли Чаплина, ибо даже самый старый и исцарапанный фильм Чарли Чаплина не утратил девяти десятых своих кадров.

Американские палеонтологи Нил Элдридж и Стивен Джей Гулд, первыми предложившие теорию пунктированного равновесия в 1972 году, подали её тогда как очень неортодоксальное предложение. Они говорили, что на деле имеющаяся у нас ископаемая летопись не может быть столь неполна, как мы думаем. Возможно, что "пробелы" в ней отражают истинное положение дел, а не досадные, но неизбежные следствия неполноты ископаемой летописи. Они предполагали, что эволюция, возможно, и в самом деле производила в некотором смысле внезапные взрывы развития, прерывающие длительные периоды "стазиса", когда в данной линии не происходило никаких эволюционных изменений.

Прежде, чем мы рассмотрим те внезапные взрывы, которые они имели в виду, скажем, что возможны некоторые разновидности "внезапных взрывов" которые они совершенно определённно в виду не имели. Их нужно исключить из анализа, ибо они могут привести к серьёзным недоразумениям. Элдридж и Гулд конечно согласились бы с тем, что некоторые, очень важные пробелы действительно являются следствием изъянов в ископаемой летописи. В том числе - очень большие пробелы. Например, Кембрийские отложения, сформировавшиеся

примерно 600 миллионов лет назад, являются самыми старыми отложениями, в которых мы находим большую часть главных групп беспозвоночных. И многие из них обнаруживаются на весьма продвинутой стадии развития – уже при первом своём появлении в отложениях. Как будто они были посажены туда без какой-либо эволюционной предыстории. Само собой, это внезапное появление восхитило креационистов. Однако эволюционисты всех направлений полагают, что здесь имеет место реальный, и очень большой пробел в ископаемой летописи, пробел, возникший просто вследствие того, что по разным причинам очень немногие окаменелости дошли до нас со времён более ранних, чем примерно 600 миллионов лет назад. Одной из таких серьёзных причин могло бы быть отсутствие у многих из этих животных твёрдых раковин или костей, которые только и могут оставлять окаменелости. Если вы – креационист, то вы можете подумать, что это специальная отговорка. Моё же мнение здесь – что когда мы говорим о пробелах такой величины, то уже не может быть никакой разницы в интерпретациях "пунктуалистов" и "градуалистов". Обе школы в равной степени презируют так называемых научных креационистов, и обе согласны в том, что главные пробелы реальны, и в самом деле являются изъянами в ископаемой летописи. Обе школы согласны в том, что единственным альтернативным объяснением внезапного появления столь многих сложных типов животных в Кембрийском периоде могло бы быть лишь их божественное творение, и обе отклоняют эту альтернативу.

Существует и другое мыслимое объяснение "рывков" эволюции, и это также не то объяснение, которое предлагали Элдридж и Гулд, по крайней мере - в большинстве своих статей. Не исключено, что некоторые из очевидных "пробелов" в ископаемой летописи действительно отражают внезапное изменение в единственном поколении. Не исключено, что и в самом деле никаких промежуточных звеньев никогда не было; а крупные эволюционные изменения имели место сразу. Сын мог родиться настолько отличным от своего отца, что по праву принадлежал бы другому виду, нежели отец. Он был бы мутантной особью, и эта мутация была бы столь велика, что мы были бы должны трактовать её как макромутацию. Теории эволюции, опирающиеся на макромутации, называются теориями "скачков". Так как теорию прерывистого равновесия часто путают с настоящими теориями скачков, то здесь важно их обсудить, и показать, почему такие скачки не могут быть значимыми факторами эволюции.

Макромутации - мутации крупных эффектов – несомненно происходят. И обсуждать следует не возможность их возникновения, а роль, играемую ими в эволюции; другими словами, включаются ли они в генофонд вида, или, напротив, всегда устраняются из него естественным отбором. Самый знаменитый пример макромутации - "антеннопедия" у плодовых мушек. Антенны имеют нечто общее с лапками и у нормальных насекомых, и они сходно развиваются в эмбрионе. Но и различия тоже велики – эти два вида конечностей используются для очень разных целей: лапки - для ходьбы; антенны - для осязания, обоняния, и иных сенсорных функций. Антеннопедические мухи - уродцы, у которых антенны развиваются точно так же, как лапки. Или, иначе говоря, это мухи, у которых нет антенн, но есть дополнительная пара лапок, растущих из суставных ямок, где должны быть антенны. Это – настоящая мутация, являющаяся результатом ошибки копирования ДНК. И она точно передаётся по наследству, если антеннопедическая муха содержится в тепличных условиях лаборатории, где она может жить достаточно долго, чтобы размножиться. В дикой природе они бы долго не прожили, так как их движения неуклюжи, а способности восприятия ухудшены.

Да, макромутации случаются в природе. Но играют ли они роль в эволюции? Сторонники теории скачков полагают, что главные скачки в эволюции могли бы происходить в единственном поколении благодаря макромутации. Ричард Голдшмидт, с которым мы встречались в главе 4, был истинный сторонник скачков. Если бы сторонники скачков были бы правы, то видимым "пробелам" в ископаемой летописи не требовалось бы быть пробелами как таковыми. Например, сторонник скачков мог бы полагать, что переход от скошенного лба австралопитека к куполообразному черепу *Homo sapiens* имел место в единственном макромутационном шаге, в единственном поколении. Внешние различия между этими двумя видами вероятно были бы меньше, чем различия между нормальной и антеннопедической

плодовой мушкой, поэтому теоретически мыслимо, что первый *Homo sapiens* был ребёнком-уродцем, вероятно подвергаемый остракизму и гонениям двух нормальных родителей-австралопитеков.

Есть очень серьёзные основания отклонить все такие теории скачков. Одно из них, довольно прозаическое, состоит в том, что, если новый вид действительно возникал в единственном мутационном шаге, то члены нового вида могли бы иметь тяжёлые проблемы с поисками брачных партнёров. Но я нахожу эту причину менее красноречивой и интересной, чем две другие, которые уже упоминались в нашем обсуждении крупных скачков по Стране Биоморф, и почему они должны быть исключены. На первую из них указал крупный статистик и биолог Р. А. Фишер, с которым мы уже встречались по другим поводам в предыдущих главах. Во времена, когда теории скачков были намного более модны, чем сейчас, Фишер был решительным противником всех их разновидностей. Он предложил следующую аналогию. Предположим, что у нас есть микроскоп, который почти точно, но не абсолютно сфокусирован, а во всех других отношениях хорошо отрегулирован для чёткого видения. Каковы шансы на то, что, если мы произведём какое-то случайное изменение фокусировки микроскопа (аналог мутации), то мы улучшим фокус и общее качество изображения? Фишер сказал:

Вполне очевидно, что любое большое смещение фокусировки с очень маленькой вероятностью улучшит фокусировку, в то же время, в случае изменений намного меньших, чем минимальные из преднамеренно произведённых изготовителем или оператором, шанс улучшения должен быть равен почти точно одной второй.

Я уже отмечал, что Фишер находил "легко понятным" то, что могло потребовать огромных умственных усилий обычных учёных; то же самое верно в отношении того, что Фишер находил "вполне очевидным". Однако, дальнейшее обдумывание вопроса почти всегда показывает, что он был прав, и в данном случае, мы можем доказать это к нашему удовлетворению без особо большого труда. Вспомним, что перед началом опыта наш микроскоп предполагается в состоянии почти точного фокуса. Предположим, что объектив его находится чуть ниже того положения, в котором фокус был бы точным, скажем - на десятую часть дюйма ближе к предметному стеклу. Теперь, если мы переместим объектив на маленькую дистанцию, скажем, на сотую часть дюйма в случайном направлении, то каковы шансы на то, что фокус улучшится? Да, если окажется, что мы сдвинулись вниз, на сотую часть дюйма, то фокус ухудшится. Если же мы случайно сдвинем его на сотую часть дюйма вверх, то фокус станет лучше. Так как мы перемещаем объектив в случайном направлении, то вероятность каждого из этих двух исходов - одна вторая. И чем меньшим будет относительно начальной ошибки это регулирующее движение, тем ближе вероятность улучшения будет к одной второй. Вторая часть утверждения Фишера доказана.

Но теперь предположим, что мы переместили трубку микроскопа на большое расстояние (как бы произвели макромутацию), также в случайном направлении; пусть это будет полный дюйм. В этом случае не имеет значения, в каком направлении мы делаем перемещение - вниз или вверх - в любом случае фокус будет хуже, чем он был ранее. Если мы случайно переместим его вниз, то объектив отдалится от идеального положения на один и одну десятую дюйма (и вероятно разобьёт предметное стекло). Если мы случайно переместим его вверх, то он отдалится теперь на девять десятых дюйма от идеала. Перед перемещением он был отдалён лишь на одну десятую дюйма идеального положения, так что любой вариант нашего "макромутационного" большого перемещения сделал только хуже. Мы проделали вычисления для очень большого перемещения ("макромутация") и очень маленького ("микромутация"). Очевидно, мы можем проделать то же самое перемещений промежуточных величин, но в этом нет никакого смысла. Я думаю, что уже достаточно очевидно, что чем меньшее перемещение мы сделаем, тем более мы приблизимся к одному экстремуму, в котором вероятность улучшения - одна вторая, а чем больше мы сделаем перемещение, тем более мы приблизимся к другому экстремуму, в котором шансы на улучшение равны нулю.

Читатель заметит, что эта аргументация базируется на предположении, что микроскоп уже

был уже довольно близок точному фокусу, когда мы начали производить наше случайное регулирование. Если микроскоп изначально был в 2-х дюймах от фокуса, то случайное изменение в 1 дюйм с 50 процентной вероятностью повлечёт улучшение, как впрочем и случайное изменение в одну сотую дюйма. В этом случае "макрмутация", вроде бы имеет преимущество, потому, что настраивает фокус быстрее. В этом случае, аргументация Фишера будет конечно применима к "мегамутациям", - например, движению на 6 дюймов в случайном направлении.

Но почему Фишеру было позволительно выдвигать предположение о первоначально почти точной фокусировке микроскопа? Предположение вытекает из роли микроскопа в этой аналогии. Микроскоп, после случайных манипуляций с его настройкой – аналог мутантного животного. Микроскоп до этих манипуляций – это нормальный, немутантный родитель нашего предполагаемого животного-мутанта. Так как он - родитель, то он, должно быть, жил достаточно долго, чтобы размножиться, и поэтому он не может быть сильно “разрегулирован”. Точно так же, микроскоп – до случайного сдвига регулировки, не может быть далёк от фокуса, ибо животное, роль которого он играет в этой аналогии, не могло бы иначе выжить вообще. Это только аналогия, поэтому нет никакого смысла обсуждать, означает ли это "далеко" дюйм, десятую часть, или тысячную часть дюйма. Важно здесь то, что, если мы рассматриваем мутации возрастающей величины, то мы дойдём до точки, когда чем больше мутация, тем менее вероятна её выгодность; при этом, если мы рассматриваем мутации уменьшающейся величины, то дойдём до точки, когда вероятность выгодной мутации составит 50 процентов.

Поэтому спор о том, могли ли бы макромутации типа антеннопедии быть в принципе выгодными (или, по крайней мере, не вредными), и следовательно - могли ли бы вызывать эволюционные изменения, упирается в то, насколько "макро" рассматриваемая мутация. Чем более она "макро", тем более вероятно, что она будет вредна, и менее - что она включится в процесс развития вида. Важный факт – практически все мутации, изучаемые в лабораториях генетики, являются весьма “макро” мутациями (иначе генетики не заметили бы их) и вредными для животных (как ни смешно, я встречал людей, полагавших, что это - аргумент против дарвинизма!). Аналогия с микроскопом Фишера высвечивает первую причину для скептицизма насчёт теорий "скачкообразной" эволюции, по крайней мере, в их экстремальной форме.

Вторая общая причина не верить в настоящие скачки - также статистическая, и степень этого неверия также зависит от количественной величины “макроскопичности” постулированной нами макромутации. В этом случае внимание обращается на сложность эволюционных изменений. Многие, хотя не все, интересующие нас эволюционные изменения очень продвинуты в своей сложности. Ярчайший пример - глаз, обсуждённый нами в предыдущих главах, достаточно проясняет идею. Животные с глазами, подобными нашему, развились от прародителей, не имевших глаз вообще. Крайний сторонник теории скачков мог бы предположить, что развитие его имело место в единственном мутационном шаге. У родителя не было вообще никаких глаз, только голая кожа на том месте, где мог бы быть глаз. И у него был бы “уродливый” потомок с полностью развитыми глазами, с хрусталиком, обеспечивающим переменный фокус, с радужной оболочкой для "диафрагмирования", сетчаткой с миллионами чувствительных к трём разным цветам клеток, и всё это с нервами, правильно подключенными к мозгу, чтобы предоставить ему корректное, бинокулярное, стереоскопическое цветовое зрение.

Исходя из модели биоморф, мы предположили, что такое многомерное усовершенствование происходить не может. Повторим, почему это предположение было разумным. Чтобы сделать глаз из ничего, требуется не одно-единственное улучшение, а большое их количество. Любое из них само по себе весьма маловероятно, но не настолько, чтобы быть невозможным. Но чем большее число одновременных улучшений мы рассматриваем, тем более невероятным будет их одновременное возникновение. Одновременное и согласованное их возникновение эквивалентно прыжку на большое расстояние по Стране Биоморф, и приземлению на единственную, конкретную, и предопределённую точку. Если мы будем рассматривать достаточно большое количество улучшений, то их совместное возникновение становится

настолько невероятным, что, как ни крути, невозможным. Доказательств этого приводилось уже достаточно, но может быть полезно указать на различия между двумя видами гипотетических макромутаций, обе выглядят невозможными по причине сложности, но фактически невозможной является только одна из них. Я обозначу их, по причинам, которые станут понятны ниже, как макромутацию “Боинг 747” и как макромутацию “Стретч DC-8”.

Макромутации “Боинг 747” действительно исключены по только что описанной причине сложности. Это название они получили вслед за памятным заблуждением астронома сэра Фреда Хойла относительно теории естественного отбора. Он сравнил предполагаемое неправдоподобие естественного отбора, с ураганом, раздувающим хлам на свалке, и случайно собирающим Боинг 747. Как мы видели в главе 1, в отношении естественного отбора это совершенно ложное сравнение, но это очень хорошая аналогия для иллюстрации идеи некоторых видов макромутаций, вызывающих эволюционные изменения. Фундаментальная ошибка Хойла состояла в том, что он фактически думал (не осознавая этого), что теория естественного отбора базируется на макромутациях. Идея порождения единственной макромутацией полностью функционирующего глаза с вышеперечисленными свойствами, на месте, где прежде была только голая кожа, и в самом деле примерно столь же немыслима, сколь же и ураган, собирающий Боинг 747. Именно поэтому я упоминаю этот вид гипотетической макромутации как макромутацию “Боинг 747”.

Макромутации “Стретч DC-8” – это мутации, которые могут быть большими по величине их эффектов, но в сущности невелики в терминах сложности. Стретч DC-8 – это воздушный лайнер, который был изготовлен путём изменения более ранней модели воздушного лайнера DC-8. Он подобен изначальному DC-8, но имеет более длинный фюзеляж. Это изменение было улучшением - по крайней мере с одной точки зрения - он мог вмещать больше пассажиров, чем прародительский DC-8. Стретч – это большое увеличение длины, и в том смысле оно аналогично макромутации. Более интересно то, увеличение длины выглядит на первый взгляд, сложным изменением. Чтобы удлинить фюзеляж воздушного лайнера, недостаточно просто вставить дополнительную секцию в фюзеляж. Также нужно удлинить бесчисленные трубки, тяги, воздухопроводы и электрические провода. Нужно установить дополнительные сидения, пепельницы, фонари подсветки, 12-канальные музыкальные селекторы и сопла вентиляции. На первый взгляд, стретч DC-8, обладает намного большей сложностью, чем обычный DC-8, но так ли это? А вот и нет - по крайней мере – в той степени, в какой "новые" вещи в растянутом самолёте – это только "большее количество старых". Биоморфы третьей главы часто демонстрируют макромутации типа “стретч DC-8”.

Какое отношение всё это имеет к мутациям реальных животных? Вот какое. Некоторые реальные мутации вызывают большие изменения, весьма подобные изменениям от стандартного DC-8 до удлиненного (стретч) DC-8, и некоторые из них, хотя и в некотором смысле "макро" мутации, однозначно вошли в эволюцию. У всех змей, например, намного больше позвонков, чем у их предков. Мы могли бы убедиться в этом, даже не располагая окаменелостями, потому что у змей намного больше позвонков, чем у близких к ним живущих форм. Кроме того, число позвонков различается у различных видов змей, что означает, что количество позвонков весьма часто менялось в эволюции змей от их предков.

Тогда, чтобы изменить у животного число позвонков, нужно сделать больше, чем просто втиснуть дополнительную кость. С каждым позвонком связан набор нервов, кровеносных сосудов, мышц и т.д., также как с каждым рядом мест в воздушном лайнере связан набор подушек, подголовников, гнезд для наушников, индивидуального освещения с подключенными кабелями и т.д. Средняя часть тела змеи, подобно средней части тела воздушного лайнера, составлена из множества сегментов, многие из которых в точности подобны друг другу, как бы сложны они ни были по отдельности. Поэтому всё, что нужно делать для добавления новых сегментов – просто дублировать. Так как генетические машины для создания одного сегмента змеи уже существуют, а это генетические машины большой сложности, создание которых потребовало много поколений пошаговой, постепенной эволюции, то добавление новых идентичных сегментов может быть с лёгкостью осуществлено на единственном мутационном

шаге. Если мы рассматриваем гены как "инструкции по развитию эмбриона", то ген для вставки дополнительных сегментов может интерпретироваться просто как указание "сделать здесь больше того же самого". Я представляю себе, что инструкции для постройки первого стретча DC-8 были в чём-то подобны.

Можно обратить внимание на то, что в эволюции змей, количество позвонков менялось на целое, а не дробное число. Мы не можем представить себе змею с 26.3 позвонками. У неё было 26 или 27, и очевидно бывали случаи, когда змея-потомок имела по крайней мере на один целый позвонок больше, чем её родители. Это означает, что у неё был полный дополнительный набор нервов, кровеносных сосудов, мышц, и т.д. Тогда получается, что эта змея - макромутант, но только в слабом смысле "стретча DC-8". Легко поверить, что отдельные особи змей, имеющие на полудюжины больше позвонков чем их родители, могли возникнуть за единственный мутационный шаг. "Аргумент сложности" против скачков эволюции не относится к макромутациям типа "Стретч DC-8", так как если внимательно посмотреть на характер произведённых изменений, то окажется, что в реальности это не истинные макромутации вообще. Они выглядят макромутациями только тогда, когда мы наивно смотрим на готовое, взрослое существо. Если же мы смотрим на процессы эмбрионального развития, то они окажутся микромутациями в том смысле, что незначительное изменение в инструкциях построения эмбриона оказало большой и очевидный эффект во взрослом существе. То же самое относится и к антеннопедии у плодовых мушек и многих других, так называемых "гомеотических мутаций".

На этом я закончу моё отвлечение на макромутации и скачкообразную эволюцию. Оно было необходимо, так как теорию пунктирного равновесия часто путают со скачкообразной эволюцией. Но это было именно отвлечение, потому что теория пунктирного равновесия - главная тема этой главы, и эта теория, по правде говоря, никак не связана с макромутациями и истинными скачками.

Тогда "пробелы", о которых говорят Эддридж, Гулд и другие "пунктуалисты", не имеют никакого отношения к истинным скачкам; они говорят о пробелах, которые намного-намного меньше тех, что так радуют креационистов. Кроме того, изначально Эддридж и Гулд представляли свою теорию не как нечто радикально-революционно-антипатичное обычному, "общепринятому" дарвинизму (как это было подано позже), но как нечто, вытекающее из устоявшегося и правильно понимаемого дарвинизма. Для этого правильного понимания, боюсь потребуются другое отвлечение, на сей раз на тему о возникновении новых видов - о процессе, известном как "видообразование".

Общий ответ Дарвина на вопрос о происхождении видов вкратце гласил, что виды происходят от других видов. Более того, генеалогическое древо жизни ветвисто, а значит, что из одного предкового вида может произойти более чем один современный. Например, львы и тигры сейчас принадлежат разным видам, но оба они произошли от одного предкового вида, и вероятно, не очень давно. Этот предковый вид – возможно есть один из двух современных; возможно, это какой-то третий современный вид; а возможно, что он уже вымер. Люди и шимпанзе сейчас тоже однозначно принадлежат различным видам, но их прародители нескольких миллионов лет назад принадлежали к одному единственному виду. Видообразование – это процесс, в ходе которого один вид становится двумя видами, один из которых может быть тем же самым, что и один изначальный.

Причины видообразования считаются трудной загадкой. Все члены одного потенциально прародительского вида способны к взаимному скрещиванию; собственно, для многих людей именно это и подразумевается в выражении "отдельный вид". Поэтому, всякий раз, когда новый дочерний вид начинает "отпочковываться", то это отпочковывание подвергается опасности подавления взаимным скрещиванием. Мы можем представить себе потенциальных прародителей львов и потенциальных прародителей тигров, терпящих неудачу в попытках размежеваться, так как они продолжают скрещиваться друг с другом, и поэтому продолжают оставаться подобными друг другу. Кстати, не воспринимайте слишком буквально использованные мною слова типа "подавления", как будто бы предки львов или тигров, "хотели

бы” в некотором смысле, отделиться друг от друга. Просто самой силой вещей виды явно отошли друг от друга в эволюции, и факт взаимоскрещивания на первый взгляд затрудняет понимание нами того, как это расхождение возникло.

Принципиально правильный ответ на эту проблему вполне очевиден. Проблема взаимоскрещивания не будет проблемой, если предки львов и тигров окажутся в разных частях мира, где у них просто не будет доступа друг к другу. Конечно, они не уходили на разные континенты специально для видового расхождения друг с другом - они вовсе не думали о себе как о предках львов или тигров! Но, учитывая, что их общий предковый вид так и так распространился на различные континенты, а именно - Африку и Азию, то те из них, которым случилось оказаться в Африке, больше не могли скрещиваться с теми, которые оказались в Азии, ибо никогда уже не встречались. Если у животных на этих двух континентах имелась какая-то тенденция развития в различных направлениях, будь то под влиянием естественного отбора, или по воле случая, то взаимоскрещивание уже не могло воспрепятствовать их расхождению, и в конечном счёте - становлению двух различных видов.

Я упоминал различные континенты для наглядности, но принцип географической изоляции как барьера для взаимного скрещивания применим к животным на различных окраинах пустыни, горной цепи, реки, или даже автострады. Он применим даже к животным, не изолированным никаким барьером, кроме большого расстояния. Землеройки в Испании не могут скрещиваться с землеройками в Монголии, и могут расходиться – в эволюционном смысле - с монгольскими землеройками, даже если существует сплошной ареал скрещивающихся землероек, соединяющий Испанию и Монголию. Однако идея географической изоляции как ключевого условия видообразования выглядит более наглядной, если мы представляем её себе как настоящий физический барьер, такой, как море или горная цепь. Цепи островов вероятно весьма плодородные питомники новых видов.

Отсюда, вот наша ортодоксальная неodarвинистская картина “рождения” типичного вида дивергенцией от вида предкового. Мы начинаем с предкового вида, большой популяции довольно однородных, взаимно скрещивающихся животных, распространённых по большой площади. Это может быть любой вид животного, но давайте продолжим говорить о землеройках. Их зона обитания разделена надвое горной цепью. Горная цепь враждебна землеройкам, им крайне трудно её пересечь, однако не совсем невозможно, и поэтому, очень редко одна или две их них могут оказаться в долине с другой стороны хребта. Здесь они могут процветать, и дать начало отдалённой популяции вида, эффективно отрезанной от главной популяции. Теперь эти две популяции размножаются и скрещиваются раздельно, смешивая свои гены по свою сторону от хребта, но не через него. С течением времени в каждой популяции возникают изменения в составе генов, которые распространяются по этой популяции, но не переходят в другую. Некоторые из этих изменений могут быть вызваны естественным отбором, условия которого могут различаться с двух сторон горной цепи: вряд ли нам следует ожидать строго одинаковых условий на этих двух сторонах – будь то погоды, хищников и паразитов. Некоторые изменения могут быть вызваны одним случайным событием. Независимо от причин возникновения генетических изменений, скрещивание будет распространять их в пределах каждой из этих двух популяций, но не между ними. Так эти две популяции генетически разойдутся, и станут всё более и более непохожими друг на друга.

Они станут настолько отличными друг от друга, что через некоторое время натуралисты увидели бы их принадлежащим разным "породам". По истечении ещё большего времени, они разойдутся настолько далеко, что мы будем должны классифицировать их как различные виды. Теперь представьте себе, что климат потеплел настолько, что переход через горы стал более лёгким, и некоторые особи нового вида начинают просачиваться назад, на свою историческую родину. И когда они встречают потомков своих давно “потерянных” братьев, то оказывается, что они настолько разошлись в своём наборе генов, что уже не могут продуктивно скрещиваться с ними. Если они и образуют гибриды, то потомство получается или неполноценным, или бесплодным – как мулы. Так естественный отбор наказывает какие-то попытки особей с обеих сторон к гибридизации с другим видом или даже породой. Таким

образом, естественный отбор завершает процесс "репродуктивной изоляции", начавшийся со случайного вмешательства горной цепи. "Видообразование" закончено. Мы теперь имеем два вида там, где первоначально имелся один, и эти два вида теперь могут сосуществовать в одной и той же самой области, более не скрещиваясь.

Фактически, вряд ли эти два вида будут сосуществовать долго. И не потому, что они бы взаимоскрещивались, а потому, что они бы конкурировали. Это общепринятый принцип экологии – два вида с одинаковым образом жизни не могут долго сосуществовать в одном месте; вследствие конкуренции один или другой вымрет. Конечно, две наши популяции землероек могли бы более не совпадать по образу жизни - например, новый вид, за то время, пока он жил с другой стороны горного хребта, мог бы прийти к специализации на другом виде насекомых-добычи. Но если бы наблюдалась значительная конкуренция между этими двумя видами, то большинство экологов ожидало бы, что один или другой вид вымрет в совпадающей области. Если это случается с изначальным, предковым видом, то мы будем говорить о замене этого вида новым видом – иммигрантом.

Теория видообразования, как результата изначальной географической изоляции, долго считалось краеугольным камнем господствующего, ортодоксального неodarвинизма, и до сих пор воспринимается всеми сторонами как главный процесс, вызывающий к существованию новые виды (некоторые люди полагают, что есть и другие). Её включение в современный дарвинизм было в значительной степени обусловлено влиянием выдающегося зоолога Эрнста Майра. "Пунктуалисты", предложив свою теорию, спрашивали себя: поскольку мы, подобно большинству неodarвинистов, принимаем ортодоксальную теорию, в которой видообразование начинается с географической изоляции, то что мы должны увидеть в ископаемой летописи?

Вспомним гипотетическую популяцию нового вида землероек, разошедшуюся с предками на той стороне горной цепи, которая в конечном счёте вернулась на историческую родину, и весьма вероятно, вызвала вымирание предкового вида. Предположим, что эти землеройки оставляли окаменелости; и более того – ископаемая летопись оказалась точна, без пробелов, вызванных потерей ключевых стадий. Какого рода ископаемую летопись следует в этом случае ожидать? Гладкий переход от предкового вида к дочернему? Конечно же нет - по крайней мере, если мы ведём раскопки в области распространения оригинального, предкового вида землероек, и куда вернулся новый вид. Подумайте о том, какая история фактически произошла в главном ареале. Жили себе изначальные землеройки, счастливо размножаясь в даль времён, без особых поводов для изменений. Их далёкие братья, живущие по другую сторону хребта, были возможно заняты активной эволюцией, но их окаменелости находятся с другой стороны хребта, поэтому мы не находим их в главном ареале, где ведём раскопки. Затем, внезапно (по геологическим стандартам, конечно), возвращается новый вид, конкурирует с главным видом, и возможно, заменяет его. Внезапно те окаменелости, которые мы находим, продвигаясь сквозь слои главного ареала меняются. До этого все они принадлежали предковому виду. Затем, резко и без видимых переходов, появляются окаменелости нового вида, а окаменелости старого исчезают.

"Пробелы", далеко не являющиеся раздражающим несовершенством или труднопреодолимым затруднением, оказываются именно тем, что мы должны ожидать, если мы всерьёз принимаем нашу ортодоксальную неodarвинистскую теорию видообразования. Переход от предкового вида к дочернему потому кажется резким и судорожным, что, когда мы смотрим на ряд окаменелостей в каком-то одном месте, мы вероятно не видим эволюционного события вообще - мы видим миграционное событие, прибытие нового вида из другой географической области. Конечно, эволюционные события тоже происходили, и один вид действительно развивался из другого, вероятно постепенно. Но чтобы видеть эволюционный переход, зафиксированный в окаменелостях, нам придётся копать в другом месте, в нашем случае - с другой стороны хребта.

Значит то, что сделали Эдридж и Гулд, могло бы быть скромно представлено как полезное спасение Дарвина и его последователей от, казавшегося им труднопреодолимого затруднения. Собственно говоря, первоначально так и было сделано - по крайней мере частично.

Дарвинистов всегда беспокоила очевидная разорванность ископаемой летописи, и им казалось неизбежным прибегнуть к специальной защите, ссылающейся на несовершенство свидетельств. Сам Дарвин написал на этот счёт:

Геологическая летопись чрезвычайно неполна, и этот факт в значительной степени объясняет, почему мы не находим бесконечные вариации, соединяющие все исчезнувшим и существующие формы жизни тончайшими шагами постепенных изменений. Всякий, кто отвергает этот взгляд на сущность геологической летописи, по праву отвергнет и всю мою теорию.

Элдридж и Гулд могли сделать это своим главным сообщением: Не волнуйтесь, Дарвин! Вам не следовало бы ожидать тонко градуированную прогрессию, даже если бы ископаемая летопись была полна - если вы раскапываете её лишь здесь – по той простой причине, что большая часть эволюционных изменений происходила где-то в другом месте! Они могли пойти далее и сказать:

Дарвин, говоря о несовершенстве ископаемой летописи, вы недооценили степень её несовершенства. Мало того, что она неполна; есть веские основания ожидать её особенной неполноты именно тогда, когда она становится наиболее интересной, а именно - когда имеют место эволюционные изменения. Частично это есть следствие того, что эволюция обычно происходит в других местах, иных чем те, где мы находим большую часть окаменелостей; частично – следствие того, что даже если нам везёт раскапывать одну из тех маленьких отдалённых областей, где происходило большинство эволюционных изменений, эволюционные изменения (хотя и действительно постепенные) происходят за такое короткое время, что нам бы потребовалась дополнительная богатая ископаемая летопись, чтобы отследить их!

Но нет, вместо этого они предпочли, особенно в своих поздних статьях - за которыми нетерпеливо следили журналисты, подавать эти идеи как радикально оппозиционные и Дарвину, и неодарвинистскому синтезу. Они делали это, подчеркивая "градуализм" дарвинистского взгляда на эволюцию, противопоставляя его внезапному, судорожному, спорадическому "пунктуализму" их собственных взглядов. Они, особенно Гулд, даже видели аналогии между своей, и старыми школами "теорий катастроф" и "скачков". Теорию скачков мы уже обсудили. Теория катастроф была попыткой примирить в 18 и 19-м веках некоторые формы креационизма с неудобными фактами ископаемой летописи. Катастрофисты полагали, что видимая прогрессия ископаемой летописи действительно отразила ряд дискретных Творений, каждое из которых заканчивалось массовым катастрофическим вымиранием. Последней из этих катастроф был потоп Ноя.

Сопоставление современного пунктуализма с одной стороны, и теории катастроф (или скачков) с другой, оправдано лишь в сугубо художественном смысле. Оно, если позволите каламбур, глубоко поверхностно. Оно впечатляет своей претензией на литературную художественность, но никак не помогает серьёзному пониманию – более того, оно может предоставить предательскую помощь и поддержку современным креационистам в их нешуточно успешной борьбе по ниспровержению американского образования и публикациям учебников. Фактически же, Элдридж и Гулд являются такими же градуалистами, как Дарвин, или любой из его последователей - в самом полном и максимально серьёзном смысле слова. Они лишь предложили сжать все постепенные изменения в краткие взрывы, а не растягивать их на всё время эволюции; они также подчёркивают, что большая часть постепенных изменений происходила в ограниченных географических областях, удалённых от мест, где обнаруживается большинство окаменелостей.

Итак, градуализм Дарвина – это не тот градуализм, против которого выступают пунктуалисты: градуализм означает, что каждое поколение лишь слегка различно от предыдущего; нужно быть сторонником теории скачков, чтобы полагать иное; а Элдридж и Гулд иного не полагают. Скорее они, и другие пунктуалисты находятся в оппозиции приписываемой Дарвину вере в постоянство скорости эволюции. Они возражают против этого постоянства, так как полагают, что эволюция (бесспорно градуалистическая) быстро происходит в моменты относительно кратких взрывов активности (события видообразования

создают своего рода атмосферу кризиса, в которой предполагаемое нормальное сопротивление эволюционным изменениям нарушается; и что эволюция протекает очень медленно, или вообще останавливается в течение длительных периодов стазиса между ними. Когда мы говорим "относительно" краткий, мы имеем в виду, конечно, краткий по меркам общей геологической временной шкалы. Эволюционные взрывы пунктуалистов, хотя и могут быть мгновенными по геологическим стандартам, имеют тем не менее продолжительность, измеряемую десятками и сотнями тысяч лет.

Ситуацию иллюстрируют размышления известного американского эволюциониста Г. Ледьярда Стеббинса. Он не занимался именно рывками эволюции, а лишь стремится определить максимальную скорость, с которой могут происходить эволюционные изменения, если на них глядеть во временных рамках геологического времени. Он предложил рассмотреть вид животного, размером примерно с мышь. И предположил далее, что естественный отбор начинает одобрять увеличение размера тела, но только очень и очень незначительное. Пусть крупные самцы наслаждаются небольшим преимуществом при конкуренции за самок. Самцы среднего размера в любое время чуть менее успешны, чем самцы, которые чуть крупнее средних. Стеббинс обозначил определённым числом то математическое преимущество, которым наслаждаются крупные особи в его гипотетическом примере. Он задал это значение настолько крошечным, что его не смогут измерить люди-наблюдатели. А темп эволюционных изменений, которые из этого преимущества следуют, получается настолько низким, что не был бы замечен за время обычной человеческой жизни. На этом основании учёный, изучающий эволюцию, сказал бы что, эти животные вообще не эволюционируют. Тем не менее, они эволюционируют – хотя и очень медленно, с темпом, заданным в математической модели Стеббинса. И, даже с этой медленной скоростью, они в конечном счёте достигли бы размера слона. Как быстро бы это произошло? Очевидно, что по меркам человеческой жизни – очень нескоро, но мерки человеческой жизни здесь неприменимы; мы говорим о геологическом времени. Стеббинс вычислил, что при принятой им очень медленной скорости эволюции, потребуется примерно 12 000 поколений, чтобы животное весом в 40 граммов (как мышь), проэволюционировало до среднего веса более чем 6 000 000 граммов (как у слона). Принимая время смены поколений в 5 лет, что больше, чем у мыши, но меньше, чем у слона, получаем, что 12 000 поколений сменилось бы примерно за 60 000 лет. 60 000 лет – это слишком мало, чтобы их можно было бы измерить обычными геологическими методами датирования ископаемой летописи. Как говорит Стеббинс, "появление нового вида животных за 100 000 лет или менее, будет расценено палеонтологами как "внезапное" или "мгновенное"."

Пунктуалисты не говорят о скачках эволюции; они говорят об эпизодах ускоренной эволюции. И даже этим эпизодам не требуется быть быстрым по человеческим стандартам, чтобы казаться мгновенными по стандартам геологическим. Как бы мы ни воспринимали саму теорию пунктирного равновесия, градуализм (веру, исповедуемую современными пунктуалистами, как собственно и Дарвином, что не существует никаких внезапных прыжков от одного поколения к следующему), слишком легко спутать градуализмом, как верой в "постоянную скорость эволюции" (критикуемую пунктуалистами и предположительно, но не фактически, исповедуемую Дарвином).

Это вовсе не одно и то же. Лучше всего охарактеризовать веру пунктуалистов следует так: "градуализм, но с длительными периодами "стазиса" (эволюционной стагнацией) прерываемых краткими эпизодами быстрых, но постепенных изменений". Акцент здесь делается на длительные периоды стазиса, как ранее не рассмотренный феномен, и который действительно нуждается в объяснении. Этот акцент на стазисе и является реальным вкладом пунктуалистов в теорию эволюции, а вовсе не их провозглашаемая оппозиция градуализму, ибо они такие же настоящие градуалисты, как и все прочие.

Определённый акцент на застое, в менее преувеличенной форме, имеется в теории видообразования Майра. Он полагал, что если имеются две географически разделённых породы, то изначальная большая предковая популяция изменится с меньшей вероятностью, чем новая, дочерняя популяция (с другой стороны хребта в случае нашего примера с

землеройками). И дело не только в том, что дочерняя популяция, переместилась на новые пастбища, где условия вероятно будут отличаться, и давления естественного отбора - тоже. Но и в том, что существуют некоторые теоретические причины (которые подчёркивал Майр, но важность которых можно оспорить) полагать, что большие размножающиеся популяции склонны сами по себе сопротивляться эволюционным изменениям, что можно сравнить с инерцией большого и тяжёлого объекта – ему трудно сдвинуться. Маленьким, отдалённым популяциям неотъемлемо присуща (как гласит эта теория) большая вероятность изменяться и эволюционировать. Поэтому, где я говорил про две расходящиеся друг от друга популяции, или породы землероек, Майр предпочёл бы видеть оригинальную, сравнительно статичную предковую популяцию, и новую, отходящую от неё. Ветвь эволюционного дерева даёт не вилку из двух равных прутьев, а главный стебель, с боковой ветвью, отрастающей от него.

Сторонники пунктирного равновесия приняли это предположение Майра, и раздули его до твёрдой веры в то, что "стазис", или ничтожность эволюционных изменений – это норма для вида. Они полагают, что в больших популяциях существуют генетические силы, активно сопротивляющиеся эволюционным изменениям. Эволюционные изменения они полагают редким случаем, совпадающим с видообразованием. Совпадение с видообразованием понимается в том смысле, что, на их взгляд, условия, в которых формируется новый вид - географическое отделение маленьких, изолированных субпопуляций – это те условия, в которых, смягчаются или подавляются силы, обычно сопротивляющиеся эволюционным изменениям. Видообразование – это момент переворота, или революции. И именно в этих моментах переворотов и сконцентрированы эволюционные изменения. В течение большей части своей истории наследственная линия пребывает в застое.

Неправда, что Дарвин полагал эволюцию идущей с постоянной скоростью. Разумеется, он не верил в это в том, до нелепости крайнем смысле, что я высмеял в притче про сынов Израилевых, и я не думаю, что он полагал это в любом существенном смысле. Следующая цитата из известного отрывка четвёртого (и более поздних) издания "Происхождения видов" раздражает Гулда, и он полагает её нетипичной для общего направления мыслей Дарвина:

Многие виды, однажды сформировавшись, никогда более не подвергаются никаким дальнейшим изменениям ...; а интервалы времени, в течение которых виды претерпевали модификации, хотя и продолжительны по числу лет, но вероятно коротки в сравнении с периодами, в течение которых они сохраняют одну и ту же форму.

Гулд хочет проигнорировать это предложение - как и другие, ему подобные, говоря:

Нельзя делать историю подбором цитат и поиском поясняющих сносок. Общее направление и историческое влияние – вот должные критерии. Считали ли когда-нибудь современники или последователи Дарвина его сторонником теории скачков?

Гулд конечно прав насчёт общего направления и исторического влияния, но последнее предложение вышеприведённой цитаты Гулда – саморазоблачительный ложный шаг. Конечно, никто и никогда не полагал Дарвина сторонником скачков, и разумеется, Дарвин был последовательно враждебен к скачкам в эволюции, но всё дело в том, что при обсуждении пунктирного равновесия скачки эволюции просто ни при чём. Как я уже подчёркивал, теория пунктирного равновесия, по собственному мнению Эдриджа и Гулда – это не разновидность теории скачков. Скачки, ею постулируемые – это не реальные скачки за одно поколение. Они растянуты на большое число поколений, занимающие по времени, по собственной оценке Гулда, возможно, десятки тысяч лет. Теория пунктирного равновесия – это градуалистическая теория, хотя и подчёркивающая длительные периоды застоя, вставленные между относительно короткими взрывами градуалистической эволюции. Гулд ввёл в заблуждение себя самого своим собственным риторическим акцентом на чисто поэтическом или литературном подобии пунктуализма с одной стороны, и настоящими скачками с другой.

Я думаю, что многие вопросы будут сняты, если сейчас я сделаю обзор всего диапазона возможных точек зрения на скорость эволюции. На одном конце его мы имеем настоящую теорию скачков, уже достаточно обсуждённую мною. Среди современных биологов истинных сторонников теории скачков не существует. Все прочие - градуалисты, и в их число входят

Элдридж с Гулдом, как бы они ни хотели себя называть. В рамках градуализма можно различить разные мнения насчёт скорости (градуалистической) эволюции. Некоторые из них, как мы видели, имеют сугубо поверхностное ("литературное" или "поэтическое") подобие настоящей, анти-градуалистической теории скачков, с которой они по этой причине иногда смешиваются.

В другом конце диапазона находятся убеждения в "постоянной скорости", которые я карикатурно изобразил в притче про Исход Иудеев, с которой я начал эту главу. Крайний сторонник постоянства скорости полагает, что эволюция постоянно и непреклонно бредёт всё время, независимо от того, происходит ли какое-то разветвление или видообразование. Он полагает, что количество эволюционных изменений строго пропорционально прошедшему времени. Как это ни странно, но разновидность концепции постоянной скорости недавно получила мощное одобрение у современных молекулярных генетиков. Есть неплохие основания полагать, что эволюционные изменения на уровне белковых молекул действительно бредут с постоянной скоростью - точно также, как гипотетические сыны Израилевы; даже при том, что внешне видимые характеристики, такие как руки и ноги развиваются в крайне неравномерной манере. Мы уже столкнулись с этой темой в пятой главе, и я упомяну её ещё раз в следующей. Но ориентируясь на адаптивную эволюцию крупномасштабных структур и поведенческих схем, практически все эволюционисты отклонил бы концепцию постоянной скорости, и Дарвин, конечно же, тоже. Все, кто не сторонник постоянной скорости – сторонник переменной.

Среди сторонников переменной скорости можно различить два течения, называемые "дискретной переменной скоростью" и "плавно-переменной скоростью". Крайний "дискретист" не просто полагает, что скорость эволюции меняется. Он полагает, что скорость резко перещёлкивает между двумя дискретными уровнями, подобно коробке передач автомобиля. Как вариант, он может полагать одну из этих двух скоростей очень быстрой, другую - полной остановкой (здесь я не могу не вспомнить уничижительную запись в моём первом школьном таблице успеваемости, записанную, когда мне было семь лет, воспитательницей школы-интерната по поводу моей деятельности по складыванию одежды, принятию холодных ванн, и выполнению других пунктов распорядка дня: "У Докинза только три скорости: медленно, очень медленно, и остановка"). "Остановленная" эволюция – это "стазис", который, как думают пунктуалисты, характеризует большие популяции. "Высшая передача" эволюции работает во время видообразования в маленьких изолированных популяциях за границами больших, а потому эволюционно статичных популяций. Согласно этому взгляду, эволюция всегда идёт на одной или другой скорости, но никогда – на промежуточной. Элдридж и Гулд склоняются в направлении дискретизма, и в этом отношении они искренние радикалы. Их можно называть "сторонниками дискретно-переменной скорости". Собственно, "дискретникам" нет никаких особых причин настаивать на видообразовании только в периоды высокой скорости эволюции. Однако большинство из них именно так и делает.

С другой стороны, "переменники" (сторонники плавно-переменной скорости), полагают, что скорость эволюции плавно колеблется от очень быстрой, до очень медленной и нулевой, со всеми промежуточными значениями. Они не видят никаких важных причин уделять некоторым скоростям больше внимания, чем другим. В частности, стазис для них - только крайний частный случай сверхмедленной эволюции. Пунктуалисты же рассматривают стазис как нечто очень специфическое. Стазис, по ихнему – это не просто эволюция, которая замедлилась до нуля: стазис - не просто пассивное отсутствие развития (вследствие отсутствия сил, толкающих к переменам). Нет, стазис – это активное сопротивление эволюционным изменениям. То есть, вид, как предполагается, предпринимает активные действия по противодействию эволюции, несмотря на наличие сил, толкающих его в сторону изменений.

С реальностью стазиса соглашаются больше биологов, чем соглашаются с его причинами. Рассмотрим как экстремальный пример, целаканта Латимерию. Целаканты были большой группой "рыб" (хотя они и называются рыбами, но фактически они ближе к нам, чем к форели и сельди) процветавшей более 250 миллионов лет назад, и казалось, вымершей примерно

одновременно с динозаврами. Я говорю "казалось" вымершей, потому что в 1938 году, к большому удивлению зоологического мира, эта сверхъестественная рыба, полтора ярда в длину, и с необычным ногоподобными плавниками, оказалась в улове рыболовецкого судна, ведшего лов на большой глубине близ южноафриканского побережья. Хотя она была почти разложена, прежде чем была осознана её огромная ценность, эти разлагающиеся останки к счастью привлекли внимание квалифицированного южноафриканского зоолога как раз вовремя. С трудом веря своим глазам, он идентифицировал её как современного целаканта, и назвал её Латимерией. С тех пор в этом регионе выловлено ещё несколько экземпляров рыбы, и вид теперь должным образом изучен и описан. Это - "живое ископаемое", в том смысле, что оно вряд ли изменилось со времени его ископаемых прародителей, живших сотни миллионов лет назад.

Да, это стазис. Как мы должны его понимать? Как объяснить? Одни из нас сказали бы, что линия, ведущая к Латимерии остановилось, потому что естественный отбор не подталкивал её. В каком-то смысле у неё не было никакой "потребности" эволюционировать, потому что она нашла успешный образ жизни глубоко в море, где условия почти не изменялись. Возможно, она никогда не участвовала ни в каких гонках вооружений. Её вышедшие на сушу далёкие братья эволюционировали, потому что естественный отбор, давлением разнообразных враждебных условий, включая гонки вооружений, вынуждал их к этому. Другие биологи, частично включая тех, кто называет себя пунктуалистами, могли бы сказать, что линия, ведущая к современной Латимерии, активно сопротивлялась изменениям, несмотря на наличие давлений естественного отбора. Кто из них прав? Конкретно в случае Латимерии узнать это трудно, но существует способ, в принципе позволяющий это выяснить.

Давайте будем честными, и перестанем рассуждать конкретно о Латимерии. Это поразительный пример, но экстремальный, и не на него одного пунктуалисты хотят полагаться. Они полагают, что менее экстремальные, и более короткие по срокам примеры застоя являются банальностью и даже нормой, потому что у вида есть генетические механизмы, активно сопротивляющиеся изменениям, даже если действуют силы естественного отбора, побуждающие к изменениям. На этот счёт можно проделать простейший эксперимент, который, по крайней мере - в принципе, позволит нам проверить эту гипотезу. Можно взять дикие популяции, и возложить на них свои силы отбора. Согласно гипотезе об активном сопротивлении вида изменениям, мы должны обнаружить, что если мы стараемся культивировать какой-то признак, то вид должен упираться (если можно так выразиться), и отказываться шевелиться, по крайней мере – некоторое время. Если мы возьмём, к примеру, коров, и попытаемся проделать отбор на высокую молочную продуктивность, то мы должны потерпеть неудачу. Генетические механизмы вида должны мобилизовать свои анти-эволюционные силы и бороться с давлением в пользу изменений. Если мы попробуем побудить кур развить более высокую яйценоскость, то мы должны потерпеть неудачу. Если тореадоры, поддерживая их презренный "спорт", постараются увеличить храбрость быков селективным их размножением, то они должны потерпеть неудачу. Эти неудачи, конечно должны быть лишь временными. В конечном счете, подобно прорыву плотины под напором воды, предполагаемые антиэволюционные силы будут преодолены, и наследственная линия сможет тогда быстро переместиться в новую точку равновесия. Но мы должны почувствовать по крайней мере небольшое сопротивление, когда мы начинаем новую программу селективного размножения.

Конечно, факты говорят о том, что мы не терпим неудачу, когда пытаемся сформировать эволюцию, выборочно разводя животных или растения в неволе, и при этом мы не ощущаем первоначального сопротивления. Виды животных или растений обычно поддаются селекции немедленно, и селекционеры не обнаруживают никаких признаков наличия внутренней антиэволюционной силы. Скорее, селекционеры испытывают трудности в конце - после многих поколений успешной селекции. Это происходит потому, что после нескольких поколений селективного размножения, доступные генетические вариации исчерпываются, и приходится ждать новых мутаций. Вполне мыслимо, что целаканты прекратили эволюционировать потому, что прекратили мутировать - возможно, вследствие хорошей защиты от космических лучей на

дне моря! - но никто, насколько я знаю, всерьёз этого не предположил, и это, в любом случае - не то, что имеют в виду пунктуалисты, говоря об обладании видом встроеной сопротивляемости эволюционным изменениям.

Они имеют в виду нечто более напоминающее вывод, сделанный мною в седьмой главе насчёт "сотрудничающих" генов: - группы генов так хорошо приспособляются друг к другу, что сопротивляются вторжению новых мутантных генов, не являющихся членами их клуба. Это довольно замысловатая идея, но похожая на правду. Собственно, это одно из теоретических оснований уже упомянутой идеи инерции вида Майра. Тем не менее, тот факт, что всякий раз, когда мы предпринимаем попытку селективного размножения, мы не сталкиваемся ни с каким начальным сопротивлением ему, наводит меня на мысль, что если дикие наследственные линии не меняются многие и многие поколения, то причина этого – не в сопротивлении их изменениям, а в том, что отсутствует давление естественного отбора в пользу изменений. Они не меняются, потому что неизменённые особи выживают лучше изменённых.

Значит пунктуалисты являются такими же градуалистами, как Дарвин или любой другой дарвинист; они только вставляют длительные периоды стазиса между всплесками градуалистической эволюции. Как я уже сказал, в одном отношении пунктуалисты отличаются от других школ дарвинизма, и это их сильный акцент на стазисе, как чем-то активном, а именно – на активном сопротивлении эволюционным изменениям, а не просто отсутствию эволюционных изменений. И это их восприятие стазиса, весьма вероятно, ложно. И мне остаётся выяснить тайну - почему они полагали себя столь далёкими от Дарвина и неodarвинизма.

Ответ заключается в путанице двух значений слова "градуальный" ("постепенный", и "последовательный"), вкуче с путаницей между пунктуализмом и теорией скачков, которую я мучительно старался распутать здесь, но которая крепко засела в сознание многих людей. Дарвин был страстным противником скачков, и потому много и много раз подчёркивал крайнюю постепенность предлагаемых им эволюционных изменений. Ведь для него скачок означал то, что я назвал макромутацией "Боинг 747". Это означало бы внезапное рождение, подобное рождению Афины Паллады из головы Зевса, совершенно новых, сложных органов при единственном взмахе генетической волшебной палочки. Представьте - полностью сформированные, сложные и работающие глаза, выпрыгивают из голой кожи за единственное поколение. Дарвин понимал под скачками именно это, так как именно это полагали некоторые из его наиболее влиятельных противников; они действительно верили в такие скачки как главный фактор эволюции.

Например, герцог Аргилльский соглашался со свидетельствами в пользу эволюции, но хотел бы тайно протащить божественное творение с чёрного хода. И он не был одинок. Многие викторианцы думали, что Бог неоднократно вмешивался в критические моменты эволюции, не ограничившись единственным - раз и навсегда, актом Творения в Райском саду. Сложные органы, подобные глазам, не развивались из более простых структур медленно и постепенно, как имел в виду Дарвин, а предположительно выскакивали из небытия в один момент. Такие люди справедливо осознавали, что такая мгновенная "эволюция", происходи она на самом деле, не может не подразумевать божественное вмешательство; и именно в это они верили. Действительно, по статистическим причинам, которые я обсудил в связи с ураганами и Боингом 747, иное представлялось невозможным. "Скачкизм" типа "Боинг 747" – это в действительности, лишь форма замаскированного креационизма. Выражаясь иначе, божественное творение совершается скачком и окончательно – как появление полностью и окончательно сформированного человека из неодушевлённой глины. Дарвин это тоже чувствовал. Он написал в письме сэру Чарльзу Ловеллу, ведущему геологу тех дней:

Если бы я осознавал, что мне нужны такие дополнения к теории естественного отбора, я бы отверг её как вздор ..., я не дал бы ничто за теорию Естественного отбора, если бы она потребовала чудотворных дополнений на любой стадии эволюции.

Это не пустяк. По мнению Дарвина, суть теории эволюции естественным отбором состояла в том, что она давала объяснения существования сложных адаптаций, отличные от

чудотворных. Впрочем, это также суть и этой книги. По Дарвину, любая эволюция, которой для перепрыгивания куда-то требуется помощь Бога, это не эволюция вовсе, ибо центральное положение идеи эволюции превратилось бы в нонсенс. В этом свете легко понять, почему Дарвин постоянно повторял про постепенность эволюции. Хорошо понятно, почему он написал предложение, процитированное в главе 4:

Если можно было бы продемонстрировать существование какого-нибудь сложного органа, который вряд ли мог быть сформирован множеством небольших последовательных модификаций, то моя теория будет безусловно повержена.

Можно взглянуть и по-другому на фундаментальную важность постепенности для Дарвина. Его современникам, как и многим людям в наше время, было очень трудно поверить, что человеческое тело, и подобные сложные сущности могли предположительно возникнуть посредством механизмов эволюции. Если вы представляете себе одноклеточную амёбу как нашего отдалённого прародителя (что до недавнего времени было модно), то у многих людей с трудом бы укладывалось в голове, как можно соединить пропасть между амёбой и человеком. Они находят невообразимым появление чего-то столь сложного из столь простого. Дарвин предложил идею последовательного ряда маленьких шагов, как средства преодоления этих сомнений. Вы, возможно находите, что представить себе амёбу, превращающуюся в человека трудно, и это действительно так, но вы вряд ли находите, что трудно представить себе амёбу, превращающуюся в слегка отличающуюся амёбу. Далее нетрудно представить себе эту новую амёбу, превращающуюся в слегка отличающуюся от слегка отличающейся ..., и так далее. Как мы уже видели в третьей главе, этот аргумент побеждает наше неверие только в том случае, если мы подчёркиваем чрезвычайно большое количество шагов на этом пути, и этот каждый шаг – буквально крошечен. Дарвин постоянно боролся против этого источника неверия, используя то же самое оружие - акцент на постепенном, почти незаметном изменении, растянутом на бесчисленные поколения.

Кстати, есть смысл процитировать характерный фрагмент побочных рассуждений Дж.Б.С.Холдейна, борющегося с тем же источником неверия. Он напомнил, что нечто вроде превращения амёбы в человека происходит в матке каждой матери всего лишь за девять месяцев. Развитие эмбриона, без сомнения, очень отличается от эволюции, тем не менее, всякому, сомневающемуся насчёт самой возможности превращения единственной клетки в человека, достаточно лишь обдумать своё собственное эмбриональное начало, чтобы смягчить эти сомнения. Я надеюсь, меня не сочтут занудным педантом, если я между прочим подчеркну, что выбор амёбы на право называться нашим почётным прародителем - это просто следование странной традиции. Бактерия была бы лучшим выбором, но даже бактерии, как мы их знаем – это современные организмы.

Вернёмся к градуализму. Дарвин делал упор на постепенности эволюции потому, что приводил тем самым доводы против ложных представлений об эволюции, распространённые в девятнадцатом столетии. Слово "градуальный", в контексте того времени означало "не скачками". Эдридж и Гулд, в контексте конца двадцатого столетия, использовали "градуальный" в весьма ином смысле. В сущности, хотя неявно, они использовали его для обозначения "с постоянной скоростью", и противопоставляют этому значению их собственное понятие "пунктуации". Они критикуют градуализм в смысле "постоянства скорости". Они без сомнения правы - в своей крайней форме он столь же абсурден, как и моя притча про Исход Иудеев.

Но объединять эту, в принципе оправданную критику, с критикой Дарвина – это просто путать два довольно разных значения слова "градуальный". Нет никаких причин сомневаться, что в том смысле, в каком Эдридж и Гулд оппозиционны градуализму, Дарвин согласился бы с ними. В том смысле, в каком страстным градуалистом был Дарвин, Эдридж и Гулд тоже градуалисты. Теория пунктирного равновесия – это небольшой отблеск на дарвинизме; сам Дарвин его бы очень даже одобрил, если бы проблема поднималась в его время. Этот отблеск не заслуживает очень уж громкой рекламы. Почему она такой шум всё-таки вызвала, и почему я счёл себя обязанным посвятить ему целую главу этой книги? А потому, что эта теория была

продана и перепродана некоторыми журналистами, как нечто радикально оппозиционное взглядам Дарвина и его последователей. Почему так случилось?

В мире есть люди, отчаянно желающие уничтожить веру в дарвинизм. Они делятся примерно на три главных типа. Первые – это те, кто по религиозным причинам хотят признать саму эволюцию не имевшей место. Вторые – это те, у кого нет никаких резонов отрицать эволюцию, но которые, часто по политическим или идеологическим причинам, находят теорию Дарвина и её механизмы отталкивающими. Некоторые из них находят идею естественного отбора неприемлемо жёсткой и безжалостной; другие путают естественный отбор с хаотичностью, и следовательно - "бессмысленностью", оскорбляющей их достоинство; некоторые путают дарвинизм с социал-дарвинизмом, имеющим расистский и подобные неприятные подтексты. Третьи – это люди, включая многих работников, как они сами это называют (часто слитное существительное) "масс-медиа", которые просто любят всяческие разоблачения и шумиху, возможно потому, что из этого получается эффектный журналистский материал; а дарвинизм, уже достаточно устоявшийся и уважаемый, хорошо подходит для этой цели.

Какими бы ни были мотивы, последствия оказываются одинаковыми - если уважаемый учёный чуть шепчет что-то такое, что походит на намёк на критику какой-то частности общепринятой дарвиновской теории, то этот факт нетерпеливо подхватывается и непропорционально раздувается. Это рвение столь сильно, что похоже на работу мощного усилителя, с узко настроенным микрофоном, выборочно вслушивающимся во что-нибудь, похожее на крупницу возражения дарвинизму. Это очень печально, ибо серьёзные дискуссии и критика жизненно важны для любой науки, и был бы трагедией, если бы учёные ощущали потребность заткнуть себе рот из-за наличия таких микрофонов. Излишне подчёркивать, что этот усилитель, хотя мощен, но не высококачественен - он вносит много искажений! Учёный, осторожно шепчущий о каких-то незначительных опасениях касательно нюансов текущего дарвинизма, в любую минуту может услышать его искажённые и едва узнаваемые слова, гремящие и раздающиеся эхом из нетерпеливо ожидающих громкоговорителей.

Элдридж и Гулд не шепчут - они кричат, красноречиво и мощно! То, о чём они кричат, часто довольно малопонятно обывателю, но сей последний получает сообщение, что с дарвинизмом что-то не так. Аллилуйя, сами "учёные" это говорят! Редактор "Библейского Творения" написал:

Бесспорно, что доверие к нашей религиозной и научной позиции было очень усилено недавним падением неodarвинистской морали. И это – как раз то, что мы должны использовать по максимуму.

Элдридж и Гулд - отважные чемпионы по борьбе против креационистского мракобесия. Они выкрикивали протесты о неправильном употреблении их слов, но вдруг оказалось, что в этой части их сообщения микрофоны внезапно умерли. Я могу им посочувствовать - у меня был подобный опыт с различным набором микрофонов, в моём случае настроенных скорее политически, чем религиозно.

Здесь нужно сказать правду – громко и ясно: теория пунктирного равновесия чётко лежит в пределах неodarвинистского мировоззрения. И всегда там была. Потребуется время, чтобы восстановить разрушенное этой раздутой риторикой, но оно будет восстановлено. Теория пунктирного равновесия войдёт в должные рамки как интересная но незначительная морщина на теле неodarвинистской теории. Она безусловно не даёт оснований говорить о "падении неodarвинистской морали", как не даёт Гулду никаких оснований объявлять, что синтетическая теория (другое название неodarвинизма) "впечатляюще мертва". Это то же самое, что открыв, что наша Земля - не точная сфера, а слегка сплюснутый сфероид, радостно начертать на гордо поднятом знамени:

КОПЕРНИК НЕПРАВ.

ТЕОРИЯ ПЛОСКОЙ ЗЕМЛИ ДОКАЗАНА.

Но будем справедливы - замечание Гулда было нацелено не столько на предполагаемый "градуализм" дарвиновского синтеза, сколько на другое его утверждение. Это утверждение,

которое оспаривают Эдридж и Гулд, гласит, что вся эволюция, даже на самой крупной геологической временной шкале, есть экстраполяция событий, имеющих место в рамках популяций или видов. Они полагают, что существует более высокая форма отбора, который они называют "отбор видов". Я отложу эту тему до следующей главы. В следующей главе мы будем иметь дело с другой школой биологов, которые, на столь же сомнительных основаниях, тоже в некоторых случаях подавались как анти-дарвинисты, так называемые "преобразованные клейдисты". Они принадлежат к общей области таксономии, науки о классификации.

Глава 10

О правильном дереве жизни

Эта книга посвящена эволюции, как, главным образом, решению проблемы сложности "проекта"; эволюции, как правильному объяснению явлений, которые Пали полагал доказательствами существования божественного часовщика. Именно поэтому я всё время возвращаюсь к теме глаза и эволюции. Но существует и другой крупный класс феноменов, объясняемых эволюционной теорией. Это феномены многообразия: система распределения различных типов животных и растений по миру, и система распределения их признаков. И хотя меня главным образом интересуют глаза, и другие части сложных механизмов, я не вправе пренебрегать этой ролью эволюции для помощи нам в понимании природы. Итак, эта глава – о таксономии.

Таксономия, она же систематика – наука о классификации. У некоторых людей это слово вызывает незаслуженно унылые ассоциации, подсознательно рисуящие в памяти картины пыльных музеев, запах формалина, и, бывает, спутываемое с таксидермией – изготовлением чучел. На деле же, в ней нет ничего унылого. По причинам, не вполне мне понятным, она является одной из наиболее спорных областей во всей биологии. Она интересна философам и историкам; она играет важную роль при любом обсуждении эволюции. Из рядов систематиков вышли некоторые видные современные биологи, претендующие на роль антидарвинистов.

Хотя таксономисты изучают в основном животных или растения, классифицироваться может всё, что угодно: камни, военные корабли, книги в библиотеке, звёзды, языки. Упорядоченная классификация часто воспринимается как требование удобства и практических потребностей, и это частично верно. Книги в большой библиотеке почти бесполезны, если они не организованы каким-то неслучайным образом так, чтобы книги на конкретную тему можно было найти, когда они нам нужны.

Наука (или может быть – искусство), библиотечного дела – это упражнение в прикладной таксономии. Биологам, по аналогичной причине, живётся легче, если они могут рассовать животных и растения по взаимоувязанным категориям с названиями. Но утверждать, что это является единственной задачей классификации животных и растений, значит упускать большую часть смысла. Для эволюционных биологов классификация живых организмов несёт в себе нечто очень особенное, чего нет в любом другом виде систематики. Это "нечто" вытекает из идеи о том, что эволюция породила уникально корректное разветвление генеалогического дерева всех живых существ, и базировать нашу систематику нам следует именно на нём. В дополнение к этой уникальности, такая таксономия обладает необычайным свойством, которое я называю полной вложенностью. Что это означает, и почему это так важно – и есть главная тема этой главы.

Давайте как пример небологической систематики рассмотрим библиотеку. В библиотеке или книжном магазине не существует единственно возможного, уникально корректного решения проблемы классификации книг. Один библиотекарь мог бы поделить свою коллекцию на такие главные категории: наука, история, литература, другие искусства, книги на иностранных языках, и т.д. И каждый из этих главных отделов библиотеки был бы также разбит на подразделы. Научное крыло библиотеки могло бы подразделяться на отделы биологии, геологии, химии, физики, и так далее. Книги в биологической секции научного крыла могли бы

подразделяться на полки, посвященные физиологии, анатомии, биохимии, энтомологии, и так далее. Наконец, на каждой из полок книги могли бы размещаться в алфавитном порядке. Другие главные крылья библиотеки – истории, литературы, иностранных языков, и так далее, были бы подразделены аналогично. Следовательно, библиотека была бы иерархически подразделена таким образом, что читатель был бы направлен сразу к желаемой книге. Иерархическая классификация удобна, потому что она позволяет читателю быстро найти путь в коллекции книг. Именно для этого слова в словарях упорядочены в алфавитном порядке.

Но систем классификации книг в библиотеке может быть несколько – нельзя говорить о какой-то одной, как единственно правильной. Другой библиотекарь мог бы предпочесть организацию той же самой коллекции книг в ином, но тем не менее - иерархическом порядке. Он мог бы, например, не выделять отдельного крыла с книгами на иностранных языках, предпочтя размещать книги, независимо от языка, в соответствующих предметных областях: книги по биологии на немецком - в секции биологии, книги на немецком по истории - в секции истории, и так далее. Третий библиотекарь мог бы придерживаться более радикальной политики размещения всех книг - в хронологическом порядке публикации, полагаясь на картотеки (или их компьютерные эквиваленты) для поиска книг на желаемую тему.

Эти три плана устройства библиотеки весьма отличаются друг от друга, но все они вероятно адекватно работали бы, и, надо полагать, были бы приемлемы многими читателями; впрочем однажды я случайно услышал по радио про одного раздражённого пожилого члена Лондонского клуба, ругающего комитет своего клуба за наём библиотекаря. Библиотека существовала в неорганизованном виде уже сотни лет, и он не понимал, зачем её нужно сейчас упорядочивать. Репортёр деликатно спросил его, как, по его мнению, должны быть упорядочены книги. Тот без колебаний проревел: "Самые большие – слева, самые маленькие - справа!". Массовые книжные магазины классифицируют свои книги по главным секциям, отражающим интерес покупателей. Вместо, например, разделов “наука”, “история”, “литература”, “география”, у них могут быть такие разделы, как “садоводство”, “кулинария”, “телезвёзды”, “окультизм”; а однажды я увидел полку с незабываемым названием "Религия и НЛО".

Итак, не существует “правильной” и “неправильной” системы классификации книг. У библиотекарей могут быть серьёзные разногласия друг с другом насчёт политики классификации, но в критерии оценки этих политик, аргументы споров, позволяющие их выигрывать (или нет), не входят критерии "истинности" или "корректности" одной системы классификации в сравнении с другой. Скорее, в этих спорах может фигурировать "удобство для пользователей библиотеки", "скорость нахождения книг", и так далее. В этом смысле таксономию книг в библиотеке можно считать произвольной. Я не имею в виду, что нет смысла предлагать хорошую систему классификации, далёкую от этих. Я имею в виду, что не существует некоей единственной системы классификации, которая, опираясь на точную информацию, всеобъемлюще отвечала бы требованию единственно корректной классификации. Систематика же живых существ, как мы увидим, обладает тем сильным свойством, которого нет в систематике книг – по крайней мере, если мы принимаем эволюционную точку зрения.

Разумеется, можно изобрести любое количество систем классификации живых существ, но я покажу, что все они, кроме одной, столь же произвольны, как и всякая библиотечная система. Если бы требовалось просто удобство, то хранитель музея мог бы классифицировать свои экспонаты по размеру и условиям хранения: большие и объёмные; маленькие и высушенные, приколотые к дощечкам; законсервированные в бутылках; микроскопические на слайдах, и так далее. Такая группировка для удобства обычна в зоопарках. В лондонском зоопарке носороги размещены в "Слоновьем доме" по единственной причине – для них требуются столь же прочные клетки, как для слонов. В прикладной биологии есть смысл классифицировать животных на вредных (подразделяя их на паразитов человека и домашних животных, вредителей культурных растений, и прямо опасных – ядовитых или кусачих), полезных (подразделяя их аналогично), и нейтральных. Диетолог мог бы классифицировать животных по их пищевой ценности для человека, опять же – с подразделением на категории. Моя бабушка

однажды раскрашивала обложку детской книги про животных, в которой они классифицировались по числу ног. Антропологи изучили многочисленные и сложные системы классификации животных, используемые племенами во всём мире. Но среди всех возможных, мыслимых и немыслимых систем классификации, имеется одна, уникальная система, уникальная в том смысле, что такие слова, как "корректная" и "некорректная", "истинная" и "ложная" можно применять к ней в полном согласии со всей полнотой доступной информация. Эта уникальная система – система, основанная на эволюционных отношениях. Во избежание путаницы, я дам этой системе имя, даваемое биологам самой строгой её форме: клейдистическая таксономия.

В клейдистической таксономии, главный критерий группировки организмов – степень родства, или, другими словами, относительная близость общего предка. Например, птицы отличаются от не-птиц тем, что все они происходят от общего предка, который не является предком ни одной из не-птиц. Все млекопитающие происходят от общего предка, который не является предком ни одного из не-млекопитающих. Птицы и млекопитающие имеют более отдалённого общего предка, который также является предком большого количества других животных – таких, как змеи, ящерицы и гуатары. Все животные, произошедшие от этого общего предка называются амниотами. Так, птицы и млекопитающие – амниоты. Согласно клейдистам, "рептилии" – это неправильный таксономический термин, потому что определяется по остаточному принципу: рептилии – это все амниоты, кроме птиц и млекопитающих. Другими словами, самый поздний общий предок всех "рептилий" (змей, черепах, и т.д.) также является предком и некоторых не-"рептилий", а именно птиц и млекопитающих.

Среди самих млекопитающих, своего недавнего общего предка имеют крысы и мыши; своего – леопарды и львы; так же точно недавний общий предок имеется у шимпанзе и людей. Близкородственные животные – это такие животные, общий предок которых жил сравнительно недавно. Дальнородственные животные имеют более давнего общего предка. Очень далеко родственные животные, такие, как люди и слизняки, имеют очень-очень давнего общего предка. Организмы никогда нельзя считать полностью неродственными друг другу, так как, из того, что мы знаем, можно почти уверенно полагать, что жизнь возникла на Земле только однажды.

Настоящая клейдистическая таксономия строго иерархична. Это определение я буду далее использовать в том смысле, что её можно представить как дерево, ветви которого всегда расходятся, но никогда не сходятся снова. На мой взгляд (с которым не согласились бы некоторые школы таксономистов, которых мы обсудим позже), она строго иерархична не потому, что иерархичная классификация удобна (подобно классификации библиотеки); и не потому, что весь мир естественным образом построен иерархично, но лишь потому, что схема эволюционного видообразования иерархична. Как только дерево жизни разветвилось далее некоторого минимального расстояния (как правило – за границы вида), то ветви его никогда более не сходятся вместе (за очень редкими исключения, такими, как при происхождении эукариотической клетки, упомянутого в седьмой главе). Птицы и млекопитающие происходят от общего предка, но теперь они – отдельные ветви эволюционного древа, и они никогда сойдутся вместе снова: гибрида птицы и млекопитающего никогда не будет. Группа организмов, происходящая от общего предка, не являющегося предком ни одного организма, не входящего в эту группу, и имеющая это свойство, называется элюзивной (от греческого названия ветви дерева).

Другой способ представления идеи строгой иерархичности содержится в термине "полная вложенность". Мы пишем названия любого набора животных на большом листе бумаги, и обводим кольцами родственные наборы. Например, крыса и мышь были бы объединены в одном маленьком кольце, указывающем, что они являются близкими родственниками с относительно недавним общим предком. Морская свинка и капибара были бы объединены друг с другом в другом маленьком кольце. Кольцо крыс и мышей а также кольцо морских свинок и капибар, вошли бы, в свою очередь, в одно большое кольцо как друг с другом, так и с бобрами,

дикобразами, белками, и большим количеством других животных. Это кольцо называлось бы “грызуны”. Внутренние кольца, так сказать, вложены в большие, внешние кольца. Где-то в другом месте нашего листа, лев и тигр были бы объединены друг с другом в маленьком кольце. Это кольцо было бы объединено вместе с другими такими же кольцами, в одно большое, имеющее название “кошачьи”. Кошки, собаки, куницы, медведи, и т.д. были бы объединены в свои кольца, а затем – в одно большое кольцо, называемое “плотоядные животные”. Далее, кольца грызунов и плотоядных животных вошли бы, наряду с другими, в состав ряда более глобальных колец, самое большое из которых называлось бы “млекопитающие”.

Важное свойство этой системы вложенных колец состоит в том, что они вложены полностью. Никогда, и ни в коем случае, мы не нарисуем колец, которые бы пересекали друг друга. Возьмите два любых накладывающихся кольца, и всегда можно будет сказать, что одно из них лежит полностью внутри другого. Область, покрытая внутренним кольцом, всегда полностью перекрывается внешним; нигде нет частичного перекрытия. Это свойство полной таксономической вложенности порождено не книгами, языками, типами почвы, или школами философской мысли. Если библиотечка нарисует одно кольцо вокруг книг по биологии, а другое - вокруг книг по богословию, то он найдёт, что эти два кольца накладываются. В зоне наложения окажутся книги с названиями типа "Биология в свете христианской веры".

В принципе, мы могли бы ожидать свойства полной вложенности у систем классификации языков. Языки, как мы видели в восьмой главе, эволюционируют в манере, довольно близкой к эволюции животных. Языки, лишь недавно отошедшие от общего предка, такие, как шведский, норвежский и датский, намного больше схожи друг с другом, чем с языками, отошедшими давно, например, с исландским. Но языки не только расходятся, они также и соединяются. Современный английский язык – это гибрид между германскими и романскими языками, которые разошлись довольно давно, и следовательно, английский язык не будет точно отвечать требованиям какой-то иерархической диаграммы вложенности. Кольца, обводящие английский язык, окажутся пересекающимися, вложенными не полностью. Кольца биологической классификации никогда не пересекаются в такой манере, потому что биологическая эволюция, за пределами уровня вида, всегда расходится.

Возвращаясь к примеру библиотеки, замечу, что никакой библиотечка не может полностью избежать проблемы промежуточных звеньев или наложений. Бесплезно размещать биологические и богословские разделы по соседству, и размещать книги промежуточной тематики в коридоре между ними; ибо как мы тогда поступим с книгами, тематика которых лежит между биологией и химией, между физикой и богословием, историей и богословием, историей и биологией? Думаю, не ошибусь, если скажу, что проблема промежуточных звеньев является неизбежной и неотъемлемой частью всех таксономических систем, иных, чем эволюционно-биологические. Лично у меня эта проблема вызывает почти физический дискомфорт, когда я делаю попытку решить скромную задачу регистрации чего-то, необходимого в моей профессиональной жизни: упорядочивания моих собственных книг, репринтов научных статей, которые коллеги (с наилучшими намерениями) посылают мне; регистрации деловых бумаг; старых писем, и так далее. Какие бы критерии классификации мы бы ни принимали, всегда будут возникать неудобные объекты, которые им не отвечают. С чувством неловкой нерешительности я оставляю непристроенные бумаги на столе – иногда на несколько лет – до тех пор, пока их можно будет спокойно выбросить. Часто они находят неуспокоенное прибежище в категории "Разное" – категории, которая будучи когда-то начатой, имеет угрожающую тенденцию безудержно расти. Я иногда задаюсь вопросом, нет ли у библиотечкарей, и хранителей всех музеев (кроме биологических), особенной склонности к язвам желудка.

В таксономии живых существ этой проблемы классификации не возникает. Не существует никаких животных категории “Разное”. Пока мы остаёмся выше уровня вида, и пока мы изучаем только современных животных (или животных в любом заданном временном срезе; см. ниже) мы не сталкиваемся ни с какими неудобными эклектичными смесями. Если животное выглядит как странный средний экземпляр, скажем - точно посередине между млекопитающим

и птиц, то эволюционист может быть уверен, что его следует определить либо как того, либо как другого. Такая промежуточность может быть только иллюзией. Несчастный библиотекарь не может быть в этом уверен. Для книги совершенно возможно принадлежать одновременно и категории "история", и категории "биология". Биологи-клеидисты никогда не позволяют себе никаких библиотечных аргументов насчёт сравнительного "удобства" отнесения китов к млекопитающим, рыбам, или к чему-то среднему между млекопитающими и рыбами. Единственный критерий – фактический. В этом случае, как ни крути, факты подводят всех современных биологов к одному и тому же заключению. Киты – это млекопитающие, а не рыбы, и, даже в минимальной степени, не переходное звено между ними. К рыбам они не ближе, чем люди, и не ближе, чем утконос, как впрочем, и любое другое млекопитающее.

Очень важно понять, что все млекопитающие – люди, киты, утконосы, и прочие – являются в точности одинаково близкими родственниками рыбам, так как все млекопитающие восходят к рыбам через одного общего предка. Миф о том, что (в частности) млекопитающие, образуют лестницу или "шкалу", на которой "низшие", находятся ближе к рыбам, чем "высшие", - это проявление снобизма, который ничем не обязан эволюции. Это - древнее, пред-эволюционное понятие, иногда называемое "великой цепью существ", которое должно быть развенчано эволюцией, но которое каким-то загадочным образом было впитано многими людьми, размышляющими о ней. Здесь я не могу не обратить ваше внимание на смехотворность того вызова, который креационисты любят швырять в эволюционистов: "Выкладывайте ваши промежуточные звенья. Если эволюция действительно была, то должны быть животные, находящиеся в середине пути между котом и собакой, или между лягушкой и слоном. Но кто-нибудь когда-нибудь видел слонолягу?". Мне как-то прислали креационистскую брошюру, которая пыталась высмеивать эволюцию рисунками гротескных химер; например, задней части лошади с передней частью собаки. Авторы её, видимо полагают, что эволюционисты должны ожидать существования таких промежуточных животных. Это представление не только промахивается мимо истины, но более того – точная антитеза её. Одно из самых сильных предсказаний, которое даёт нам эволюционная теория, гласит, что таких промежуточных звеньев быть не должно. Это – основная идея моего сравнения книг в библиотеке с животными.

Значит, таксономия возникших в ходе эволюции живых существ обладает уникальным свойством полной согласованности в мире полной информации. Именно это я и имел в виду, когда говорил о том, что понятия "истинности" и "ложности" могут использоваться применительно к построениям клеидистической таксономии, но не к построениям в таксономии какого-нибудь библиотекаря. Но здесь нужно сделать две оговорки. Во-первых, в реальности у нас нет полной информации. Биологи могут не соглашаться друг с другом по каким-то фактам родства, и эти споры, бывает, трудно уладить из-за неполноты информации – скажем, недостатка окаменелостей. Я ещё вернусь к этому вопросу. Во вторых, другая проблема возникает, если окаменелостей слишком много. Опрятная отчётливость классификации может исчезнуть, если мы попытаемся включить в неё всех когда-либо живших животных, а не только современных. Ведь как бы ни были отдалены друг от друга два вида современных животных - скажем, птицы и млекопитающее, они когда-то имели общего предка. Если мы поставим задачу попытаться включить этого предка в нашу современную классификацию, то мы можем иметь проблемы.

В момент, когда мы начинаем рассматривать исчезнувших животных, утрачивает истинность утверждение о несуществовании промежуточных звеньев. Наоборот, теперь мы должны что-то делать с потенциально непрерывным рядом промежуточных звеньев. Различие между современными птицами, и современными не-птицами (например, млекопитающими), столь чётко лишь потому, что все промежуточные звенья, сходящиеся в прошлое к общему предку, умерли. Чтобы чётче уяснить эту мысль, подумайте снова о гипотетически "доброй" природе, снабдившей нас полной ископаемой летописью, где бы присутствовала окаменелость каждого когда-либо жившего животного. Когда я предложил эту фантазию в предыдущей главе, я подчеркнул, что этой милостью природа могла бы фактически оказать "медвежью услугу". Тогда я упоминал о тяжёлом труде изучения и описания всех окаменелостей, но мы теперь

пришли к другой грани этой парадоксальной недоброты. Полная ископаемая летопись сделала бы очень трудной классификацию животных в дискретные, поддающиеся наименованию группы. Если бы у нас была полная ископаемая летопись, то нам пришлось бы оставить дискретные названия, и обратиться к некоторой математической или графической нотации плавной шкалы. Человеческий разум весьма предпочитает дискретные названия, так что отчасти даже хорошо, что ископаемая летопись неполна.

Если мы будем рассматривать всех когда-либо живших животных, не ограничиваясь лишь современными, то такие слова, как "человек" и "птица" станут столь же размытыми и неясными по значению, как слова вроде "высокий" или "толстый". Зоологи могут бесконечно обсуждать принадлежность или не-принадлежность данной окаменелости к птицам. Они и вправду часто обсуждают именно этот вопрос применительно к известной окаменелости "Археоптерикс". Понятия "птица" и "не-птица" различаются между собой более чётко, чем понятия "высокий" и "низкий", и это лишь потому, что в случае птиц и не-птиц все переходные промежуточные звенья мертвы. Если бы на человечество свалился бы необычный выборочный мор, который убивал бы всех людей промежуточной высоты, то понятия "высокий" и "низкий" приобрели бы столь же точное значение, как "птица" или "млекопитающее". Удобный факт отсутствия промежуточных звеньев спасает от неуклюжей двусмысленности не только зоологическую классификацию. Тот же самое верно в отношении человеческой этики и закона. Наши юридические и моральные системы глубоко видоспецифичны. Директор зоопарка имеет юридическое право усыпить шимпанзе, которое стало лишним, в то же время намёк на усыпление лишнего сторожа или продавца билетов будет встречен воем про циничное беззаконие. Шимпанзе - собственность зоопарка. Предполагается, что люди не являются чьей-то собственностью; при этом обоснования дискриминации в отношении шимпанзе звучат редко, и я не уверен, существует ли убедительное обоснование такого рода вообще. Потрясающий видовой эгоизм наших, вдохновлённых христианской верой отношений таков, что абортирование единственной человеческой зиготы (хотя большинство из них "предназначено" для спонтанного абортирования так или иначе), может вызвать больше морального беспокойства и справедливого негодования, чем вивисекция любого количества умных взрослых шимпанзе! Я слышал высказывания приличных, либеральных учёных, не имеющих никакого намерения фактически резать живых шимпанзе, однако неистово защищающих своё право делать это, если им потребуется, без конфликта с законом. Такие люди часто первыми ошתיниваются при малейшем нарушении прав человека. Такой двойной стандарт не вызывает у нас большого неудобства по единственной причине – все промежуточные звенья между людьми и шимпанзе мертвы.

Последний общий предок людей и шимпанзе жил, возможно, пять миллионов лет назад, определённо позже общего предка шимпанзе и орангутанов, и возможно, на 30 миллионов лет позже общего предка шимпанзе и нечеловекообразных обезьян. У нас с шимпанзе имеется более 99 процентов общих генов. Если бы на каких-нибудь затерянных островах были бы обнаружены оставшиеся в живых все промежуточные звенья между шимпанзе, человеком, и этим общим предком, то можно ли сомневаться в том, наши законы и моральные соглашения были бы глубоко потрясены, тем более, что могло бы быть возможным какое-то скрещивание по всему их спектру? Или всему их спектру было бы нужно предоставлять все права человека (голосуйте за шимпанзе!), или потребовалась бы сложная апартеидоподобная система дискриминационных законов, в которой суды бы решали, являются ли конкретные индивидуумы юридически "шимпанзе" или "людьми"; люди волновались бы насчёт желания их дочери выйти замуж за одного из "их". Я предполагаю, что наш мир уже достаточно хорошо исследован, чтобы не надеяться, что эта дисциплинирующая фантазия когда-нибудь сбудется. Но всякий, полагающий что в "правах человека" есть что-то самоочевидное и не нуждающееся в доказательствах, должен осознать, что это так лишь благодаря удачному для нас обстоятельству - смущающим промежуточным звеньям не удалось выжить. Впрочем, возможно, что если бы шимпанзе не были открыты до сегодняшнего дня, то по открытии они могли бы быть сочтены этими смущающими промежуточными звеньями.

Читатели предыдущей главы могут отметить, что категории станут размытыми, если мы рассматриваем современных животных в предположении, что эволюция идёт с постоянной скоростью, а не пунктирно. Чем более наши представления об эволюции приближаются к крайне гладким, непрерывным изменениям, тем более пессимистичными будут перспективы самой возможности применения таких слов, как “птица” или “не-птица”, “человек” или “не-человек”, ко всем когда-либо жившим животным.

Чрезвычайный “скачковик” может полагать, что действительно существовал первый человек, мутантный мозг которого был вдвое больше мозга его отца, и его шимпанзеподобного брата.

Защитники пунктирного равновесия, как мы видели, в основном не настоящие “скачковики”. Однако, для них проблема двусмысленности обозначений стоит менее остро, чем для приверженцев более гладкого развития. Проблемы обозначения возникли бы даже у пунктуалистов, если бы буквально каждое, когда-либо жившее животное, сохранилось бы как окаменелость, потому что пунктуалисты, если приглядеться – на деле градуалисты. Но, так как они предполагают, что мы вряд ли найдём окаменелости, документирующие короткие периоды быстрого перехода, в то же время как с большой вероятностью – окаменелости, документирующие длительные периоды стазиса, то “проблема имён” будет для пунктуалистического взгляда на эволюцию будет менее серьёзной, чем для не-пунктуалистического.

Именно по этой причине пунктуалисты, особенно Нейл Элдридж, делают большой акцент на трактовке “вида” как реальной “сущности”. Для не-пунктуалистов, “вид” определим только потому, что неудобные промежуточные звенья мертвы. Крайний анти-пунктуалист, рассмотрев длинный ряд субъектов эволюционной истории, вообще не сможет увидеть “вид” как дискретную сущность. Он может видеть только вязкий континуум. По его представлениям, у вида никогда не бывает ясно очерченного начала, и у него лишь иногда бывает ясно очерченный конец (вымирание); часто вид не вымирает радикально, но постепенно превращается в новый вид. Пунктуалист же видит вид появившимся в конкретное время (имеется явный переходный период продолжительностью десятки тысяч лет, что очень мало по геологическим стандартам). Кроме того, он видит у вида наличие определенного, или, по крайней мере, быстрого конца, а не постепенное исчезновение с превращением в новый вид. Так как в представлении пунктуалистов основная жизнь вида проходит в неизменном стазисе, и так как вид имеет дискретное начало и конец, то получается, что вид, для пунктуалистов, имеет, так сказать, определённую, измеримую “продолжительность жизни”. Не-пунктуалист не видел бы у вида наличие “продолжительности жизни”, аналогичной таковой у индивидуального организма. Крайний пунктуалист видит “вид” как дискретную сущность, которое действительно заслуживает собственного имени. Крайний анти-пунктуалист рассматривает “вид” как произвольный участок непрерывной плавной реки, не видит особой причины отмечать границы его начала и конца.

В пунктуалистической книге по истории группы животных, скажем, истории лошадей за последние 30 миллионов лет, все персонажи драмы могут быть видами, а не индивидуальными организмами, ибо пунктуалистический автор думает о виде, как о реальном “предмете”, с его собственной дискретной идентичностью. Виды внезапно появляются на сцене, и в своё время внезапно исчезают, заменённые видом-преемником. Это будет история преемников, поскольку один вид уступает другому. Но если ту же самую историю напишет анти-пунктуалист, то он будет упоминать названия видов только для некоего удобства. Когда он смотрит в даль времён, он прекращает видеть виды как дискретные объекты. Актёрами в его драме будут индивидуальные организмы в сменяющихся популяциях. В его книге именно индивидуальные животные будут уступать индивидуальным животным-потомкам, а не виды уступать другим видам. Поэтому не удивительно, что пунктуалисты склонны верить в своего рода естественный отбор на уровне видов, который они расценивают как отбор, аналогичный обычному дарвиновскому отбору на индивидуальном уровне. Напротив, не-пунктуалисты, видимо увидят естественный отбор работающим на уровне индивидуального организма, и никак не выше.

Идея "отбора видов" менее привлекательна для них, потому что они не рассматривают вид как объект с дискретным существованием в геологическом времени.

Здесь настал удобный момент, чтобы разобраться с гипотезой отбора видов, которая, как мы помним, отложена с предыдущей главы. Я не стану тратить на него очень много времени, поскольку я подробно изложил свои сомнения насчёт её предполагаемой важности для эволюции в "Расширенном фенотипе". Верно, что подавляющее большинство когда-либо живших видов, кануло в Лету. Также верно, что новый вид начинает существование с численностью, которая позволяет ему лишь балансировать на грани исчезновения, таким образом, имеется своего рода "видофонд", состав которого все время меняется. Неслучайное включение вида в "видофонд", и неслучайное исключение вида из него, могло бы, и это верно, теоретически являться своего рода естественным отбором на более высоком уровне. Возможно, что некоторые характеристики вида позволяют снизить вероятность его вымирания, или питать надежду на порождение нового вида. Вид, который мы видим в нашем мире, будет стремиться – независимо от того, что потребовалось для его первоначального возникновения, "быть самим собой" - независимо от того, что ему нужно, чтобы не вымереть. Если хотите, можете называть это формой естественного отбора, хотя я подозреваю, что это ближе к одношаговому отбору, чем к нарастающему. Мой скепсис направлен на предложение, что этот вид отбора имеет какую-то великую важность для объяснения эволюции.

Возможно, этот скепсис лишь отражает пристрастность моего представления о том, что важно, а что – нет. Как я сказал в начале этой главы, больше всего я хочу с помощью эволюционной теории объяснить наличие таких сложных, хорошо-спроектированных механизмов, как сердца, руки, глаза и эхолокацию. Никто, не даже самый пылкий "видовой селекционист", не полагает, что отбор видов может это сделать. Некоторые люди думают, что отбор видов может объяснить некоторые долговременные тенденции в ископаемой летописи, например довольно типичную тенденцию к увеличению размера тела по мере смены эпох.

Как мы видели, современные лошади крупнее своих предков, живших 30 миллионов лет назад. Видовые селекционисты возражают против идеи, что это увеличение возникло благодаря последовательному индивидуальному преимуществу: они не рассматривают тренды окаменелостей как индикатор того, что крупные особи лошади были последовательно успешнее мелких в пределах их вида. Они думают, что происходило следующее. Существовало большое количество видов – "видофонд". У некоторых из этих видов средний размер тела был велик, в других - мал (возможно потому, что в одних видах преуспевали крупные особи, в других - мелкие). Вероятность вымереть у вида с крупным телом была меньше (или более вероятно отпочкование от него нового вида с подобными характеристиками), чем у вида с мелким телом. Согласно представлений видовых селекционистов, безотносительно к происходящему в пределах вида, тренд окаменелостей к большему размеру тела отражал последовательность видов с прогрессивно большим средним размером тела. Возможно даже, что в большинстве видов одобрялись меньшие особи, но тренд окаменелостей мог бы тем не менее вести к большему размеру тела. Другими словами, отбор видов может одобрять то меньшинство видов, в которых бы одобрялись более крупные особи. Именно этот вывод был сделан, задолго до появления на сцене современных видовых селекционистов, большим теоретиком неодарвинизма, Джорджем К. Вильямсом (по общему признанию - в духе защиты дьявола).

Можно также сказать, что здесь, а возможно и во всех предположительных примерах отбора видов, мы имеем не столько эволюционную, сколько последовательную тенденцию, подобную тенденции к увеличению высоты растений на участке свободной земли, по мере его заселения сначала маленькими сорняками, затем большими травами, кустами, и, наконец, в кульминации – зрелыми лесными деревьями. Так или иначе, как бы вы ни называли это – последовательной, или эволюционной тенденцией, видовой селекционист может быть прав в своей вере в то, что именно с этим видом тенденции они, как и палеонтологи, часто имеют дело в последовательных слоях ископаемой летописи. Но, как я уже сказал, никто не говорит, что отбор видов – это важное объяснение развития сложных адаптаций. И вот почему.

В большинстве случаев, сложные адаптации не являются свойствами вида, но свойствами

особей. Вид не обладает глазами и сердцами - ими обладают особи вида. Если вид вымер из-за плохого зрения, то это возможно означает, что каждая особь этого вида умерла из-за плохого зрения. Качество зрения – это свойство индивидуальных животных. Признаками какого типа может обладать сам вид? Ответ должен гласить, что это те признаки, которые так влияют на выживание и воспроизводство вида, что это влияние не может быть сведено к сумме их эффектов на индивидуальное выживание и воспроизводство. В гипотетическом примере про лошадей я говорил, что то меньшинство видов, в которых бы одобрялись крупные особи, имело бы меньшую вероятность вымирания, чем то большинство видов, в которых одобрялись бы меньшие. Но это весьма неубедительно. Трудно представить себе причины, по которым выживаемость вида могла бы быть оторвана от суммы выживаемости отдельных членов вида.

Вот лучший (хотя и гипотетичный) пример признака уровня вида. Предположим, что у некоторого вида все особи добывают себе пропитание только одним способом. Например, все коалы живут в кронах эвкалиптов, и едят только листья эвкалипта. Давайте назовём такие виды однородными. Другой вид мог бы состоять из разнородных особей, которые добывают себе пропитание различными способами. Каждая особь могла бы быть столь же специализирована, как и особь коалы, но в целом вид поддерживает разнообразие диетических привычек. Некоторые члены вида едят только листья эвкалипта; другие только пшеницу; третьи только корнеплоды; четвёртые - только кожуру лимона, и так далее. Назовём этот второй вид разнородным. Теперь я думаю, легко представить себе обстоятельства, при которых вероятность вымирания однородного вида будет выше, чем разнородного. Коалы всецело полагаются на дары эвкалипта, поэтому какая-нибудь чума эвкалиптов, аналогичная голландской болезни язвов прикончила бы всех их. Напротив, часть членов разнородного вида пережила бы любую конкретную напасть пищевых растений, и вид смог бы продолжиться. Также легко предположить, что разнородный вид с большей вероятностью породит новый вид, чем однородный. Данная ситуация возможно и была бы примером настоящего отбора на уровне вида. В отличие от близорукости или длинноногости, "однородность" и "разнообразность" – это признаки именно уровня вида. Проблема состоит в том, что примеры таких признаков уровня вида крайне редки.

Существует интересная теория американского эволюциониста Эгберта Ли, которую можно интерпретировать как возможного кандидата на пример истинного отбора уровня вида, хотя она была предложена прежде, чем фраза "отбор видов" вошла в моду. Ли интересовался неувядающей проблемой эволюции "альтруистического" поведения у индивидуумов. Он правильно понял, что если индивидуальные интересы конфликтуют с таковыми вида, то индивидуальные, краткосрочные интересы должны побеждать. И кажется, ничто не может затормозить победный марш эгоистичных генов. Но Ли сделал такое интересное предположение. Должны существовать некоторые группы или виды, в которых случайно оказалось так, что какое-то благо для особи в значительной степени совпадает с тем, что является благом для вида. И должны существовать другие виды, у которых интересы особи оказались отдалены от интересов вида особенно сильно. При прочих равных условиях, вид второго типа имел бы более вероятные перспективы исчезновения. Тогда какая-то форма отбора видов могла бы одобрять, но не индивидуальное самопожертвование, а те виды, в которых с особей не требуют жертвовать своими интересами. Тогда мы могли бы видеть эволюцию очевидно бескорыстного индивидуального поведения, потому что отбор видов одобрил тот из них, в котором индивидуальные личные интересы обслуживаются лучше - благодаря собственному явному альтруизму.

Возможно, наиболее драматический пример истинного признака уровня вида относится к способу воспроизводства – половому или бесполому. По причинам, в которые я не имею возможности углубиться, существование полового размножения является большой теоретической загадкой для дарвинистов. Много лет назад, Р. А. Фишер, обычно враждебный к любой идее отбора на уровнях выше индивидуального организма, был готов сделать исключение для особого случая самого наличия полов. Он доказывал, что виды с половым воспроизводством - по причинам, в которые, опять же, я не буду углубляться (они не столь

очевидны, как можно подумать), способны к более быстрой эволюции, чем размножающиеся бесполо. Эволюция – это нечто такое, что происходит с видом, но не индивидуальным организмом; нельзя говорить об организме как эволюционирующем. Раз это так, то Фишер предположил, что именно отбор на уровне вида частично ответствен за тот факт, что половое размножение настолько обычно у современных животных. Но если это действительно так, то мы имеем дело со случаем одношагового отбора, а не нарастающего.

Согласно этой посылке, бесполое виды, возникнув, склонны к вымиранию, потому что они не эволюционируют достаточно быстро, чтобы успеть за изменяющейся окружающей средой. Двуполое виды вымирать склонны менее, потому что они могут эволюционировать достаточно быстро, чтобы держаться бодрячками. Потому-то мы и видим вокруг себя главным образом двуполое виды. Но "эволюция", темп которой варьирует между этими двумя системами, это, конечно, обычная дарвинистская эволюция посредством нарастающего отбора на индивидуальном уровне. Отбор видов (типа этого) – это простой одношаговый отбор, оценивающий лишь два признака – одно- и двуполое; медленную эволюцию, и быструю. Механизмы сексуальности, половых органов, полового поведения, клеточные механизмы полового деления клетки, все они, надо полагать, были сведены вместе стандартным дарвинистским нарастающим отбором низкого уровня, а не отбором видов. В любом случае, как это часто бывает, современный консенсус использует как фон старую теорию о том, что разнородность поддерживается каким-то вариантом отбора на уровне групп или видов.

Завершая обсуждение отбора видов, скажу, что он мог бы объяснить структуры видов, существующих в мире в любое конкретное время. Из этого следует, что он мог бы также объяснять изменяющиеся структуры видов, по мере смены одних геологических эпох другими, более поздними, то есть - изменения структур в ископаемой летописи. Тем не менее – это не значащая сила в эволюции сложных машин жизни. Максимум, что он может сделать – это выбрать между различным альтернативными сложными аппаратами, имея в виду, что эти сложные аппараты уже были изготовлены настоящим дарвиновским отбором. Как я уже сказал выше, отбор видов может иметь место, но похоже, он не делает ничего значительного! А сейчас вернёмся к предмету таксономии и её методам.

Я говорил, что у клейдистической таксономии есть преимущество над библиотечными типами таксономии, и оно заключается в наличии в природе одной, уникально-верной иерархически вложенной схемы, ждущей, когда её обнаружат. И всё, что нам нужно сделать – это разработать методы обнаружения её. А здесь, к сожалению, имеются практические трудности. Самое интересное пугало систематика – эволюционная конвергенция. Этот феномен настолько важен, что я уже посвятил ему половину главы. В четвёртой главе мы видели, как снова и снова обнаруживаются животные, похожие, благодаря подобному образу жизни, на неродственных животных в других частях мира. Бродячие муравьи Нового Света похожи на муравьёв-погонщиков Старого. Невероятное подобие возникло у весьма неродственных электрических рыб Африки и Южной Америки, а также между настоящим волком и сумчатым "волком" *Thylacinus Tasmania*. Во всех этих случаях я просто утверждал без доказательств, что это подобие – конвергентно: они независимо эволюционировали в неродственных животных. Но откуда мы знаем, что они не родственники? Если систематики, оценивая близость родства опираются на сходство, то почему их не дурачило невероятно близкое подобие, которое вроде бы объединяет эти пары животных? Или, поворачивая этот вопрос более болезненной гранью: когда систематики говорят нам, что два вида животных действительно близкие родственники, скажем, кролики и зайцы, то как мы узнаем, что систематиков не одурачила сильная конвергентность?

Этот вопрос действительно болезненен, ибо история таксономии переполнена случаями, когда более поздние систематики объявляли своих предшественников неправыми именно по этой причине. В четвёртой главе мы видели, как аргентинский систематик объявил литоптернов предками настоящих лошадей, хотя сейчас считается, что они конвергентны с ними. Африканского дикобраза долго полагали близким родственником американского, но сейчас считается, что эти две группы развили свои колючие покровы независимо. Возможно, что иглы

были полезны обоим, на этих разных континентах, по аналогичным причинам. Кто поручится, что будущие поколения систематиков не изменят этого мнения ещё раз? Какое доверие мы можем питать к таксономии, если конвергентная эволюция – такой могучий генератор обманчивых подобий? Главное, что вселяет лично в меня оптимизм на этот счёт – это появление на сцене новых мощных методов, основанных на достижениях молекулярной биологии.

Как вы возможно догадались при чтении более ранних глав, все животные, растения и бактерии, сколь бы разными они ни выглядели, поразительно единообразны, когда мы переходим к молекулярному базису. Наиболее резко это единообразие проявляется в самом генетическом коде. Генетический словарь состоит из 64 слов ДНК-кода по три буквы в каждом. Каждое из этих слов имеет точный перевод на белковый язык (оно обозначает либо конкретную аминокислоту, либо знак пунктуации). Этот язык произволен – в том же самом смысле, в каком произволен человеческий язык (например, в звучании слова “дом” нет никаких особенностей, могущих служить слушателю каким-то физическим признаком жилища). Далее – факт великого значения: каждое живое существо, как бы оно ни отличалось от других существ внешне, на уровне генов “говорит” на почти точно том же самом языке. Генетический код универсален. Я расцениваю это как почти окончательное доказательство происхождения всех организмов от единственного общего предка. Шансы на двукратное появление того же самого словаря произвольных “значений” почти неизмеримо малы. Как уже было сказано в шестой главе, может когда-то и существовали другие организмы, использовавшие иной генетический язык, но их больше нет с нами. Все выжившие организмы происходят от единственного предка, от которого они унаследовали почти идентичный, и при этом произвольный, генетический словарь, идентичный почти в каждом из его 64-х слов ДНК-кода.

Вы только подумайте о влиянии этого факта на систематику! До прихода эры молекулярной биологии, зоологи могли быть уверены в родстве только тех животных, у которых наблюдается очень много общих анатомических особенностей. Молекулярная биология внезапно открыла новый ларец с сокровищами подобий, дополнивший скудный список, предлагавшийся анатомией и эмбриологией. Эти 64 тождества (подобия – слишком слабо сказано) общего генетического словаря – лишь начало. Таксономия преобразилась. То, что было лишь неопределёнными предположениями насчёт родства, стало статистически почти несомненным фактом.

Почти полная, буквальная универсальность генетического словаря для систематика не слишком хороша. Один раз сказав нам, что все живые существа – родственники, она не может сказать нам далее, какие пары существ “родственнее” других. Но это может сказать другая молекулярная информация, в которой мы находим переменную степень подобия, а не полную идентичность. Продукты генетических трансляторов, как вы помните, – белковые молекулы. Каждая белковая молекула – предложение, цепь слов аминокислотного словаря. Мы можем читать эти предложения, как в их транслированной белковой форме, так и в оригинальной ДНК-форме. Хотя все живые существа имеют один и тот же словарь, они не сочиняют одних и тех же предложений на основе этого общего словаря. Это даёт нам возможность определить степень родства. Белковые предложения, хотя и различаются в деталях, но часто подобны в общем. У любой пары организмов всегда можно найти предложения, достаточно подобные, чтобы можно было не сомневаться в том, что они – слегка “искажённые” версии одного предкового. Мы уже видели это на примере незначительных различий между последовательностями гистонов у коров и гороха.

Систематики теперь могут сравнивать молекулярные предложения точно так же, как они сравнивали ранее кости ног или черепа. Большое подобие белковой или ДНК-последовательности можно трактовать как знак принадлежности близким родственникам; меньшие подобия – как принадлежность более отдалённым родственникам. Все эти предложения составлены из слов универсального словаря, содержащего не более 64 слов. Красота современной молекулярной биологии состоит в том, что мы можем измерить различие между двумя животными точно – как точное количество слов, различающихся в

соответствующих версиях конкретных предложений. Как и в генетическом гиперпространстве третьей главы, мы можем точно измерить, сколько шагов отделяют одно животное от другого - по крайней мере, применительно к конкретной белковой молекуле. Дополнительное преимущество использования в таксономии молекулярных последовательностей состоит в том, что, согласно одной влиятельной генетической школе, "нейтралистам" (мы встретим их ещё раз в следующей главе), большая часть эволюционных изменений, происходящих на молекулярном уровне, нейтральна. Это означает, что они возникают вследствие не естественного отбора, а продуктивной случайности, и следовательно, кроме как при случайной неудаче, проблема конвергенции не будет вводить в заблуждение систематика. И далее – как мы уже видели, любая молекула, похоже, эволюционирует с примерно постоянной скоростью у далеко различающихся групп животных. Это означает, что количество различий между сопоставимыми молекулами у двух животных, скажем, между цитохромом человека и цитохромом бородавочника – хорошее мерло времени, прошедшего с момента жизни их общего предка. Это довольно точные "молекулярные часы". Молекулярные часы позволяют нам оценивать не только у каких пар животных имеются ближайшие общие предки, но и примерное время жизни этого общего предка.

Здесь читатель может быть озадачен явной непоследовательностью. Вся эта книга подчеркивает первостепенную важность естественного отбора. Как же мы теперь можем подчеркивать хаотичность эволюционных изменений на молекулярном уровне? Предвосхищая главу 11, скажу, что на деле здесь нет никакой вражды с эволюцией адаптаций, что является главной темой этой книги. Даже самый горячий нейтралит не думает, что сложные рабочие органы, подобные глазам и рукам развились посредством случайного дрейфа. Всякий нормальный биолог согласится, что они могут развиваться лишь посредством естественного отбора. Нейтралисты лишь полагают (и по моему мнению – справедливо), что такие адаптации – лишь вершина айсберга: вероятно, наибольшее количество эволюционных изменений, а именно – изменений на молекулярном уровне, бесфункционально.

Поскольку молекулярные часы – это факт, и похоже на правду, что молекулы определённого вида изменяются за миллионы лет с присущим им характерным темпом, то мы можем использовать этот факт для датирования точек разветвления эволюционного древа. И если действительно верно, что большая часть эволюционных изменений на молекулярном уровне нейтральна, то это замечательный подарок для систематика. Это означает, что проблема конвергенции может быть снята при помощи статистики. Каждое животное имеет большой объём генетического текста, хранящегося в его клетках, и большая часть его, согласно нейтралитской теории, не имеет никакого отношения к его приспособленности к данным условиям жизни; текст, который в значительной степени не затрагивается отбором, и в значительной степени не является объектом конвергентной эволюции, кроме как в результате явной случайности. Вероятность того, что два больших фрагмента селективно-нейтрального текста будут случайно походить друг на друга, можно рассчитать, и она очень и очень низка. Еще важнее, что постоянный темп молекулярной эволюции позволяет нам практически датировать точки разветвления эволюционной истории.

Трудно преувеличить ту мощь, которую новые методы чтения молекулярных последовательностей добавили к арсеналу систематика. Конечно, пока ещё не все молекулярные последовательности, и не всех животных расшифрованы, но уже можно пойти в библиотеку, и посмотреть точную, дословную и побуквенную последовательность молекулярного предложения, такого как, скажем, "гемоглобин" в варианте собаки, кенгуру, колючего муравьеда, цыплёнка, гадюки, тритона, карпа, и человека. Не у всех животных есть гемоглобин, но есть другие белки, например гистоны, своя версия которых существует в каждом животном и растении, и опять же – многие из них можно уже посмотреть в библиотеке. И это не зыбкие характеристики, могущие, подобно длине ног или ширине черепа, зависеть от возраста и здоровья экземпляра, или даже от особенностей зрения исследователя. Это точно сформулированные альтернативные версии одного и того же предложения, на одном и том же языке, которые могут быть положены рядом, и сравнены так же скрупулёзно и точно, как

скрупулёзно греческий учёный мог бы сравнивать два пергамента с текстом одного и того же Евангелия. ДНК-последовательности - Евангелия всей жизни, и мы научились их расшифровывать.

Базовое положение систематики гласит, что близкие родственники будут иметь более совпадающие версии конкретного молекулярного предложения, чем более отдалённые. Это называется "принцип экономии". Экономия – другое название экономической скупости. Наш задача состоит в том, что исходя из набора животных, предложения которых известны, скажем, восьми животных, перечисленных в предыдущем параграфе, выяснить, какая из всех возможных древовидных диаграмм соединяет эти восемь животных наиболее экономно. Самое экономное дерево – это "экономически скупейшее" дерево предположений, в том смысле, что оно предполагает минимальное количество изменений слов в эволюции, и минимальное количество конвергенций. Мы вправе предполагать минимальное количество конвергенций на основании явного неправдоподобия. Маловероятно, особенно если учесть, что большая часть молекулярной эволюции нейтральна, что два неродственных животных натолкнутся на в точности ту же самую последовательность, дословно и побуквенно.

При попытке рассмотреть на все возможные деревья обнаруживаются вычислительные трудности. Когда нам нужно расклассифицировать только трёх животных, то возможных деревьев будет только три: А вместе с В, исключая С; А с С, исключая В; и В с С, исключая А. Можно проделать аналогичные вычисления для больших количеств животных, подлежащих классификации, но количество возможных деревьев круто возрастает. Когда нам нужно рассмотреть только четверых животных, то общее количество возможных деревьев родства равно 15, и пока что обозримо. Компьютеру не потребуется долго работать, чтобы выяснить, какое из этих 15 является наиболее скупым. Но если нужно рассмотреть 20 животных, то число возможных деревьев, составит 8 200 794 532 637 891 559 375 (см. рисунок 9). Наибыстрейшему на сегодняшний день компьютеру потребуется 10 000 миллионов лет (примерно возраст вселенной), чтобы вычислить скупейшее дерево для всего 20 животных. А систематики часто хотят строить деревья из более чем 20 животных.

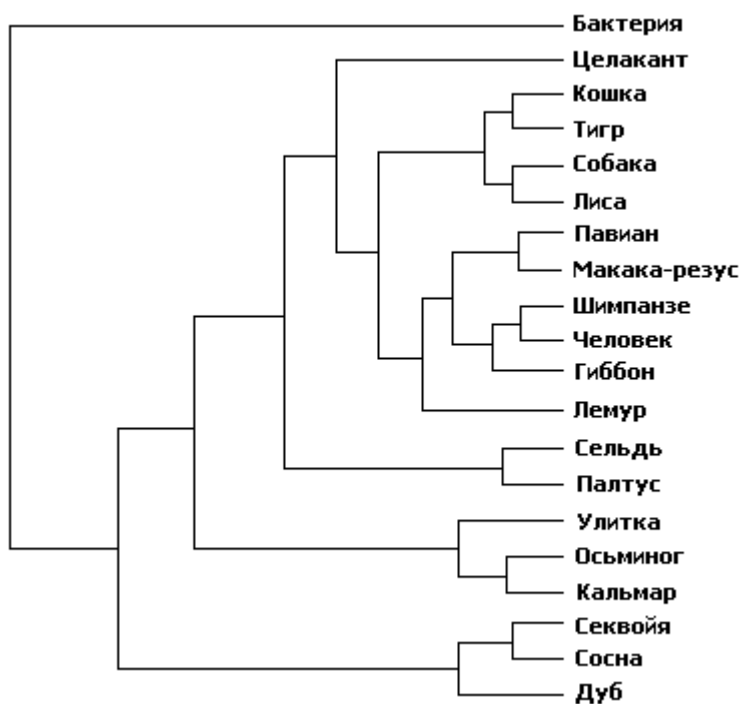


Рисунок 9.

Это генеалогическое древо правильно. Существуют также 8200794532637891559374 других способа классификации этих 20 организмов, и все они неправильны.

Хотя молекулярные систематики были первыми, осознавшие эту проблему взрывного роста вариантов, фактически она уже существовала и в недрах немолекулярной таксономии. Немолекулярные систематики просто уклонились от неё, делая интуитивные предположения. Из всех, в принципе возможных генеалогических деревьев, подавляющее большинство может быть отброшено сразу – например, все миллионы генеалогических деревьев, которые располагают людей ближе к дождевым червям, чем к шимпанзе. Систематики даже не взглянут на такие очевидно абсурдные деревья родства, но сосредоточатся на относительно немногих деревьях, которые не слишком радикально нарушают их предположения. Это видимо справедливо, хотя всегда есть опасность, что правильное, скупейшее дерево оказалось одним из тех, что были отвергнуты без рассмотрения. Компьютеры также можно запрограммировать на использование кратчайших путей, тем самым проблему взрывообразно больших чисел можно милосердно сократить.

Молекулярная информация настолько обильна, что позволяет нам многократно и независимо строить системы родства на основе различных белков. При этом мы можем использовать выводы, сделанные при изучении одной молекулы, для проверки выводов, сделанных на основании другой. Если нас беспокоит, что история, рассказанная одной белковой молекулой, на деле может быть результатом конвергенции, то мы можем безотлагательно проверить её, изучив другую. Конвергентная эволюция – это собственно особый вид случайного стечения обстоятельств. Особенность случайных совпадений состоит в том, что, даже если они, несмотря на редкость, однажды всё-таки случаются, то простое повторение их вероятно уже гораздо менее. И уж тем более низка их вероятность при трёхкратном повторении. Рассматривая всё больше и больше независимых белковых молекул, мы можем практически исключить случайное совпадение.

Например, одно исследование группы новозеландских биологов состояло в неоднократной (а именно пятикратной) независимой классификации 11 животных с использованием пяти различных белковых молекул. В эти 11 животных входили: овца, макака-резус, лошадь, кенгуру, крыса, кролик, собака, свинья, человек, корова и шимпанзе. Идея состояла в разработке дерева родства этих 11 животных сначала на основании одного белка. Затем построить аналогичное дерево на основании одного белка, и посмотреть, получилось ли оно тем же самым, что и в первом случае. Затем проделать то же самое для третьего, четвертого и пятого белка. Теоретически, если, к примеру, никакой эволюции фактически не было, то каждый из этих пяти белков, возможно даст совершенно отличное дерево "родства".

Все пять белковых последовательностей всех 11 животных были доступны в библиотеке. Для 11 животных возможно 654 729 075 деревьев отношений, которые нужно рассмотреть, используя обычные методы сокращения путей поиска. Для каждой из пяти белковых молекул компьютер напечатал скупейшие деревья родства - пять независимых лучших предсказаний истинного дерева родства этих 11 животных. Если бы все пять этих деревьев оказались бы идентичны, то это был бы самый красивый результат, на который можно было бы надеяться. Вероятность получения этого результата случайным совпадением крайне мала: это было бы число с 31 нулём после десятичной запятой. Мы не должны удивляться, если не сможем получить согласованность столь совершенную: некоторая конвергенция и случайные совпадения вполне ожидаемы. Нас должна беспокоить лишь существенная несогласованность этих деревьев. Фактически эти пять деревьев оказались не совсем идентичными, но очень подобными. Все пять молекул согласны в том, что человек, шимпанзе и макака близки друг другу, но есть некоторые разногласия по вопросу о том, какие животные ближе всего к этому кластеру: гемоглобин В говорит, что это собака, фибринопептид В говорит, что это крыса; фибринопептид А говорит, что это кластер, состоящий из крысы и кролика; гемоглобин А говорит, что это кластер, состоящий из крысы, кролика и собаки.

Мы имеем определенного общего предка с собакой, и другого общего предка с крысой. Эти два предка действительно существовали в свои моменты истории. Один из них должен быть современнее другого, так что или гемоглобин В, или фибринопептид В должен быть не прав в оценке эволюционных отношений. Как я уже сказал, такие незначительные несоответствия не

должны нас беспокоить. Мы вполне ожидаем какую-то конвергенцию и совпадения. Если на деле мы ближе к собаке, то это означает, что мы конвергентны с крысой в отношении нашего фибринопептида В. Если на деле мы ближе к крысе, то это означает, что мы конвергентны с собакой в отношении нашего гемоглобина В. Мы можем понять, какая идея из этих двух ближе к правде, рассмотрев ещё и другие молекулы. Но я не буду углубляться в эту тему: вопрос уже ясен.

Я говорил, что таксономия – один из наиболее злобно-сварливых разделов биологии. Стивен Гулд хорошо характеризовал её одной фразой "названия и злобствования". Похоже, систематики питают такую страстную любовь к своей научной школе, что она была бы более ожидаема в политической партии или экономической школе, чем в академической науке. Члены конкретной таксономической школы воспринимают себя как осаждённую общину братьев, подобную ранним христианам. Впервые я понял это, когда знакомый систематик, с тревогой на побелевшем лице сообщил мне "новости": что такой-то и такой-то (имя не имеет значения) "переметнулся к клейдистам".

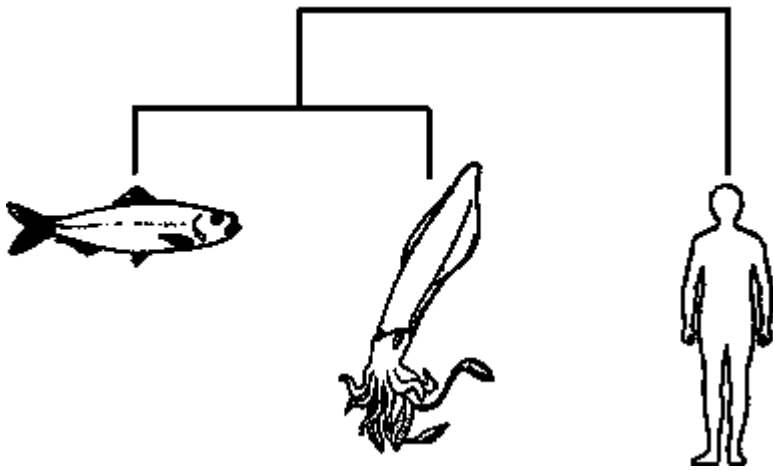
Нижеследующий краткий обзор таксономических школ вероятно вызовет некоторое раздражение кого-то из их приверженцев, но не большее, чем они обычно вызывают друг у друга, так что никакого особого вреда я не причиню. В понятиях их базовой философии, систематики распадаются на два главных лагеря. С одной стороны располагаются те, кто без колебаний признаёт своей открытой целью раскрытие эволюционных отношений. Для них (и для меня) хорошее таксономическое дерево – это генеалогическое древо эволюционных отношений. Когда вы составляете его, вы используете все методы, находящиеся в вашем распоряжении, чтобы делать лучшее предположение насчёт близости родства одного животного к другому. Найти общее название для этих систематиков трудно, потому что напрашивающееся название, "эволюционные систематики", уже занято одной узкой подшколой. Иногда их называют "филетиками". Пока что я писал эту главу с филетических позиций. Но есть много систематиков, которые, по, по-своему разумным причинам идут другим путём. Хотя они, вероятно, согласятся с тем, что конечная цель таксономии состоит в открытиях в области эволюционных отношений, они настаивают на отделении практики таксономии от теории - возможно эволюционной теории, которая бы подсказывала структуру подобий. Эти систематики изучают структуру подобий саму по себе. Они не выдвигают предварительных гипотез о том, что какая-то схема подобий обусловлена эволюционной историей, и является ли близкое подобие следствием близкого родства. Они предпочитают строить свою систематику, используя одну только систему подобий. В этом есть одно преимущество – если у вас есть какие-то сомнения насчёт истинности эволюции, вы можете использовать систему подобий для её проверки. Если эволюция истинна, то подобия животных должны отвечать некоторыми предсказуемыми схемам, особенно – схеме иерархического вложения. Если эволюция ложна, то кто его знает, какой системы подобий нам нужно ожидать, однако нет никаких явных причин ожидать вложенной иерархической системы. Эта школа настаивает, что если вы используете эволюцию при построении вашей систематики, то вы не можете использовать результаты вашей таксономической работы для поддержки истинности эволюции: это было бы циркулярным доказательством. Этот аргумент был бы важен, если бы у кого-нибудь были серьёзные сомнения в истинности эволюции. Опять же, трудно найти подходящее название для этой второй школы систематиков. Я буду называть их "измерителями чистого подобия".

Филетики, открыто стремящиеся выявить эволюционные отношения, далее разделяются на две школы. Это клейдисты, следующие принципам, провозглашённым в знаменитой книге Вилли Хеннига "Филетическая таксономия", и "традиционные" эволюционные систематики. Клейдисты помешаны на ветвлениях. Цель систематики для них состоит в обнаружении порядка ответвлений эволюционных линий друг от друга ходе эволюции. Их не волнует, как много (или немного) эти линии изменились, начиная с пункта ветвления. "Традиционные" (не воспринимайте это как ругательство) эволюционные систематики отличаются от клейдистов главным образом тем, что они не рассматривают эволюцию лишь как ветвление. Они также

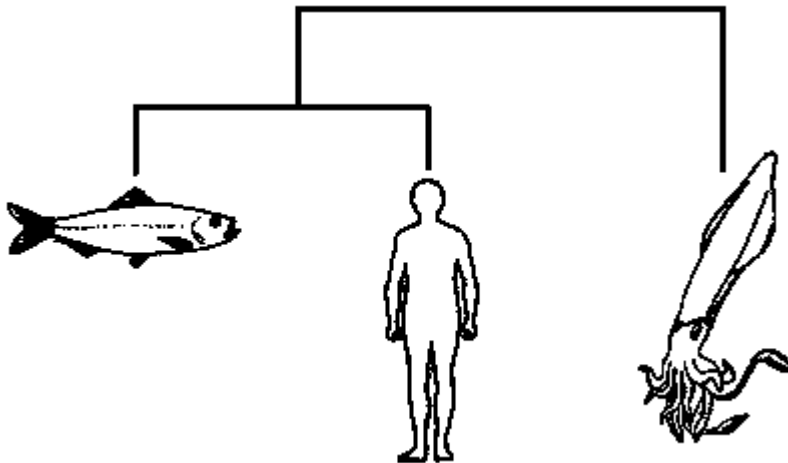
принимают во внимание всю совокупность изменений, происходящих в ходе эволюции, а не только ветвления.

Клейдисты с самого начала рассуждают в понятиях ветвления деревьев. Они начинают с умозрительной записи всех возможных ветвящихся деревьев для животных, с которыми они имеют дело (ветвления только двухсторонние, ибо терпению всех людей есть предел!). Как мы видели при обсуждении молекулярной таксономии, занятие это становится трудным, если мы пытаемся классифицировать много животных, так как количество возможных деревьев становится астрономически велико. Но мы также видели, что к счастью существуют обходные пути, и практически пригодные упрощения, что означает, такую работу практически можно проделать.

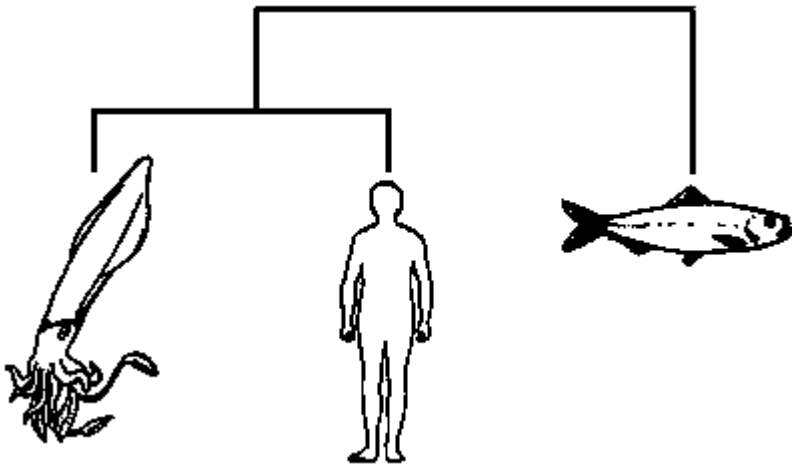
Если, для примера, мы пробуем расклассифицировать только трёх животных – кальмара, сельдь и человека, то мы сможем построить лишь три двухсторонне ветвящихся дерева, а именно:



1. Кальмар и сельдь - близко друг к другу, человек - поодаль.



2. Человек и сельдь - близко друг к другу, кальмар - поодаль.



3. *Кальмар и человек - близко друг к другу, сельдь - поодаль.*

Клейдисты рассмотрели бы каждое из трёх возможных деревьев, и выбрали бы лучшее. Как определяется лучшее дерево? В основном, это дерево, объединяющее животных, имеющее больше всего общих признаков. Мы обозначаем как "отдалённое" такое животное, которое имеет меньше всего признаков, общих с двумя другими. Из трёх вышеприведённых деревьев следует предпочесть второе, потому что между человеком и сельдью намного больше общих признаков, чем между кальмаром и сельдью, или между кальмаром и человеком. Кальмар – отдалённое животное, потому что у него мало признаков, общих с человеком или сельдью.

Фактически, это не просто лишь подсчёт общих признаков, потому что некоторые виды признаков преднамеренно игнорируются. Клейдисты хотят придать особый вес недавно возникшим признакам. Например, древние признаки, которые все млекопитающие унаследовали от общего предка, бесполезны для составления классификаций самих млекопитающих. Методы, используемые ими для определения древности признака, интересны, но они увели бы нас за пределы интересов нашей книги. Главное, что нужно помнить здесь, что, по крайней мере - в принципе, клейдист размышляет обо всех возможных раздваивающихся деревьях, в которые можно было бы объединить множество животных, с которыми он работает, и пытается выбрать из них одно правильное. Настоящего клейдиста нисколько не смущает тот факт, что он рассуждает о ветвящихся деревьях, или "клейдограммах" как генеалогических деревьях близости эволюционного родства.

Доведённая до крайности, идея голых ветвлений может дать странные результаты. Теоретически возможно, что вид будет детально идентичен своему отдалённому родственнику, и при этом чрезвычайно отличаться от родственника более близкого. Например, предположим, что жили 300 миллионов лет назад два очень сходных вида рыб, назовём их Иаков и Исаия. Оба эти вида основали династии потомков, которые живут и по сей день. Потомки Исаии пребывают в стазисе. Они продолжали жить в глубоком море, не эволюционируя. В результате современный потомок Исаии является по существу тем же самым Исаией, и следовательно, очень похож на Иакова. Потомки Иакова эволюционировали и распространились. Они, в конечном счёте породили всех современных млекопитающих. Но одна линия потомков Иакова тоже стагнировала в глубоком море, и также имеет современных потомков. Эти современные потомки – рыбы, которые настолько похожи на современных потомков Исаии, что их трудно различить.

Тогда как мы будем классифицировать этих животных? Традиционный эволюционный систематик признал бы большое подобие примитивных глубоководных потомков Иакова и Исаии между собой, и поместил бы их в классификации рядом. Строгий клейдист не может этого сделать. Глубоководные потомки Иакова, несмотря на то, что они выглядят точно так же, как глубоководные потомки Исаии, являются однако более близкими родственниками млекопитающим. Их общий предок с млекопитающими жил позже, пусть даже чуть позже, чем

их общий предок с потомками Исаии. Поэтому они их нужно классифицировать вместе с млекопитающими. Это может выглядеть странно, но лично я могу смотреть на это совершенно спокойно. Это, по крайней мере, предельно логично и ясно. Достоинства есть и у клейдизма, и у традиционной эволюционной таксономии, и мне практически без разницы, как люди классифицируют животных, если они чётко сообщают мне, как именно они это делают.

Обратимся теперь к другой главной школе таксономии, “измерителям чистого подобия”. Их тоже можно разделить на две секции. Обе секции соглашались изгонять эволюцию из своих ежедневных рассуждений при работе над систематизацией. Но у них нет согласия по конкретным процедурам систематизации. Одну их секцию иногда называют “фенетиками”, а иногда - “числовыми систематиками”. Я буду называть их “измерителями среднего расстояния”. Другая секция “измерителей подобия” называет себя “преобразованные клейдисты”. Это неудачное название - хотя бы потому, эти люди - не клейдисты! Когда Юлиан Хаксли изобрёл термин “клейд”, он ясно и однозначно определил его в понятиях эволюционного ветвления и эволюционного происхождения. Клейд – это множество всех организмов, происходящих от конкретного предка. Так как главная идея “преобразованных клейдистов” состоит в избегании всех упоминаний эволюции и наследования, то они не имеют разумных оснований называть себя клейдистами. Причина такого названия находится в их истории: они начинали как настоящие клейдисты, и сохранили некоторые методы клейдистов, отказываясь от их фундаментальной философии и рассуждений. Полагаю, что у меня нет никакого выбора, кроме как называть их преобразованными клейдистами, хотя я делаю это с отвращением.

Измерители среднего расстояния не только отказываются использовать эволюцию в своей таксономии (хотя все они верят в неё). Они последовательны в этом настолько, что даже не предполагают, что схема подобия обязательно будет просто разветвляющейся иерархией. Они пытаются привлечь методы, раскрывающие иерархическую схему - если она действительно там есть, и не пытаются, если её там нет. Они пытаются попросить природу сказать им, действительно ли она организована иерархически? Это нелёгкая задача, а вероятно честнее сказать, что доступных методов для достижения этой цели нет. Однако их цель, как мне кажется, одного сорта с похвальной целью ухода от предвзятых мнений. Их методы часто довольно изощрены и математизированы, и они столь же подходят для классификации неживых предметов, например камней или археологических находок, столь и для классификации живых организмов.

Они обычно начинают с измерения всего, что можно у своих животных. Вам возможно интересны методы интерпретации этих измерений, но я не буду углубляться в них. В конечном итоге все измерения сводятся вместе, и вырабатывается индекс подобия (или его антипод, индекс различий) между всеми этими животными. Если хотите, можете визуально представить этих животных как облака точек в пространстве. Крысы, мыши, хомяки, и т.д. находились бы в одной области пространства. На отдалении, в другой части пространства, находилось бы другое небольшое облако, состоящее из львов, тигров, леопардов, гепардов, и т.д. Расстояние между любыми двумя точками пространства – есть мера “похожести” этих двух животных, оценённая по комбинации большого количества их признаков. Расстояние между львом и тигром мало - как и расстояние между крысой и мышью. Но расстояние между крысой и тигром, или мышью и львом, велико. Комбинирование признаков обычно делается с помощью компьютера. Пространство, в котором находятся эти животные, в чём-то похоже на Страну Биоморф, но “расстояния” в нём отражают скорее телесное подобие, чем генетическое.

Вычислив индекс среднего подобия (или расстояние) между всеми животными, компьютер затем просматривает множество расстояний (подобий) и пытается выстроить их в иерархическую кластерную схему. К сожалению имеются разногласия насчёт того, какими вычислительными методами следует искать кластеры. Не существует какого-то одного, безусловно корректного метода; не все методы дают один и тот же ответ. Хуже того, возможно, что некоторые компьютерные методы норовят “перестараться” и “увидеть” иерархически организованные кластеры внутри других кластеров, даже если их там на деле нет. Школа “измерителей расстояния”, или “числовых систематиков”, в последнее время как-то вышла из

моды. На мой взгляд, их немодность является временной, как это часто бывает с модами, и этот вид "численной таксономии" ни в коем случае не должен сбрасываться со счетов. Я предвижу её возвращение. Другая секция "измерителей чистого подобия" - это те, кто по вышеизложенным историческим причинам называет себя "преобразованными клейдистами". И злобность исходит, главным образом, именно из этой группы. Я не буду следовать обычной практике рассмотрения их исторических корней в рядах настоящих клейдистов. В своей базовой философии, так называемые преобразованные клейдисты имеют больше общего с другой секцией измерителей чистого подобия, которые часто называются "фенетиками" или "числовыми систематиками"; мы только что рассмотрели их под названием "измерители среднего расстояния". Общей у них является антипатия к вовлечению эволюции в практику таксономии, хотя это не обязательно означает какую-то враждебность идее самой эволюции.

С истинными клейдистами преобразованные разделяют многие практические методы. И те, и те сразу рассуждают в понятиях раздваивающихся деревьев. И те, и те отбирают одни типы характеристик как таксономически важные, другие – как таксономически несущественные. Они отличаются логическим обоснованием этой дискриминации. Подобно измерителям среднего расстояния, преобразованные клейдисты не занимаются построениями генеалогических деревьев. Они ищут деревья чистого подобия. Они, как и измерители среднего расстояния, оставляют открытым вопрос о том, отражает ли подобие эволюционную историю. Но в отличие от измерителей расстояния, которые, по крайней мере в теории, готовы разрешить природе сообщить им, в самом ли деле она организована иерархически, преобразованные клейдисты этим вопросом не задаются, априори полагая ответ утвердительным. Это - аксиома, догмат их веры в то, что всё должно классифицироваться в ветвящиеся иерархии (или, что эквивалентно, во вложенные группы). Поскольку ветвящееся дерево само по себе не имеет никакого отношения к эволюции, его не требуется применять только к живым существам. Методы преобразованных клейдистов, если верить их защитникам, могут использоваться для классификации не только животных и растений, но и камней, планет, книг в библиотеке и горшков бронзового века. Другими словами, они не подписались бы под выводом, сделанным мною при сравнении с библиотекой, что эволюция - единственное стоящее основание для уникально иерархической классификации.

Измерители среднего расстояния, как мы видели, определяют, как далеко находится одно животное от другого, где "далеко", означает "не похоже" а "близко" означает "похоже". Только тогда, вычислив своего рода сводный средний индекс подобия, они пробуют интерпретировать эти результаты в понятиях ветвления, иерархии вложенных кластеров, или древовидной диаграммы. Преобразованные клейдисты, напротив (как и истинные клейдисты, которыми они когда-то были), мыслят в понятиях кластеров и ветвлений с самого начала. Как и истинные клейдисты, они начинают, по крайней мере, в принципе, фиксировать все возможные раздваивающиеся деревья, и затем выбирают лучшее.

Но о чём они фактически говорят, когда рассматривают каждое возможное "дерево", и какое дерево они полагают лучшим? Какому гипотетическому состоянию мира соответствует каждое дерево? Для истинного клейдиста, последователя У. Хеннига, ответ совершенно ясен. Каждое из 15 возможных деревьев, объединяющих четырёх животных, является предположительным генеалогическим древом. Из всех этих 15 мыслимых генеалогических деревьев, одно, и только одно может быть правильным. История происхождения животных реально разворачивалась в мире. Если предположить, что все ветвления – двусторонние, то существуют 15 возможных историй. Четырнадцать из них должны быть неправильны; правильной может быть только одна; только одна может отражать путь, которым история действительно шла. Из всех 135 135 возможных генеалогических деревьев, максимально возможных у 8 животных, 135 134 должно быть неправильно. Лишь одно отражает историческую правду. Понять, какое из них правильно, возможно нелегко, но истинный клейдист может быть хотя бы уверен в том, что правильно не более одного.

Но чему эти 15 (или 135 135, или неважно сколько) возможных деревьев (и среди них - одно правильное), соответствуют в неэволюционном мире преобразованных клейдистов? Ответ,

который дал мой коллега и бывший студент Марк Ридли в своей книге “Эволюция и классификация”, гласит: “ничего особенного”. Преобразованный клейдист отказывается допускать концепцию наследования в его построения. “Предок”, для него – ругательное слово. Но с другой стороны, он настаивает, чтобы классификация была разветвляющейся иерархией. Тогда, если 15 (или 135 135) возможных иерархических деревьев – это не деревья истории наследования, то что же, чёрт возьми, они есть? Не остаётся ничего другого, кроме как обратиться к древней философии за некой неясной, идеалистической уверенностью, что мир просто организован иерархически; неким понятием, что всё в мире имеет свою “противоположность”, мистический “Инь” и “Янь”. Нет ничего более конкретного, чем это. Разумеется, в неэволюционном мире преобразованных клейдистов невозможно делать сильные и чёткие утверждения типа “только одно из 945 возможных деревьев, объединяющих 6 животных может быть правильно; все остальные – нет”.

Почему у преобразованных клейдистов “предок” - ругательное слово? Надеюсь, не потому, что они полагают, что никаких предков никогда не было. Скорее потому, что, как они решили, предки не должны иметь места в таксономии. Эта позиция оправдана, и отвечает потребностям повседневной практики таксономии. Фактически ни один клейдист не рисует плоть и кровь предков на генеалогических деревьях, хотя традиционные эволюционные систематики иногда так делают. Клейдисты всех направлений трактуют все отношения между реальными, наблюдаемыми животными как родственные только для проформы. Это совершенно разумно. Что же неразумно, так это доводить эту позицию до табу на саму концепцию предка, на использование понятия “предок” для поддержки фундаментального объяснения причин принятия иерархически ветвящегося дерева за основу вашей таксономии.

Я оставил на десерт самую странную особенность таксономической школы преобразованных клейдистов. Не довольствуясь совершенно разумной верой в то, что можно многое сказать в пользу исключения эволюционных и наследственных предположений из практики таксономии, верой, которую они разделяют с фенетическими “измерителями расстояний”, некоторые преобразованные клейдисты, дошли до крайности и заключили, что есть что-то ошибочное в самой концепции эволюции! Это настолько странно, что в это почти невозможно поверить, однако часть ведущих “преобразованных клейдистов” открыто высказывает настоящую враждебность самой идее эволюции, особенно – дарвинистской теории. Двое из них, Г. Нельсон и Н. Платник из американского музея естествознания Нью-Йорка, дошли до того, чтобы написать, что “Дарвинизм ... это, вкратце, теория, которая была подвергнута испытанию и признана ложной”. Я страстно хочу узнать, что это было за “испытание”, и более того, я страстно хочу узнать, какой альтернативной теорией Нельсон и Платник объяснили бы явления, объясняемые дарвинизмом, особенно - адаптивную сложность.

Это не означает, что всякий преобразованный клейдист – это фундаменталистский креационист. Я понимаю это как то, что они наслаждаются преувеличенной важностью таксономии в биологии. Они решили, возможно справедливо, что они могут сделать таксономию лучше, если забудут про эволюцию, и особенно, если они никогда не используют концепцию предка в таксономических построениях. Например исследователь, изучающий нервные клетки, может решить, что ему не помогут мысли об эволюции. Специалист по нервам согласен, что его нервные клетки – продукты эволюции, но ему не нужно использовать этот факт в своих исследованиях. Ему нужно много знать в области физики и химии, но он полагает, что дарвинизм неуместен в его повседневных исследованиях нервных импульсов. Это оправданная позиция. Но у вас нет разумных оснований говорить, что, поскольку вам не нужно использовать некую теорию в повседневной практике вашей конкретной ветви науки, то следовательно, эта теория ложна. Такое вы скажете лишь тогда, когда у вас имеется в высшей степени грандиозная оценка важности именно вашей ветви науки.

Но даже в этом случае это не логично. Физику конечно не нужен дарвинизм, чтобы работать в физике. Он может даже полагать, что биология – тривиальный предмет по сравнению с физикой. Из этого могло бы следовать, что, по его мнению, дарвинизм имеет незначительную важность в науке. Но он не может из этого на разумных основаниях заключить, что он ложен!

Но в сущности именно так некоторые лидеры школы преобразованных клейдистов и делают. Обратите внимание, Нельсон и Платник использовали однозначное слово "ложный". Излишне говорить, что эти слова включили чувствительные микрофоны, упомянутые мною в предыдущей главе, и в результате получилась значительная реклама. Им воздали честь в фундаменталистской креационистской литературе. Недавно, когда ведущий преобразованный клейдист приехал прочесть гостевую лекцию в моём университете, он собрал большую толпу, чем любой другой гостевой лектор в этом году! И нетрудно понять, почему.

Нет никаких сомнений в том, что замечания, подобные вышеприведённому: "дарвинизм ... - теория, которая была подвергнута испытанию и признана ложной", исходящие от солидных биологов в штате уважаемого национального музея, будут и закуской и выпивкой для креационистов и прочих, активно заинтересованных в фабрикации фальшивок. Это единственная причина, по которой я побеспокоил моих читателей темой преобразованного клейдизма. Как более мягко сказал Марк Ридли в рецензии на книгу, в который Нельсон и Платник сделали это замечание насчёт ложности дарвинизма, "Кто знает, может быть всё, что они действительно подразумевали, состояло в том, что предковый вид слишком ненадёжен, чтобы быть представленным в клейдистической классификации? Конечно выявить точную идентичность предков трудно, и здесь хороший случай для того, чтобы даже не пытаться это делать." Но делать заявления, побуждающие других делать выводы, что никаких предков никогда не было, это насилие над языком, и предательство правды.

Пойду-ка я лучше покопаюсь в саду...

Глава 11

Обречённые конкуренты

В реальности эволюции не сомневается ни один серьёзный биолог – как не сомневается он и в том, что все живые существа являются родственниками друг друга. Однако у некоторых биологов были сомнения в правильности объяснения теорией Дарвина того, как именно эволюция протекала. Иногда это оказывается лишь спором о словах. Например, теорию пунктирной эволюции можно подать как анти-дарвиновскую, однако как я показал в 9-й главе, она в действительности является незначительной вариацией дарвинизма, и ни каким боком не принадлежит к конкурирующим теориям. Но существуют и другие теории, которые совершенно однозначно не являются версиями дарвинизма; теории, идущие категорически против самого его духа. Эти конкурирующие теории и есть предмет этой главы. В них входят различные версии того, что называется ламаркизмом, а также другие точки зрения – такие, как "нейтрализм", "мутационизм" и креационизм, которые время от времени выдвигались как альтернативы дарвиновскому отбору.

Очевидный способ выбора между конкурирующими теориями состоит в исследовании доказательств. Например, теории ламаркистского типа традиционно заслуженно отвергаются, ибо в их пользу до сих пор не найдено хороших свидетельств (и не по причине отсутствия энергичных попыток - были случаи фабрикации фанатиками фальшивых доказательств). В этой главе я пойду другим путём - в значительной степени потому, что очень много других книг уже изучили доказательства, и склонились в пользу дарвинизма. Вместо исследования свидетельств за и против, я применю более кабинетный подход. Моим аргументом будет тот факт, что дарвинизм является единственной известной теорией, в принципе способной объяснить некоторые аспекты жизни. И если я прав, то, даже если и не существует никаких фактических свидетельств в пользу дарвиновской теории (а они конечно существуют), мы тем не менее будем вправе предпочесть её всем конкурирующим.

Один из способов драматизировать эту посылку - сделать предсказание. Итак, предсказываю: если когда-нибудь, в какой-нибудь другой части вселенной обнаружится какая-то форма жизни, то как бы диковинно и сверхъестественно чуждой ни была для нас эта форма жизни в конкретных проявлениях, она будет похожа на земную в одном ключевом отношении –

её породит какой-то вид дарвиновского естественного отбора. К сожалению, по всей вероятности, мы не будем в состоянии проверить это предсказание в течение нашей жизни, но тем не менее – это путь подчёркивания важной правды про жизнь на нашей собственной планете. Дарвиновская теория в принципе способна объяснить жизнь. Никакая другая, когда-либо предлагавшаяся теория, в принципе неспособна объяснить её. Я продемонстрирую это, обсуждая все известные конкурирующие теории, причём не свидетельства за или против, а их принципиальную адекватность для объяснения жизни.

Прежде всего, я должен объяснить, что я имею в виду под "объяснением жизни". Конечно, можно перечислить много свойств живых существ, и некоторые из них можно объяснить конкурирующими теориями. Мы видели, что многие факты различий белковых молекул могут быть следствием нейтральных генетических мутаций, а не дарвиновского отбора. Но есть одно особенное свойство живых существ, которое я хочу выделить, ибо оно объяснимо только дарвиновским отбором. Это свойство проходит красной нитью по всей этой книге; это - адаптивная сложность. Живые организмы хорошо приспособлены к выживанию и воспроизводству в своих окружающих средах, и инструменты этой приспособленности слишком многочисленны и статистически невероятны, чтобы возникать благодаря одному дару судьбы. Вслед за Пали, я использовал пример глаза. Две или три "хорошо-спроектированные" особенности глаза предположительно могли возникнуть в результате единственной счастливой случайности. Но большое количество взаимосвязанных частей, хорошо приспособленных к видению, и хорошо пригнанных друг к другу, требуют особого объяснения за пределами простой случайности. Конечно, дарвиновское объяснение тоже включает в себя случайность – мутации. Но случайности с нарастанием фильтруются отбором, шаг за шагом, поколение за поколением. В других главах показано, что эта теория способна удовлетворительно объяснить адаптивную сложность. В этой главе я докажу, что все другие известные теории на это не способны.

Первым давайте рассмотрим самого знаменитого исторического конкурента дарвинизма - ламаркизм. Когда ламаркизм был впервые предложен в начале девятнадцатого века, то он не был конкурентом дарвинизма; о дарвинизме тогда ещё никто не думал. Шевалье де Ламарк опередил своё время. Он был одним из интеллектуалов 18-го века, склонявшихся в пользу эволюции. В этом он был прав, и за одно это он заслуживает уважения, наряду с дедом Чарльза Дарвина Эразмом, и другими. Ламарк предложил лучший теоретический механизм эволюции, который можно было предложить в то время, но нет оснований полагать, что, если бы в это время уже были высказаны механизмы дарвиновской теории, то он отверг бы их. Но тогда они не были высказаны. К несчастью для Ламарка, его имя (по крайней мере - в англоговорящем мире), стало синонимом ошибки – из-за предложенных им теоретических механизмов эволюции, хотя он совершенно правильно верил в то, что эволюция имела место. Это не историческая книга, поэтому я не буду предпринимать попыток академического анализа, что именно сказал сам Ламарк. В фактических высказываниях Ламарка была доза мистики – например, он так истово верил в прогресс, что многие люди, даже сегодня, представляют себе жизнь в виде некоей прогрессивной лестницы; также он говорил о борьбе за существование животных, словно они, в каком-то смысле, сознательно желали эволюционировать. Я возьму от ламаркизма те немистические элементы, которые, по крайней мере на первый взгляд, имеют спортивный шанс реально поспорить с дарвинизмом. Этих элементов, единственных, принятых современными "неоламаркистами", в сущности два: наследование приобретённых характеристик, и принцип использования-неиспользования.

Принцип использования-неиспользования гласит, что те части тела организма, которые активно используются, становятся больше. Те же части, которые не используются, имеют склонность к усыханию. Это верный наблюдаемый факт - когда вы упражняете конкретные мышцы, они растут; мышцы, никогда не используемые, съёживаются. Исследуя тело человека, мы можем сказать, какие мышцы он использует, а какие - нет. Мы даже способны предположить его профессию или способ отдыха. Энтузиасты культа "бодибилдинга" активно используют принцип использования-неиспользования для "постройки" своих тел, почти как

частей скульптуры, в любую, даже неестественную форму, требуемую модой этой необычной субкультуры. Мышцы – это не единственные части тела, которые откликаются на использование таким образом. Гуляя босиком, вы приобретёте более жесткую кожу на ступнях. Легко отличить фермера от банковского клерка, глядя лишь на их руки. Руки фермера мозолистые, жёсткие от долгой тяжёлой работы на открытом воздухе. На руках же клерка если и есть мозоль, то это лишь небольшая мозоль на пишущем пальце.

Принцип использования-неиспользования позволяет животным улучшаться в ходе деятельности по выживанию в их мире, прогрессивно улучшаться в течение жизни, по результатам этой жизни в нём. Вследствие прямой экспозиции солнечного света, или её отсутствию, у людей развивается тот цвет кожи, который позволяет им лучше выживать в конкретных локальных условиях. Излишнее солнечное облучение опасно. Энтузиаст солнечных ванн с очень светлой кожей подвержен раку кожи. С другой стороны, недостаток солнечного света ведёт к дефициту витамина D и рахиту, иногда наблюдаемому у генетически чернокожих детей, живущих в Скандинавии. Коричневый пигмент меланин, синтезирующийся под влиянием солнечного света, образует экран, защищающий глубокие ткани от вредного воздействия излишнего солнечного света. Если загорелый человек переезжает в менее солнечную местность, меланин исчезает, и тело получает возможность извлечь пользу из того скудного солнечного света, который там имеется. Этот факт может быть представлен как пример принципа использования-неиспользования в действии: кожа становится коричневой, когда "используется", и обесцвечивается, когда "не используется". Конечно, некоторые тропические расы наследуют густой меланиновый экран вне зависимости от того, подвергались ли лично они действию солнечного света, или нет.

Теперь обратимся к другому главному принципу ламаркизма – идее, что такие приобретённые характеристики затем будут унаследованы будущими поколениями. Все факты свидетельствуют, что эта идея просто ложна, но большую часть истории она полагалась истинной. Ламарк не изобретал её, а просто принял народную мудрость своего времени. В определённых кругах в неё верят до сих пор. У моей матери была собака, которая иногда изображала хромоту, поджимая одну заднюю лапу, и хромая на остальных трёх. У соседки был более старый пёс, к сожалению потерявший одну заднюю лапу в автомобильной катастрофе. Она была убеждена, что её пёс являлся отцом собаки моей матери, доказывая это тем, что она очевидно унаследовала его хромоту. Народная мудрость и сказки заполнены подобными легендами. В наследование приобретённых качеств верят, или хотят верить многие люди. До начала двадцатого века эта теория наследственности доминировала даже среди серьёзных биологов. В неё верил сам Дарвин, но его эволюционная теория абстрагировалась от конкретики механизмов наследования, поэтому эта теория наследования не связана с Дарвином в наших умах.

Если вы связываете воедино наследование приобретённых признаков, и принцип использования-неиспользования, то получаете то, что напоминает хороший рецепт эволюционных усовершенствований. Именно этот рецепт обычно обозначается эволюционной теорией Ламарка. Если последовательные поколения, ходя босиком по грубой земле, повышают жёсткость своих ступней, то каждое следующее поколение, как гласит эта теория, будет обладать чуть более жёсткой кожей, чем предыдущее. Каждое поколение будет иметь преимущество над предшествующим. В конце концов, младенцы будут рождаться с уже жёсткими подошвами (что действительно так, хотя, как мы увидим, по другой причине). Если последовательные поколения греются на тропическом солнце, они будут становиться всё более и более коричневыми, так как, согласно ламаркистской теории, каждое поколение унаследует часть загара предыдущей. Однажды они станут рождаться совсем чёрными (что, опять же, так и будет, но не по ламаркистским причинам).

Хрестоматийные примеры - руки кузнеца и шея жирафа. В тех деревнях, где кузнец наследовал это ремесло от отца, деда и прадеда, ему внушалось, что он наследовал свои тренированные мышцы отчасти и от его предков. Не только наследовал, но и сам наращивал их посредством упражнения, и передавал эти улучшения своему сыну. Предкам жирафов с

короткими шеями было отчаянно нужно дотянуться до высоко расположенных листьев на деревьях. Они мощно тянулись вверх, тем самым растягивая кости и мышцы шеи. Каждое поколение достигало слегка более длинной шеи, чем предшествующее, и передавало её в стартовую точку следующего. Весь эволюционный прогресс, согласно чистой ламаркистской теории, отвечает этой схеме. Животное стремится к чему-то, что ему нужно. В результате, те части тела, которые используются в этом стремлении, становятся больше, или как-то иначе изменяются в соответствующем направлении. Это изменение наследуется следующим поколением, чем и достигается процесс. У этой теории есть преимущество, заключающееся в её нарастающем характере. А это, как мы видели, принципиальный компонент любой эволюционной теории, которой надлежит исполнить свою роль в нашем мировоззрении.

Похоже, что теория Ламарка обладает большой эмоциональной привлекательностью – не только для обывателей, но и для некоторых интеллектуалов. Ко мне однажды обратился коллега, знаменитый марксистский историк, в высшей степени культурный и начитанный человек. Он сказал, что понимает, что все факты говорят против теории Ламарка, но может быть всё-таки есть какая-нибудь надежда, что она окажется истинной? Я ответил, что по моему мнению, надежды нет – что он воспринял с искренним сожалением, говоря, что он, по идеологическим причинам, хотел бы, чтобы ламаркизм был прав. Из этой правоты вытекали бы позитивные надежды на улучшение человечества. Джордж Бернард Шоу посвятил одно из своих огромных предисловий (к книге “Назад к Мафусаилу”) страстной защите наследования приобретённых характеристик. Его уверенность не базировалась на биологических знаниях, которых, как он весело признавался, у него не было вовсе. Она основывалась на эмоциональном отвращении к дарвинизму, как “сюжету про слепой случай”:

Это кажется так просто, потому что вы сначала не понимаете всего, что сюда впутано. Но когда вся значимость этого проясняется для Вас, ваше сердце тонет в куче песка внутри Вас. Здесь есть отвратительный фатализм, ужасное и омерзительное принижение красоты и ума, силы и воли, чести и стремления...

Артур Кестлер был другим выдающимся писателем, который не мог терпеть то, что он рассматривал как суть дарвинизма. Как саркастически, но правильно выразился Стивен Гулд: “Во всех своих последних шести книгах, Кестлер проводил “кампанию против своего непонимания дарвинизма””. Он искал прибежище в альтернативе, которая никогда не была до конца ясна и мне, которую однако можно интерпретировать как смутную версию ламаркизма.

Кестлер и Шоу были индивидуалистами, думавшими о себе. Их эксцентричные взгляды на эволюцию вероятно не имели большого влияния, хотя я со стыдом вспоминаю, что когда я был подростком, то моя собственная оценка дарвинизма, по крайней мере в течение года, поддерживалась чарующей риторикой Шоу в “Назад к Мафусаилу”. Эмоциональная привлекательность ламаркизма, и сопровождавшая её эмоциональная враждебность к дарвинизму, случалось, приводила к более зловещим последствиям, когда бралась на вооружение господствующими идеологиями, выступавшими в качестве суррогата мысли. Т. Д. Лысенко был второразрядным агроселекционером, ничем не знаменитым, кроме как в области политики. Его анти-менделевский фанатизм, пылкая и догматичная вера в наследование приобретённых характеристик, без вреда проигнорировались бы в большинстве цивилизованных стран. К сожалению, ему довелось жить в стране, в которой идеология имела большее значение, чем научные истины. В 1940-м году он был назначен директором Института Генетики СССР, чем приобрёл большое влияние. Его невежественные взгляды на генетику стали на многие годы единственно разрешёнными к преподаванию в советских школах. Неисчислимый ущерб был нанесён советскому сельскому хозяйству. Многие видные советские генетики были изгнаны, сосланы в ссылки, или брошены в тюрьмы. Например, Н. И. Вавилов, всемирно известный генетик, умер от недоедания в глухой тюремной камере, после длительного судебного процесса по нелепому сфабрикованному обвинению в “шпионаже в пользу Англии”.

Доказать, что приобретённые характеристики никогда не наследуются, невозможно. По той

же самой причине (*один из законов Аристотелевой логики: невозможно строго доказать несуществование чего-либо – А.П.*) мы не можем доказать и то, что фей не существует. Все мы можем сказать, что визуальные наблюдения фей никогда не подтверждались, а их предполагаемые фотографии были квалифицированы как явные фальшивки. То же самое верно для предполагаемых человеческих следов в Техасских лежбищах динозавров. Любое категорическое утверждение, что дескать фей не существует, уязвимо: кто знает, вдруг однажды я всё-таки увижу маленького человечка с прозрачными крылышками в конце моего сада? Подобный статус имеет и теория наследования приобретённых характеристик. Почти все попытки продемонстрировать эффект просто терпели неудачу. Из тех же редких, что вроде бы были успешны, некоторые оказались фальшивками; например, печально известная инъекция туши под кожу жабы-повитухи, пересказанная Артуром Кестлером в его книге с тем же названием. Остальные попытки не удалось повторить другими исследователями. Но опять же, подобно тому, как кто-нибудь, будучи трезвым и с фотоаппаратом, сможет однажды доказать, что увидел фею в конце сада, так и кто-нибудь сможет однажды подтвердить, что приобретённые характеристики могут быть унаследованы.

Однако тут можно сказать немного больше. Некоторые вещи, надёжных наблюдений которых никогда было, тем не менее правдоподобны, постольку поскольку они не подвергают сомнению всё остальное, что мы знаем. Я не видел хороших свидетельств в пользу теории, что плезиозавр и сегодня живёт в озере Лох-Несс, но моё мировоззрение не было бы ниспровергнуто, если бы он там всё-таки был найден. Я был бы лишь удивлён (и восхищён), потому что никаких окаменелостей плезиозавра в слоях, более поздних, чем 60 миллионов лет назад, не известно, а это очень долго для выживания маленькой реликтовой популяции. Но эта находка не ставила бы под угрозу какие-то базовые научные принципы. Это просто реальная действительность. С другой стороны, наука наработала хорошее понимание того, что и как происходит во вселенной, понимание, которое хорошо срабатывает в отношении огромного множества явлений, и некоторые утверждения были бы несовместимы, или по крайней мере - очень плохо совместимы с этим пониманием. Это относится к, например, утверждению, что, согласно Библии, что вселенная была создана только примерно 6 000 лет назад. Эта теория не просто не подтверждена. Она несовместима не только с ортодоксальной биологией и геологией, но также с физической теорией радиоактивности и с космологией (мы не должны видеть небесных тел, удалённых более чем на 6 000 световых лет, если ничего старше 6 000 лет не существует; не должен быть виден ни Млечный путь, ни любая из 10 000 миллионов других галактик, существование которых подтверждает современная космология).

Были времена в истории науки, когда вся устоявшаяся наука справедливо отбрасывалась единственным противоречащим фактом. Было бы высокомерием утверждать, что таких ниспровержений никогда больше не будет. Но мы, естественно и справедливо, требуем более высокой строгости доказательств подлинности факта, который мог бы перевернуть большое и процветающее научное здание вверх тормашками, чем факта, даже удивительного, который бы с готовностью воспринят существующей наукой. Для подтверждения существования плезиозавра в Лох-Нессе я бы счёл достаточным свидетельство моих глаз. Если бы я увидел человека, поднимающего самого себя за шиворот, то перед тем, как ниспровергнуть все законы физики, я бы предположил, что стал жертвой галлюцинации или фокуса. Существует континуум - от теорий, которые вероятно неверны, но легко могли бы такими быть, до теорий, которые могут быть истинными лишь ценой ниспровержения главных доктрин успешной ортодоксальной науки.

Итак, где в этом континууме находится ламаркизм? Его обычно представляют находящимся в том конце континуума, который "не истинен, но легко могущий таким быть". Я хочу доказать, что хотя он и не принадлежит тому же классу, что и левитация силою мысли, но ламаркизм, или конкретнее, наследование приобретённых характеристик, находится ближе к "левитационному" концу континуума, чем к "Лох-Несскому монстру". Наследование приобретённых характеристик - не та вещь, которая "легко могла бы быть истинна, но вероятно не такова". Я докажу, что она могла бы быть истинной лишь в том случае, если один из наших

наиболее любимых и подтверждаемых принципов эмбриологии будет ниспровергнут. Поэтому ламаркизм нужно подвергать более строгому скепсису, чем таковому для фактов типа "Лох-Несского монстра". Что же это за общепринятый и подтверждающийся эмбриологический принцип, который должен быть ниспровергнут, чтобы можно было согласиться с ламаркизмом? Тут придётся сделать небольшое объяснение. Это объяснение будет выглядеть как уход от темы, но его уместность станет в конце концов понятной. И прежде, чем мы всё это начнём, вспомните, что ламаркизм, даже если он окажется истинным, тем не менее не способен объяснить эволюцию адаптивной сложности.

Тема наших рассуждений будет лежать в области эмбриологии. Традиционно существует глубокий раскол между двумя различными взглядами на способы превращения одной клетки во взрослые существа. Официально они называются "преформизм" и "эпигенез", но их современные формы я буду называть теорией чертежа и теорией рецепта. Ранние преформисты полагали, что взрослое тело было заранее сформировано в единственной клетке, из которой ему надлежало развиваться. Одному из них даже казалось, что он увидел в свой микроскоп крошечного мини-человечка - "гомункула" – свернувшегося внутри сперматозоида (не яйцеклетки!). Преформист полагает эмбриональное развитие просто процессом роста. Все частицы взрослого тела уже существуют, заранее сформированные. Возможно, каждый гомункул-самец обладал собственными ультраминиатюрными сперматозоидами, в которых находились в скрученном виде его дети, и каждый из них содержал скрученных внуков ... Кроме этой проблемы бесконечной вложенности, наивный преформизм пренебрегает фактом, который вряд ли был менее очевиден в семнадцатом веке, чем теперь: дети наследуют признаки не только от отца, но и от матери. Справедливости ради скажу, что существовали и другие преформисты, называемые овистами, более многочисленные, чем "спермисты", полагавшие, что взрослое существо было предформировано не в спермии, а в яйцеклетке. Но овизм страдает от тех же двух проблем, что и спермизм.

Современный преформизм не страдает ни от одной из этих проблем, но он, тем не менее, ложен. Современный преформизм – "теория чертежа" – полагает, что ДНК в оплодотворённой яйцеклетке эквивалентна чертежу взрослого тела. Чертёж – миниатюрная копия реальной вещи. Реальная вещь – дом, автомобиль, или что-либо в этом роде, это трёхмерный объект, в то же время чертёж двумерен. Вы можете отобразить трёхмерный объект, например, здание, набором двумерных срезов: план каждого этажа, срезы на различной высоте, и так далее. Это уменьшение размерности – вопрос удобства. Архитекторы могли бы предоставить строителям уменьшенные трёхмерные модели зданий из спичек и бальсового дерева, но наборы двумерных моделей на плоской бумаге – чертежи – легче носить в портфеле, легче исправлять, и их легче использовать в работе.

Дальнейшее снижение размерности до одной бывает необходимо, когда чертежи нужно сохранить в виде компьютерных импульсов, и например, передать по телефонной линии в другую часть страны. Это легко сделать, раскладывая каждый двухмерный чертёж на одномерный "скан". Телевизионные картинки подобным образом кодируются для передачи по радио. Опять же, сжатие размерностей – по существу тривиальный приём кодирования. Важный момент – существует взаимоднозначное соответствие между чертежом и зданием. Каждая часть чертежа отражает соответствующую часть здания. В некотором смысле, чертёж является миниатюрным "предформированным" зданием, пусть и миниатюризированным в меньшее количество размерностей, чем оригинал.

Я рассказал о приведении чертежей к одной размерности конечно потому, что ДНК – одномерный код. Точно также, как возможно передать уменьшенную модель здания по одномерной телефонной линии – в виде оцифрованного набора чертежей, так же в принципе возможно передать модель тела посредством одномерного цифрового кода ДНК. В природе этого не происходит, но если бы всё-таки происходило, то было бы справедливым утверждение, что современная молекулярная биология доказала древнюю теорию преформизма. Теперь рассмотрим другую великую теорию эмбриологии, эпигенез – теорию рецепта, или "кулинарной книги".

Рецепт в кулинарной книге – это ни в коем случае не чертёж кекса, который в конце концов появится в печи. И не потому, что рецепт – это одномерная строка слов, а кекс – трёхмерный объект. Как мы знаем, свернуть модель объекта в одномерный код процедурой сканирования совершенно возможно. Но рецепт – это не масштабная модель, не описание законченного кекса, и ни в каком смысле не поточечное отображение объекта. Это – набор инструкций, которые, будучи выполнены в правильном порядке, приведут к кексу. Настоящий одномерно закодированный чертёж кекса состоял бы из серии сканированных срезов кекса, как если бы его протыкали вдоль и поперёк через заданные интервалы каким-то зондом. Код отражал бы свойства среды в точках зондирования, следовавшими, допустим, с миллиметровыми интервалами; тогда можно было бы по серии этих данных восстановить точные координаты каждой ягодки и крошки теста. Имело бы место строгое взаимоднозначное соответствие между каждой частицей кекса и соответствующей частью чертежа. Очевидно, что ничего этого нет в реальном рецепте. Нет никакой однозначной карты "частиц" кекса, составленной из слов или букв рецепта. Если слова рецепта и отображаются на что-нибудь, то это не отдельные частицы готового кекса, но отдельные шаги процедуры его создания.

Да, пока мы не понимаем всех, или даже большей части тех процессов, которые происходят при развитии животных из оплодотворённых яйцеклеток. Тем не менее, есть много убедительных признаков того, что гены намного более подобны рецепту, чем подробному чертежу. Аналогия с рецептом гораздо ближе к истине, чем аналогия с чертежом, хотя последняя нередко легкомысленно приводится в популярных учебниках, особенно недавних, хотя она неправильна почти в каждой детали. Эмбриональное развитие - это процесс. Это упорядоченная последовательность событий, подобная процедуре выпечки кекса, за исключением того, что состоит из в миллионы раз большего количества стадий, а различные стадии протекают одновременно во многих разных частях "противня". Большая часть этих стадий является размножением клеток, производящим потрясающие их количества. Некоторые из них отмирают, другие соединяются друг с другом, формируя органы, ткани и другие многоклеточные структуры. Как мы видели в предыдущих главах, особенности поведения конкретной клетки зависят не от особенностей состава её генов, ведь во всех клетках он одинаков, но от того, какие именно гены этого набора "включены" в этой клетке в этот момент. В любой точке развивающегося тела, в любой момент развития, бывает включена только незначительная часть генов. В разных частях эмбриона, в разные моменты развития включены разные подмножества генов. Какие именно гены будут включены в данной клетке в данный момент, зависит от химических условий в этой клетке. А они, в свою очередь, зависят от предшествующих условий в этой части эмбриона.

Более того, эффект, оказываемый включенным геном, зависит от конкретного субстрата в этой локальной точке эмбриона, на который этот ген собственно и оказывает эффект. Ген, включенный в клетках зачатка спинного мозга на третьей неделе развития, будет оказывать совершенно иной эффект, нежели тот же самый ген, включенный в клетках плеча на шестнадцатой неделе развития. Другими словами, эффект, оказываемый геном (если о нём можно говорить), - это не просто присущее свойство самого гена, но свойство гена, взаимодействующего с историей состояния его локальной среды в эмбрионе. Из этого понятно, что идея генов, как чего-то подобного чертежу тела – нонсенс *(Можно отметить ещё такую проблему с концепцией "чертежа", как недостаточную для этого информационную ёмкость генома большинства животных (включая человека). А она крайне невелика - всего 8-10 мегабайт информации (пусть даже и 600 Мб вместе с мусорной ДНК), в которые как-то вмещается информация обо всём организме! Как именно - пока не очень понятно, но концепция "рецепта" в этом свете выглядит довольно перспективной. "Чертёж" же, без сомнений, в такие рамки втиснуть невозможно. Ведь как метко подметил Эдвард Хаген, файл с чертежом одной только коленной чашечки (или одной-единственной клетки) в системе AutoCAD будет иметь размер гораздо больший, чем 8-10 Мб - А.П.)*. Вспомните, что то же самое было справедливо и для компьютерных биоморфов.

Не существует никакого простого взаимоднозначного соответствия между генами и

частицами тела, во всяком случае – большего, чем соответствие между словами рецепта и крошками кекса. Совокупность генов можно рассматривать как точно такой же набор инструкций по выполнению процесса, как и совокупность слов рецепта. Читателя, возможно, мучает вопрос - как в таком случае генетики могут зарабатывать на жизнь? Как вообще можно упоминать, уже не говоря о том, чтобы исследовать, “ген синих глаз”, или “ген цветовой слепоты”? Разве сам тот факт, что генетики могут изучать такие “эффекты одного гена” не говорит о том, что в реальности существует какой-то вид соответствия между данным геном и данной частицей тела? Разве это не опровергает всё, что я говорил насчёт набора генов, являющихся рецептом развития тела? Нет, конечно же нет, и важно понять, почему.

Возможно лучший способ понять это, состоит в возврате к аналогии с рецептом. Думаю, вы согласитесь, что нельзя разделить кекс на составляющие его крошки и сказать: "Эта крошка соответствует первому слову рецепта, эта крошка - второму ", и т.д. В этом смысле нельзя не согласиться, что весь рецепт целиком отображает весь кекс тоже целиком. Но теперь предположим, что мы изменили одно слово в рецепте; например, слово "разрыхлитель" удалено или изменено на слово "дрожжи". Мы испекли 100 кексов по новой версии рецепта, и 100 – по старой. И обнаружили ключевое различие между двумя множествами из 100 кексов, и это различие возникло вследствие различия в одном слове рецепта. Хотя никакого взаимоднозначного соответствия между словами и крошками кекса нет, но есть взаимоднозначное соответствие между различием слов, и различием всего кекса. "Разрыхлитель" не отображается на какую-то конкретную часть кекса: он оказывает влияние на “подъём”, и следовательно – итоговую форму всего кекса. Если "разрыхлитель" удалён, или заменён "мукой", то кекс не будет “подниматься”. Если он будет заменён на "дрожжи", то кекс поднимется, но по вкусу будет больше похож на хлеб. Будет наличествовать стабильное, распознаваемое различие между кексами, испечёнными по первоначальной, и "видоизменённым" версиям рецепта, хотя не будет никакой конкретной "частицы" кекса, которая бы соответствовала рассматриваемым словам. Вот вам хорошая аналогия событий, происходящих при мутациях гена.

Поскольку гены оказывают и количественные эффекты, и стало быть мутации могут изменять эту количественную величину, то ещё лучшей аналогией было бы изменение температуры в печи с "350 градусов" до "450 градусов". Кексы, выпеченные согласно "мутантной", высокотемпературной версии рецепта, получатся существенно другими, не только в одной части, но и по всему их объёму. Но и эта аналогия очень упрощена. Чтобы представить себе процесс "выпекания" младенца, мы должны представить себе не один процесс в одной печи, но переплетение нитей конвейера, проходящих по разным частям противня сквозь 10 миллионов различных миниатюрных печей, последовательно и параллельно, и каждая печь вырабатывает различные комбинации приправ из 10 000 базовых ингредиентов. Смысл кулинарной аналогии, показывающей, что гены - не чертёж, а рецепт процесса, виден в сложной её версии даже отчётливой, чем в упрощённой.

Теперь пора применить этот урок к вопросу наследованию приобретённых характеристик. Связь здания с чертежом, в отличие от рецепта, является двунаправленной. Если у вас есть здание, то вам легко восстановить его чертёж. Достаточно измерить все его размеры, и промасштабировать их. Очевидно, если дом "приобрёл" какую-то новую характеристику – скажем, внутренние стены были снесены, чтобы сделать первый этаж открытой студией, то "обратное вычерчивание" позволит точно зафиксировать изменения. И если бы гены содержали чертёж взрослого тела, то нечто подобное было бы возможно и с телом. В этом случае, можно легко представить себе любую особенность, приобретённую телом при жизни, которая бы точно записалась назад в генетический код, и следовательно, передалась бы следующему поколению. Сын кузнеца и в самом деле мог бы унаследовать последствия отцовских упражнений. Но поскольку гены – это не чертёж, а рецепт, такое невозможно. Унаследование приобретённых характеристики живым существом представимо не более, чем унаследование таковых кексом. Представьте, что от кекса отрезан один ломтик. Описание изменения теперь отражается в рецепте - рецепт изменяется так, что следующий кекс, выпеченный согласно

изменённому рецепту, выходит из печи уже с аккуратно отсутствующим ломтиком.

Ламаркисты традиционно любят приводить в пример мозоли, так что давайте и мы используем этот пример. У нашего гипотетического банковского клерка были мягкие, избалованные руки, кроме твёрдой мозоли на среднем пальце правой руки, на пишущем пальце. Если многие поколения его потомков будут много писать, то, как ожидают ламаркисты, гены, управляющие развитием кожи в этом месте, изменятся так, что младенцы будут рождены с уже затвердевшей кожей на этом пальце. Если бы гены были чертежом, то это было бы запросто. Существовал бы ген, ответственный за каждый квадратный миллиметр (или аналогичную маленькую зону) кожи. Вся поверхность кожи взрослого банковского клерка была бы "просканирована", твёрдость каждого квадратного миллиметра тщательно зафиксирована и записана обратно в гены, "ответственные" за этот конкретный квадратный миллиметр, и главное – в соответствующие гены в его сперматозоидах.

Но гены - не чертёж. Ни в каком смысле нельзя говорить о генах, ответственных за каждый квадратный миллиметр. Ни в каком смысле взрослое тело не может быть просканировано, а результаты сканирования записаны назад, в гены. "Координаты" мозоли нельзя "рассмотреть" в генетической записи, и "соответственно" изменить гены. Эмбриональное развитие – это процесс, в котором участвуют все работающие гены; процесс, который, при правильном протекании в правильном направлении приводит к взрослому телу; но это процесс, который в силу своей природы принципиально необратим. Наследования приобретённых характеристик не просто не происходит - оно не может произойти у любой формы жизни, эмбриональное развитие которой - эпигенетическое, а не преформистское. Любой биолог, защищающий ламаркизм, возможно будет шокирован, услышав, что он неявно защищает атомистическую, детерминистическую, редукционистскую эмбриологию. Я не имел целью потрясти простого читателя этой маленькой строчкой высокомудрёных жаргонных слов: я лишь не мог удержаться от иронии, ибо биологи, склонные сегодня пылко сочувствовать ламаркизму, при случае особенно любят, критикуя других, использовать те же самые высокопарно-лицемерные слова.

Я не хочу сказать, где-нибудь во вселенной не может существовать какая-то чуждая форма жизни с преформистской эмбриологией; форма жизни, генетика которой действительно есть "генетика чертежа", и которая вследствие этого позволяла бы наследовать приобретённые характеристики. Выше я доказывал лишь то, что ламаркизм несовместим с той эмбриологией, которую мы знаем. Моё заявление в начале этой главы было более сильным: даже если приобретённые характеристики и могли бы быть унаследованы, ламаркистская теория будет тем не менее неспособна к объяснению эволюции адаптаций. Моя уверенность в этом настолько сильна, что я предполагаю эту посылку применимой ко всем формам жизни, где угодно во вселенной. Эта уверенность базируется на двух соображениях. Первое относится к трудностям принципа использования-неиспользования, второе - к более отдалённым проблемами наследования приобретённых характеристик. Я рассмотрю их в обратном порядке.

Основная проблема с приобретёнными характеристиками состоит вот в чём. Наследовать приобретённые характеристики – это хорошо, но не все приобретённые характеристики - улучшения. Точнее говоря, огромное их большинство является повреждениями. Очевидно эволюция не пойдёт в общем направлении адаптивных усовершенствований, если приобретённые характеристики будут наследоваться без разбора: сломанные ноги и шрамы от оспы будут передаваться в следующее поколение точно также, как затвердевшие ступни и загорелая кожа. Большинство свойств, приобретаемых любым механизмом по мере старения – это по большей части накапливающиеся разрушительные воздействия времени: он изнашивается. Если бы они считывались каким-то процессом сканирования, и вписывались бы в "чертёж" следующего поколения, то каждое последовательное поколение всё более и более ветшало бы. Вместо того, чтобы стартовать заново с нового, свежего чертежа, каждое новое поколение начало бы жизнь, обременённую шрамами, накопленным износом и повреждениями предыдущих поколений.

Эта проблема не непреодолима. Некоторые приобретённые характеристики – бесспорно, усовершенствования, и теоретически мыслимо, чтобы механизм наследования мог бы как-то

отличать усовершенствования от повреждений. Но пытаясь выяснить, как такая селекция могла бы работать, мы не можем не спросить, почему приобретённые характеристики иногда бывают усовершенствованиями? Почему, например, используемые кожные зоны, наподобие ступней любителей побегать босиком, становятся толще и жёстче? Казалось бы, под воздействием внешних факторов кожа должна бы становиться тоньше - у большинства механизмов, детали, подверженные износу и задирам становятся тоньше - по той очевидной причине, что износ удаляет частицы детали, а не добавляет их.

Конечно, у дарвинистов на это есть ответ. Кожа, подверженная износу и повреждениям, становится толще, потому что естественный отбор в прошлом одобрил тех особей, кожа которых случайно оказалась более стойкой к таким воздействиям. Точно так же, естественный отбор одобрил тех особей у поколений предков, которые случайно реагировали на солнечный свет, приобретая коричневую окраску. Дарвинисты утверждают, что единственная причина - даже при том, что меньшая часть приобретённых характеристик являются усовершенствованиями, в том, что они были подкреплены дарвиновским отбором в прошлом. Другими словами, теория Ламарка может объяснить адаптивные усовершенствования развития, только прицепившись к хвосту дарвиновской теории. Лишь допуская наличие дарвиновского отбора на заднем плане, можно убеждаться в выгодности некоторых приобретённых характеристик. Имея механизм различения выгодных и невыгодных приобретений, наследование приобретённых характеристик очевидно могло бы порождать некоторые эволюционные усовершенствования. Но тогда оказывается, что усовершенствование, такое, какое оно есть, целиком обусловлено дарвиновской поддержкой. Мы вынуждены вернуться к дарвинизму для объяснения адаптивного аспекта эволюции.

То же самое верно в отношении даже более важного класса приобретённых усовершенствований, которые мы смешиваем в кучу под общим заголовком "научение". Идя по жизни, животное повышает свою квалификацию в деле выживания. Животное изучает, что в этом смысле хорошо, и что - нет. В его мозге хранится большая библиотека воспоминаний о его мире, о тех действиях, которые скорее приводят к желательным последствиям, и о тех - что к нежелательным. Многие аспекты поведения животного потому и фигурируют под заголовком приобретённых характеристик, и многие приобретения этого рода - "навыки" - по праву относятся к усовершенствованиям. Если бы родители могли как-нибудь закодировать мудрость их жизненного опыта в своих генах, чтобы их потомство рождалось уже с библиотекой готового опыта, встроенного, и готового к использованию, то потомки могли начинать свою сразу с более высокой ступеньки. Эволюционный прогресс мог бы действительно ускориться, поскольку освоенные навыки и мудрость были бы автоматически записаны в гены.

Но это всё верно в предположении, что те изменения поведения, которые мы называем научением, и в самом деле усовершенствования. Почему они будут усовершенствованиями? Да, верно - животные учатся делать то, что для них хорошо, а не то, что для них плохо, но почему? Животные склонны избегать действий, которые в прошлом приводили к боли. Но боль нематериальна. Боль - это нечто, что мозг трактует как боль. И это счастливый факт, что те события, которые трактуются как болезненные - например, сильный укол поверхности тела, это одновременно те события, которые с определённой вероятностью подвергают опасности жизнь животного. Но мы можем легко представить себе расу животных, которые испытывали бы удовольствие от ранений и других событий, подвергающих опасности их жизнь; расу животных, мозг которых был бы устроен так, что они получали бы удовольствие от ранений и ощущали бы как болезненные те стимулы, например, вкус питательной еды, которые были бы благом для их выживания. Фактически мы конечно не видим таких мазохистских животных в мире - по причинам сугубо дарвиновским. Мазохистские прародители, по очевидным причинам, не выжили, и не оставили потомков, которые могли бы унаследовать их мазохизм. Посредством искусственного отбора, мы вероятно смогли бы вывести расу потомственных мазохистов - в умягченных клетках, и тепличных условиях, где их выживание гарантировалось бы бригадой ветеринаров. Но в природе такие мазохисты выжить не могли бы, и в этом собственно весь ответ, почему изменения, которые порождаются научением, чаще бывают

усовершенствованиями, чем наоборот. Мы снова пришли к выводу, что без дарвиновской поддержки, гарантирующей, что приобретённая характеристика выгодна, обойтись нельзя.

Обратимся к принципу использования-неиспользования. Кажется, что этот принцип довольно хорошо работает в отношении некоторых аспектов приобретённых усовершенствований. Это – общее правило, которое не зависит от удельных деталей. И это правило всего лишь гласит, что "любая часто используемая часть тела, будет становиться больше; любая не используемая часть, будет становиться меньше или даже отмирать вообще". Поскольку мы можем ожидать, что организму будет выгодно увеличение полезных (и поэтому вероятно используемых) частей тела, и исчезновение бесполезных (и поэтому возможно неиспользованных) частей, то это правило вроде бы имеет какую-то общую ценность. Однако, у этого принципа есть большая проблема. Она состоит в том, что даже если и не было бы никаких других возражений, то, это был бы очень грубый инструмент, чтобы он мог бы вылеплять те тонко-изящные адаптации, которые мы повсеместно видим у животных и растений. Пример глаза уже был нам полезен, почему бы не вспомнить его снова? Подумаем о всех замысловатых аспектах кооперации работающих частей: чистейше-прозрачный хрусталик с исправленной хроматической и сферической аберрацией; мышцы, могущие моментально фокусировать его на любой объект на дистанции от нескольких дюймов до бесконечности; ирисовая диафрагма или "экранирующий" механизм, который непрерывно подстраивает апертуру глаза, подобно фотокамере со встроенным экспонометром и быстрым специализированным компьютером; сетчатка с её 125 миллионами цветокодирующих светочувствительных клеток; изящная сеть кровеносных сосудов, питающих все части механизма; ещё более изящная сеть нервов – эквивалент соединительных кабелей и электронных чипов. Окиньте всю эту тонко выточенную сложность вашим мысленным взором, и спросите себя, могло ли всё это создаться посредством принципа использования-неиспользования? Ответ, как мне кажется, очевиден - "нет".

Хрусталик прозрачен и скорригирован по сферической и хроматической аберрации. Можно ли было этого достичь посредством использования? Мог ли хрусталик столь чисто промыться потоком фотонов, льющихся через него? Стал бы хрусталик лучше от использования, т.е. от проходящего сквозь него света? Конечно нет. С какой стати, собственно? Будут ли клетки сетчатки самостоятельно сортироваться на три светочувствительных типа, просто потому, что они бомбардируются светом разного цвета? Опять же, с какой стати? Раз уж фокусирующие мускулы существуют, то их использование приведёт к тому, что они станут больше и сильнее, это верно; но это, само по себе, не сделает глаз способным к более точной фокусировке изображений. Правда состоит в том, что принцип использования-неиспользования неспособен к формированию любой адаптации, кроме разве что самой грубой и невпечатляющей.

Дарвиновский же отбор, без труда объясняет каждую крошечную деталь. Хорошее зрение, точное и достоверное до мельчайших деталей, может быть вопросом жизни и смерти животного. Хрусталик, должным образом сфокусированный и скорригированный от аберраций, критически важен быстро летающей птице, например, стрижу - как для ловли мух, так и для предотвращения столкновения со скалой. Широкодиапазонная ирисовая диафрагма, быстро закрывающаяся при выглядывании солнца - быть жизненно важной при наблюдении за хищником, позволяя вовремя убежать, а не быть ослеплённым в критический момент. Любое улучшение эффективности глаза, как бы изощрено оно ни было, и какие бы глубокие ткани оно не затрагивало, может вносить вклад в выживание животного и его репродуктивный успех, а следовательно - в распространение генов, которые ответственны за это улучшение. Поэтому дарвиновский отбор может объяснить эволюцию усовершенствований. Дарвиновская теория объясняет эволюцию эффективных аппаратов для выживания тем, что они есть прямое следствие самого его успеха. Связь между объяснением, и объясняемым феноменом прямая и точная.

Теория же Ламарка опирается на неточную и приблизительную связь: на правило, что что-нибудь, активно используемое, будет лучше (хотя бы больше). Она полагается на корреляцию между размером органа и его эффективностью. Если такая корреляция и есть, то конечно чрезвычайно слабая. Дарвиновская же теория полагается на корреляцию между

эффективностью органа и его эффективностью – корреляция автоматически полная! Эта слабость ламаркистской теории не зависит от конкретных фактов, касающихся тех форм жизни, которые мы видим на нашей планете. Это её принципиальная слабость, которая относится к любому виду адаптивной сложности, и я думаю, что она должна относиться также и к жизни где-нибудь во вселенной, как бы чуждой и странной ни была бы эта жизнь в деталях.

Наше опровержение ламаркизма получилось каким-то опустошительным. Во-первых, его ключевое предположение о наследовании приобретённых характеристик, судя по всему, ложно в отношении всех изученных форм жизни. Во-вторых, оно не просто ложно, оно обязано быть ложным у любого живого существа, практикующего эпигенетическую ("рецепт"), а не преформистскую ("чертёж") эмбриологию, а первую практикуют все изученные формы жизни. В-третьих, даже если бы предположения ламаркистской теории были бы истинны, то эта теория, в принципе, по двум весьма несвязанным причинам, неспособна объяснить эволюцию серьёзной адаптивной сложности, и не только на нашей Земле, но и где-то во вселенной. Так что дело не в том, что ламаркизм - конкурент дарвиновской теории, который оказался не прав. Ламаркизм – вообще не конкурент дарвинизму. Его нельзя даже считать серьёзным кандидатом на объяснение эволюции адаптивной сложности. Как потенциальный конкурент дарвинизму он был обречён с самого начала.

Выдвигалось также несколько других теорий, которые считались, а иногда даже и до сих пор считаются альтернативами дарвиновскому отбору. И я ещё раз покажу, что на деле они вообще не являются серьёзными альтернативами. Я покажу (что собственно, очевидно) что эти "альтернативы" - "нейтрализм", "мутационизм", и так далее – могут объяснять (или не объяснять) какую-то долю наблюдаемых эволюционных изменений, но они не могут объяснить адаптивные эволюционные изменения, то есть – изменения в направлении построения эффективных устройств для выживания, подобных глазам, ушам, локтевым суставам, и устройствам эхолокации. Конечно, многие эволюционные изменения могут быть внеадаптивны; в этом случае эти альтернативные теории вполне могут быть важны как компоненты эволюции, но - скучные компоненты эволюции, не те, которые объясняют одну важнейшую особенность жизни, отличающую её от не-жизни. Вышесказанное особенно справедливо для случая нейтральной эволюционной теории. Она имеет длинную историю, но её легче всего понять в современном, молекулярном облике, в котором она была в основном развита крупным японским генетиком Моту Кимура, стиль английской прозы которого, мог бы, кстати, посрамить многих урождённых носителей английского языка.

Мы уже сталкивались вкратце с нейтральной теорией. Её идея, как вы помните, состоит в том, различные версии одной и той же белковой молекулы, например молекулы гемоглобина, точный порядок аминокислот в которых отличается, являются в точности подобными друг другу функционально. Это означает, что мутации, порождающие одну альтернативную версию гемоглобина от другой, нейтральны с точки зрения естественного отбора. Нейтралисты полагают, что подавляющее большинство эволюционных изменений на уровне молекулярной генетики являются случайно-нейтральными для естественного отбора. Альтернативная школа генетиков, называемых селекционистами, полагает, что естественный отбор - мощная сила, действующая даже на детальном уровне в каждой точке молекулярной цепочки.

Важно не путать два разных вопроса. Первый вопрос наиболее уместен в этой главе - является ли нейтрализм альтернативой естественному отбору для объяснения адаптивной эволюции? Второй, весьма отличный от первого, звучит так: является ли большая часть фактических эволюционных изменений адаптивным? Учитывая, что мы говорим сейчас об эволюционных изменениях на уровне молекул, то можно задать его иначе: насколько вероятно, что изменение порождено естественным отбором, и насколько - это нейтральное изменение порождено случайным дрейфом? По второму вопросу у молекулярных генетиков бушевали упорные бои с переменным успехом, то одна сторона брала верх, то другая. Но если мы сосредоточим интерес на адаптациях – т.е. на первом вопросе, то все эти баталии обращаются в бурю в стакане воды. Ведь с точки зрения наших интересов, нейтральная мутация может даже не существовать, потому что ни мы, ни естественный отбор, не можем её увидеть. Нейтральная

мутация – это вообще не мутация, когда мы думаем о ногах, руках, крыльях, глазах и поведении! Снова используя аналогию с рецептом, заметим, что вкус кекса будет тем же самым, даже если некоторые слова рецепта "мутировали", изменив шрифт печати. Для тех из нас, кто заинтересован результатом, это будет всё тот же самый рецепт, будь он напечатан так или эдак. Молекулярные генетики подобны привередливым типографским работникам. Они заботятся о визуальной форме слов, которыми напечатаны рецепты. Естественному отбору это безразлично, и это должно быть безразлично нам, когда мы говорим об эволюции адаптаций. Когда мы интересуемся другими аспектами эволюции, например, скоростью эволюции различных линий, то нейтральные мутации вызовут у нас живой интерес.

Даже самый пылкий нейтраллист весьма счастлив согласиться, что за все адаптации ответственен естественный отбор. Он говорит лишь, что большая часть эволюционных изменений – это не адаптация. Он очень даже может быть прав, хотя одна из генетических школ была бы не согласна. Между прочим, лично я надеюсь на то, что нейтраллисты победят, потому что это намного облегчит понимание эволюционных отношений и скорости эволюции. Обе стороны соглашаются, что нейтральная эволюция не может порождать адаптивные усовершенствования - по той простой причине, что нейтральная эволюция по определению случайна; а адаптивное усовершенствование, тоже по определению, не случайно. И опять же, мы не сумели найти какую-то альтернативу дарвиновский отбору как объяснению той особенности жизни, которая отличает её от не-жизни, а именно - адаптивной сложности.

Теперь рассмотрим другого исторического конкурента дарвинизму - теорию "мутационизма". Сейчас это с трудом укладывается в голове, но в начале двадцатого века, когда впервые был назван феномен мутации, её расценивали не как необходимую часть дарвиновский теории, а как альтернативную эволюционную теорию! Существовала школа генетиков, называемых мутационистами, в которую входили такие знаменитые имена, как Хьюго Рес и Вильям Бейтсон – одни из ранних переоткрывателей принципов наследования Менделя, Вильгельм Йохансон - изобретатель слова ген, и Томас Хант Морган - отец хромосомной теории наследственности. Де Рес в частности был увлечен величиной изменений, которые могут происходить при мутации, и он предполагал, что новый вид всегда порождается единственной главной мутацией. Он с Йохансоном полагали, что большая часть вариаций внутри вида была негенетической. Все мутационисты полагали, что отбор играл в лучшем вспомогательную, пропалывающую роль в эволюции, а реальной созидательной силой были сами мутации. Менделевская генетика воспринималась не как главная опора дарвинизма (как сегодня), а как антитеза ему.

С позиций современного знания крайне трудно отреагировать на эту идею иначе, чем с улыбкой, но мы должны удержаться от повторения снисходительного тона самого Бейтсона: "Мы обращаемся к Дарвину за его несравненной коллекцией фактов (но ...) для нас он значит не больше, чем философский авторитет. Мы читаем его схему Эволюции также, как мы читаем таковую у Лукреция или Ламарка." И ещё: "трансформация масс популяций незаметными шагами, направляемыми отбором – как сейчас воспринимает эволюцию большинство из нас, настолько не соответствует фактам, что мы можем только изумляться - как недостатку проницательности, демонстрируемому защитниками этого суждения, так и адвокатским навыкам, благодаря которым оно казалось приемлемым довольно длительное время." Но (главным образом) Р. А. Фишер, победивший оппонентов их же оружием, показал, что менделевское несмешивающееся наследование не просто далеко не антитеза дарвинизму, но в сущности жизненно важно для него.

Мутация необходима эволюции, но как можно верить, что её достаточно? Эволюционное изменение, в намного большей степени, чем можно ожидать от случайности, является усовершенствованием. Проблема с мутациями, как с единственной эволюционной силой формулируется просто: откуда мутация (как неявно предполагается), "знает", что для животного будет хорошо, а что - нет? Из всех возможных изменений, которые могут происходить с существующим сложным механизмом, таким, как орган, огромное большинство их будет делать его хуже. Только крошечное меньшинство изменений будет делать его лучше.

Всякий, желающий доказать, что мутация (без отбора) является движущей силой эволюции, должен объяснить, как так получается, что мутации склонны улучшать органы. Благодаря какой такой таинственной, внутренней мудрости тело выбирает мутации в направлении улучшения, а не ухудшения? Вы можете заметить, что это собственно тот же самый вопрос, лишь другими словами, который мы задавали ламаркизму. Мутационисты, само собой, никогда не отвечали на него. Самое странное, что этот вопрос вряд ли приходил им в голову.

В настоящее время это нам справедливо кажется ещё более абсурдным, потому что мы воспитаны с убеждением, что мутации "хаотичны". Если мутации хаотичны, то они по определению не могут быть смещены в сторону усовершенствований. Но школа мутационистов конечно не расценивала мутации как хаотичные. Они полагали, что у тела есть присущая склонность изменяться в одних направлениях охотнее, чем в других, но они оставили открытым вопрос о том, как тело могло бы "знать" какие изменения будут хороши для него в будущем. Хотя мы отбрасываем эти предположения как мистическую чушь, для нас важно точно прояснить, что мы имеем в виду, когда говорим о случайности мутаций. Существует случайность и случайность; многие люди путают различные значения этого слова. По правде говоря, во многих отношениях мутации не случайны. Но я бы настоял на том, что эти "отношения" не включают в себя чего-то эквивалентного предвидению будущего блага для животного. Но что-то, эквивалентное предвидению было бы действительно необходимо, если бы мутации, без отбора, были бы привлечены для объяснения эволюции. Было бы поучительно взглянуть чуть далее на то, в каких отношениях мутация является неслучайной.

Первое. Мутации вызываются определёнными физическими событиями; они происходят не только спонтанно. Они бывают индуцированы так называемыми "мутагенами" (вредными, потому что часто вызывают рак): рентгеновские, космические лучи, радиоактивные вещества, различные химикалии, и даже другие гены, называемые "генами-мутаторами". Во вторых, не все гены какого-то вида мутируют с равной вероятностью. Каждый локус хромосомы имеет характерную для него частоту мутаций. Например, частота, с которой мутация генерирует ген болезни "хорея Гентингтона" (подобной "пляске святого Витта"), поражающей людей в цветущем возрасте, составляет примерно 1 к 200 000. Соответствующая частота для ахондроплазии (близкой к синдрому карлика, типичная для собак породы такса, при которой конечности оказываются чрезмерно короткими для тела) – примерно в 10 раз выше. Эти частоты измерены при нормальных условиях. Если присутствуют мутагены, например рентгеновское излучение, то все нормальные частоты мутаций повышаются. Некоторые участки хромосом, так называемые "горячие точки" с высокой текучестью генов, обнаруживают локально очень высокую частоту мутаций.

В третьих, в каждом локусе хромосомы, - будь ли это горячая точка, или нет, мутации в одном направлении могут быть более вероятны, чем в обратном. Это является причиной такого феномена, как "давление мутаций", который может иметь эволюционные последствия. Например, хотя две формы молекулы гемоглобина, форма-1 и форма-2, селективно нейтральны в том смысле, что оба одинаково эффективно переносят кислород в крови, тем не менее, мутации от 1-й ко 2-й форме более обычны, чем обратные мутации от 2-й к 1-й. В этом случае, давление мутаций будет приводить к тому, что форма-2 будет более обычной, чем форма-1. Мутационное давление в данном локусе хромосомы считается нулевым, если частота прямой мутации в нём точно уравнивается частотой обратной мутаций.

Теперь мы видим, что вопрос о случайности мутации – не тривиальный вопрос. Ответ на него зависит от того, какое значение мы вкладываем в понятие "случайность". Если вы имеете в виду, что на "случайную мутацию" не влияют внешние события, то рентгеновское излучение опровергнет это утверждение. Если вы думаете, что "случайность мутации" означает равную вероятность мутировать у всех генов, то "горячие точки", покажут, что мутации не случайны. Если вы думаете, что "случайность" мутаций означает, что во всех хромосомных локусах давление мутаций равно нулю, то и в этом случае мутации не случайны. И только если вы определите "случайность" в смысле "отсутствует общая тенденция в пользу телесного усовершенствования", тогда мутация действительно будет случайна. Все три вида

рассмотренной нами реальной неслучайности бессильны сместить эволюцию в сторону адаптивного усовершенствования, отличающуюся от любой другой функционально "случайной" стороны. Существует и четвёртый вид неслучайности, которой тоже истинен, но это чуть менее очевидно. На него придётся затратить немного времени, потому что "это" всё ещё запутывает даже некоторых современных биологов.

Есть люди, для которых "случайный" имеет такое, по-моему довольно эксцентричное значение. Я процитирую концепцию двух противников дарвинизма (П. Сандерса и М-В. Хо), в которой они предполагают, что дарвинисты понимают под "случайной мутацией": "неодарвинистская концепция случайной вариации несёт в себе большую ошибку, - из неё вытекает, что всё мыслимое возможно". "Все изменения предполагаются возможными, и равновероятными" (подчёркнуто мной). Далеко не поддерживая эту веру, я даже не понимаю, где вы могли увидеть её зачаток, даже в образном смысле? Что могло бы означать "предполагается, что "все" изменения равновероятны"? Все изменения? Чтобы две или более вещи были "равновероятны", необходимо, чтобы эти вещи можно было определить как дискретные события. Например, мы можем сказать "голова и хвосты - равновероятны", потому, что голова и хвосты - два дискретных события. Но "все возможные" изменения тела животного - не дискретные события такого рода. Рассмотрим два возможных события: "хвост коровы удлинился на один дюйм"; и "хвост коровы удлинился на два дюйма". Есть ли это два отдельных события, и следовательно, они "равновероятны"? Или это только количественные варианты одного и того же события?

Ясно, что такая рода карикатура на дарвинизм, в которой понятие случайности абсурдно, даже бессмысленно, экстремальна. Мне потребуется время, чтобы понять эту карикатуру, ибо она слишком непереводима на мышление дарвинистов, как я его понимаю. Но я верю что пойму его, и тогда постараюсь объяснить, так как полагаю, что это поможет нам понять, что лежит в глубине весьма часто приписываемых дарвинизму пороков.

Вариации и отбор работают совместно, продвигая эволюцию. Дарвинисты называют вариации случайными в том смысле, что они не направлены в сторону усовершенствований, а что тенденция совершенствоваться в ходе эволюции обусловлена отбором. Мы можем представить себе своего рода континуум эволюционных доктрин, с дарвинизмом на одном конце и мутационизмом на другом. Крайний мутационист полагает, что отбор не играет никакой роли в эволюции. Направление эволюции определяется предполагаемым направлением мутаций. Например, предположим, что мы рассматриваем увеличение человеческого мозга, произошедшее в течение последних немногих миллионов лет нашей эволюции. Дарвинисты говорят, что вариации, которые предлагались мутациями на суд отбора, включали как некоторых особей с меньшими мозгами, так и некоторых - с большими; отбор одобрил последних. Мутационист говорит, что у вариаций, предлагаемых мутациями, имелась тенденция в пользу большего мозга; никакого отбора не было (или не было никакой потребности в отборе) после того, как вариация предложена; мозги стали больше, потому что мутационное изменение было смещено в направлении большего мозга. Другими словами, в эволюции наличествовала тенденция в пользу больших мозгов; эту тенденцию мог обеспечить один лишь отбор (дарвинистский взгляд) или одни лишь мутации (взгляд мутационистов); мы можем представить себе континуум между этими двумя точками зрения, эдакий торг между двумя возможными источниками эволюционной тенденции. Промежуточный взгляд заключался бы в том, что существовала какая-то склонность мутаций к расширению мозга, а отбор усилил эту тенденцию у выжившей популяции.

Картина представлений дарвиниста содержит элемент карикатуры, когда он говорит, что никакой тенденции в мутационной вариации, предлагаемой для отбора, нет. Для меня, как реального дарвиниста, это означает лишь то, что мутация не имеет систематического смещения в направлении адаптивного усовершенствования. Но для "более чем жизненного" карикатурного дарвиниста, это означает, что все мыслимые изменения - "равновероятны". Отставим в сторону уже отмеченную логическую невозможность такой веры; карикатурному дарвинисту приписывается вера в то, что тело - бесконечно податливая глина, готовая к

формированию всеильным отбором в любую форму, которую отбор мог бы одобрить. Важно понять различие между реальным дарвинистом и его карикатурой. Мы продемонстрируем её на специальном примере, различии между техникой полёта летучих мышей и ангелов.

Ангелы всегда изображаются с крыльями, вырастающими из спин, при этом руки у них остаются свободными. Напротив, у летучих мышей, также как у птиц и птеродактилей, нет никаких свободных рук. Когда-то свободные у их предков передние конечности стали крыльями, и они не могут их использовать для иных целей, чем полёт - например, для сбора пищи (разве что, очень неуклюже). А сейчас мы послушаем беседу между реальным дарвинистом и крайней его карикатурой.

- Реальный* Интересно, а почему летучие мыши не развили такие крылья, как у ангелов? Думаю, им была бы полезна свободная пару рук. Наземные мыши используют свои передние лапки постоянно - для сбора пищи, и деления её на малые порции, а летучие мыши выглядят ужасно неуклюже на земле без рук. Я предполагаю, что потому, что у них ни разу не произошло мутации, снабдившую их необходимой вариацией. Никогда не существовало мутантного предка летучих мышей, у которого бы возникли зачатки крыльев, растущие из середины спины.
- Карикатура* Ерунда. Отбор – это всё. Раз у летучих мышей нет крыльев как у ангелов, это может означать лишь то, что отбор не одобрил ангелоподобных крыльев. Разумеется, существовали мутантные летучие мыши с зачатками крыльев, растущих из середины спины, но отбор не одобрил их.
- Реальный* Хорошо, я вполне согласен, что отбор мог их не одобрить, если б они выросли. Хотя бы потому, что они увеличили бы вес всего животного, а лишний вес – это роскошь, которую ни один летательный аппарат не может себе позволить. Но вы конечно же не думаете, что независимо от того, что бы отбор мог в принципе одобрить, мутация с необходимой вариацией всегда будет в наличии?
- Карикатура* Конечно! Отбор – это всё. Мутация случайна.
- Реальный* Хорошо да, мутация случайна, но это означает лишь то, что она не может видеть будущего, и планировать того, что было бы благом для животного. Это не означает, что возможно абсолютно всё. Как вы думаете, почему, например, ни одно животное не изрыгает огонь из ноздрей подобно дракону? Разве это не было бы полезно для ловли и поджаривания добычи?
- Карикатура* Легко. Отбор – это всё. Животные не изрыгают огонь, потому что это им не выгодно. Огнедышащие мутанты были устранены естественным отбором – возможно потому, что изготовление огня требовало слишком больших затрат энергии.
- Реальный* Я не верю, что когда-либо существовали огнедышащие мутанты. А если б и были, то возможно они подвергали бы себя серьёзной опасности самосожжения!
- Карикатура* Ерунда. Если бы это была бы единственная проблема, то отбор одобрил бы развитие ноздрей, выложенных асбестом.
- Реальный* Я не верю, что какая-нибудь мутация могла бы породить ноздри, выложенные асбестом. Я не верю, что мутантные животные могли секретировать асбест; во всяком случае, я верю в это не больше, чем в мутантных коров, могущих перепрыгивать через луну.
- Карикатура* Всякая перепрыгивающая через луну мутантная корова была бы быстро

устранена естественным отбором. Там нет кислорода, вы же знаете.

Реальный Меня удивило, что вы не постулировали мутантных коров с генами выращивания скафандров и кислородных масок.

Карикатура Хорошая мысль! Ладно, я предполагаю, что объяснение состоит в том, что коровам невыгодно перепрыгивать через луну. Мы не должны забывать энергетических издержек достижения второй космической скорости.

Реальный Это абсурд.

Карикатура Очевидно, вы не настоящий дарвинист. Кто вы? Разновидность тайного мутациониста-девиациониста?

Реальный Если вы так думаете, то вам нужно поговорить с настоящим мутационистом.

Мутационист У вас это дарвинистский внутренний спор, или кому-то можно присоединиться? Проблемы с вами обоими состоят в том, что вы придаёте слишком большое значение отбору. Всё, что может делать отбор – это пропалывать уродства и подобные отклонения. Он не может поддерживать действительно конструктивную эволюцию. Вернёмся к эволюции крыльев летучей мыши. Что действительно произошло, так это то, что в древней популяции живущих на земле животных, мутации включили процесс удлинения пальцев и складок кожи. По мере смены поколений, эти мутации становились всё более и более частыми, пока в конце концов вся популяция не обрела бы крылья. Процесс не имел никакого отношения к отбору. Просто у предков летучих мышей имелась внутренняя склонность развивать крылья.

Реальный и Карикатура (хором) Сушая мистика! Вернитесь в прошлое столетие, которому вы принадлежите!

Надеюсь, что не выгляжу самонадеянно, предположив, что симпатии читателя - не с мутационистом, и не с карикатурой на дарвиниста. Я предполагаю, что читатель согласен с реальным дарвинистом, как собственно и я. Но в реальности карикатурных дарвинистов не существует.

К сожалению, некоторые люди думают, что карикатурные дарвинисты существуют, и полагают, что раз лично они не соглашаются с карикатурой, то они не соглашаются и с дарвинизмом вообще. Есть биологическая школа, утверждающая примерно следующее: Неприятность с дарвинизмом состоит в том, что он пренебрегает ограничениями, накладываемыми эмбриологией. Дарвинисты (включая карикатурных) полагают, что если отбор может одобрить какое-то мыслимое эволюционное изменение, то необходимая мутационная вариация всегда оказывается под рукой. Мутационные изменения в любом направлении равновероятны: отбор придаёт лишь направленность.

Но всякий реальный дарвинист подтвердит, что хотя любой ген на любой хромосоме может мутировать в любое время, внешние последствия мутации строго ограничены процессами эмбриогенеза. Если бы я когда-нибудь и сомневался на этот счёт (а я не сомневался), то эти сомнения были бы рассеяны моим компьютерным моделированием биоморфов. Вам недостаточно лишь постулировать мутацию "для" выращивания крыльев в середине спины. Крылья, или что угодно, могут развиваться лишь тогда, когда процесс развития позволяет это. Ничто не "вырастает" как у волшебника. Отрастание чего-либо должно производиться процессами эмбрионального развития. Только меньшей части вещей, которые в принципе могли бы развиваться, фактически разрешается, в силу возможностей существующих процессов развития сделать это. Путь развития рук таков, что мутации могут увеличить длину пальцев, и

побудить к росту кожу между ними. Но в эмбриологии спины не может быть ничего, что само по себе обеспечивало "рост" ангельских крыльев. Гены могут мутировать до посинения, но ни у одного млекопитающего не будут отрастать ангелоподобные крылья, пока их (млекопитающих) эмбриологические процессы не станут восприимчивы к этому виду изменений.

И пока мы не знаем всех хитросплетений развития эмбрионов, всегда есть место для разногласий о том, насколько велика вероятность того, что предполагаемая конкретная мутация когда-то была (или нет). Например, могло бы оказаться, что эмбриогенезе млекопитающих нет запретов на ангельские крылья, а карикатурный дарвинист был в этом конкретном случае прав, предполагая, что зачатки ангельских крыльев всё-таки возникали, но не были одобрены отбором. Или, когда мы узнаем больше об эмбриогенезе, может оказаться, что ангельские крылья никогда не имели шансов на успех, и поэтому отбор никогда не имел случая одобрить их. Существует третья ситуация, которую нужно внести в этот список для законченности, что ни эмбриогенез никогда не позволил возможность развития ангельских крыльев, и одновременно отбор никогда не одобрить их, даже если они были. Но на чём мы должны настаивать – так это на том, что мы не вправе игнорировать ограничения развития, налагаемые эмбриогенезом. С этим согласны все серьёзные дарвинисты, тем не менее некоторые люди представляют себе дарвинистов отрицающими эти ограничения. Скорее всего, люди, поднимающие большой шум об "ограничениях эмбриогенеза" приписывая им анти-дарвиновскую силу, просто путают дарвинизм с вышеописанной его карикатурой.

Всё это началось с обсуждения того, что мы имеем в виду, когда говорим, что мутация "случайна". Я перечислил три типа неслучайности мутаций: они могут вызываться внешними факторами (рентгеновским излучением, и т.д.); частоты мутаций различны для различных генов; и частоты прямых мутаций не обязаны быть равны частотам обратных. К этому списку, мы только что добавили четвёртый тип: мутация неслучайна в том смысле, что она лишь может вносить изменения в существующий процесс эмбрионального развития. Она не может наколдовать, или взять из ниоткуда, любое мыслимое изменение, которое мог бы одобрить отбор. Доступная отбору вариация ограничена процессами эмбриогенеза, как он фактически работает.

Можно представить себе пятый тип неслучайности мутаций. Его мы можем только вообразить; это была бы такая форма мутации, которая была систематически смещена в направлении улучшения приспособленности животного к жизни. Но хотя мы можем это вообразить, но никто и никогда и близко не подходил к предложению каких-то механизмов, могущих реализовать это смещение. Только в этом пятом, мутационистском смысле, настоящий, реальный дарвинист настаивает, что мутация случайна. Мутации не обладают систематическим смещением в направлении адаптивного усовершенствования, и не известно (мягко говоря) никакого механизма, который мог бы направить мутации в направлениях, являющихся неслучайными в этом пятом смысле. Мутация случайна в отношении адаптивного преимущества, хотя и неслучайна во всех других смыслах. Лишь отбор, и только отбор направляет эволюцию в направлениях, которые неслучайны относительно совершенствования. Мутационизм не просто не прав фактически. Он и не мог быть прав никогда. Он в принципе неспособен объяснить эволюцию усовершенствований. Мутационизм близок ламаркизму, и он также не является ни опровергнутым конкурентом дарвинизма, ни конкурентом вообще.

То же самое верно и в отношении следующего предполагаемого конкурента дарвиновскому отбору, защищаемого кембриджским генетиком Габриэлем Дувром под странным названием "движение молекул" (так как всё вокруг состоит из молекул, то не понятно, почему гипотетический процесс Дувра должен более заслуживать название "движения молекул", чем любой другой эволюционный процесс; это напоминает мне одного знакомого, который сетовал на желудок, а зарабатывал на жизнь своим интеллектуальным мозгом). Моту Кимура, и другие сторонники нейтралистской эволюционной теории, как мы видели, не выдвигают каких-то ложных притязаний своей теорией. Они не питают иллюзий насчёт случайного дрейфа как конкурента естественному отбору при объяснении адаптивной эволюции. Они признают, что только естественный отбор может вести эволюцию в адаптивных направлениях. Они заявляют

лишь то, что значительная часть эволюционных изменений (как их видит молекулярный генетик) не адаптивны. Дувр со своей теорией не ограничивается столь скромными притязаниями. Он полагает, что может объяснить всю эволюцию без естественного отбора, хотя великодушно допускает, что в естественном отборе тоже есть частица правды!

В нашей книге, при рассмотрении таких вопросов мы первым делом обращались за помощью к примеру глаза, хотя он, конечно, только один из представителей большого множества органов, слишком сложных, и хорошо “спроектированных”, чтобы возникнуть случайно. Как я неоднократно повторял, только естественный отбор предлагает наиболее вероятное объяснение человеческого глаза, и сопоставимых в своём крайнем совершенстве и сложности органов. К счастью, Дувр сам напросился на поединок, и предложил своё собственное объяснение развития глаза. Он сказал - допустим, требуется 1000 шагов эволюции, чтобы создать глаз из ничего. Это означает, что необходима последовательность 1 000 генетических изменений, чтобы трансформировать голый участок кожи в глаз. Это представляется мне приемлемым предположением для спора. В терминах Страны Биоморф это означает, что животное с голой кожей находится в 1000 генетических шагах от животного с глазами.

Тогда, как мы объясним тот факт, что лишь правильный набор из 1000 шагов привёл к созданию глаза, каким мы его знаем? Объяснение при помощи естественного отбора хорошо известно. Если свести его к простейшей форме, то в каждом 1 000 шагов, мутации предложили множество альтернатив, из которых только одна была одобрена, потому, что она способствовала выживанию. 1000 шагов эволюции отражают 1000 последовательных точек выбора, в каждой из которых большая часть альтернатив вела к смерти. Адаптивная сложность современного глаза – это конечный продукт 1000 успешных внесознательных актов "выбора". Вид следовал именно по этому пути сквозь лабиринт всех альтернатив. На этом пути было 1000 точек разветвления, и в каждой из них, выжившие были теми, кто случайно выбрал поворот, который вёл к улучшенному зрению. Обочина жизни усыпана мёртвыми телами неудачников, выбравших ошибочный поворот в каждой из 1000 последовательных точек выбора. Глаз, который мы знаем – это конечный продукт последовательности 1000 успешных актов селективного "выбора".

Это был одна из формулировок объяснения эволюции глаза за 1000 шагов естественного отбора. Теперь, каково же объяснение Дувра? В сущности он доказывает, что не имело значения, какой выбор делала линия на каждом шаге; она ретроспективно нашла бы полезное применение получившемуся органу. Согласно Дувру, каждый шаг, сделанный линией, был случайным. Например, в шаге 1, случайная мутация распространилась по виду. Так как свежеполученная характеристика была функционально случайна, она не помогала выживанию животных. Но вид начал искать себе новое место в мире, или новый образ жизни, где они могли бы использовать эту новую случайную особенность, которую обрели их тела. Найдя эту новую окружающую среду, которая бы отвечала новой случайной части их тел, они жили так некоторое время, пока не возникла новая случайная мутация, и не распространилась по виду. Теперь вид должен рыскать по миру в поисках нового места или образа жизни, где он мог бы жить с этой новой случайной частицей, и когда он нашёл бы его, шаг 2 был закончен. Затем на третьем шаге случайная мутация опять распространилась по виду, и так далее - до 1000 шага, в конце которого, глаз, как мы его знаем, был бы сформирован. Дувр напоминает, что человеческий глаз использует то, что мы называем "видимым" светом, а не инфракрасными лучами. Но если бы случайные процессы сложились так, что обеспечили нам чувствительность к инфракрасному излучению, мы бы, несомненно, максимально использовали эту особенность, и нашли бы образ жизни, который эксплуатировал бы инфракрасное излучение по полной программе.

На первый взгляд, эта идея обладает определённым соблазнительным правдоподобием, но только на самый первый взгляд. Соблазнительность проистекает от аккуратной симметричности, с которой естественный отбор отображён в его голове. Естественный отбор, в его простейшей форме, предполагает, что окружающая среда навязывается виду, и выживают те

генетические варианты, которые лучше всего приспособлены к этой окружающей среде. Навязывается именно среда, а вид развивается, чтобы приспособиться к ней. Теория Дувра переворачивает это всё с ног на голову. Именно природа вида “навязывается”, в данном случае - превратностями мутаций, и других внутренних генетических сил, в которых он имеет особую заинтересованность. Вид затем располагается в том элементе множества всех окружающих сред, где лучше всего удовлетворяется его навязываемая природа.

Но соблазнительность симметрии поверхностна. Удивительно-блаженная непродуманность идей Дувра предстаёт во всей красе в тот момент, мы переходим к числам. Сущность его схемы в том, что на каждом из 1000 шагов не имеет значения, на какой путь вид повернёт. Каждое новшество, которое получил вид, было функционально случайно, и вид затем нашёл окружающую среду, которая удовлетворила бы её. Подразумевается, что вид нашёл бы подходящую среду, независимо от того, какую из ветвей выберет вид в каждом разветвлении пути. Вы только подумайте, сколько возможных окружающих сред нам предлагается постулировать! Всего было 1 000 точек ветвления. Если каждая точка ветвления - есть простое раздвоение (примем консервативное предположение; не будем рассматривать ни 3-х, ни 18-веточного), то общее количество годных для жизни окружающих сред, которые в принципе должны существовать, чтобы схема Дувра была работоспособна, есть 2 в степени 1000 (первое даст два пути; затем каждое из них даст по два, всего четыре; затем их будет 8, затем 16, 32, 64, ... и так далее до 2^{1000}). Это число можно записать как единицу с 301 нулём после неё. Это намного, намного больше, чем общее число атомов во всей вселенной.

Этот пресловутый конкурент естественного отбора никогда не мог работать, и не только в последний миллион лет, но и никогда в течение времени, в миллион раз превосходящем время существования вселенной, и никогда даже в миллионе вселенных, каждая из которых жила бы в миллион раз дольше. Заметьте, что этот вывод существенно не меняется, если бы мы изменили начальное предположение Дувра о необходимости 1000 шагов для построения глаза. Если мы снизим его до только 100 шагов, чего вероятно недостаточно, то мы по-прежнему находим, что множество возможных годных для жизни окружающих сред, которые должны ждать своего часа, чтобы ответить на любой случайный шаг линии, которые она могла бы выбрать, будет более миллиона миллиона миллиона миллиона миллиона. Это число меньше предыдущего, но это всё ещё означает, что огромное большинство Дуврских "окружающих сред", ожидающих своего часа, должно было быть изготовлено менее, чем из одного атома.

Следует объяснить, почему теория естественного отбора устойчива к ниспровержению симметричной версией “аргумента больших чисел”. В третьей главе мы представили всех реальных и мыслимых животных как обитателей гигантского гиперпространства. Здесь мы сделаем нечто подобное, но упростим рассуждения, рассматривая точки эволюционного ветвления как бинарные, а не 18-веточные. Итак, все возможные животные, могущие возникнуть за 1000 эволюционных шагов, взгромоздятся на гигантском дереве, которое будет ветвиться и ветвиться, и в конце концов общее число кончиков веточек составит единицу с 301 нулём. Любую фактическую эволюционную историю можно будет представить одну из троп по этому гипотетическому дереву. Из всех этих мыслимых эволюционных троп, фактически реализовывалось лишь ничтожное меньшинство. Мы можем полагать большую часть этого "древа всех возможных животных" скрытым во мраке небытия. То здесь, то там, виднеются несколько освещённых траекторий по этому тёмному дереву. Это фактически пройденные эволюционные тропы, многочисленные, как эти освещённые ветви, они, тем не менее – исчезающе малое меньшинство всех ветвей. Естественный отбор – это процесс, способный прокладывать тропы по дереву всех мыслимых животных, отыскивая лишь жизнеспособное меньшинство их. Теория естественного отбора не может быть атакована “аргументом больших чисел”, которым я атаковал теорию Дувра, потому что сущность теории естественного отбора состоит в непрерывном отсечении большинства ветвей дерева. Это как раз то, что делает естественный отбор. Он выбирает путь, шаг за шагом, по дереву всех мыслимых животных, избегая почти бесконечного большинства бесплодных ветвей – животных с глазами на подошвах ног, и т.д. – которых теория Дувра, следуя своей специфической перевернутой

логике, обязана одобрить.

Мы рассмотрели все предполагаемые альтернативы теории естественного отбора, кроме самой старой. Это теория о том, что жизнь была сотворена (как вариант – её эволюция направлялась), сознательным Творцом. Очевидно, было бы некорректно ограничиться нетрудным опровержением определённой конкретной версией этой теории, типа той (или может быть двух) что записаны в Генезисе. Почти все народы мира разработали свои собственные мифы Творения, и история, записанная в Генезисе, только одна из них; ей повезло быть усвоенной одним определённым племенем пастухов Ближнего Востока. Её статус не более привилегирован, чем вера одного западно-африканского племени, полагавшего, что мир был создан из экскрементов муравьев. У всех этих мифов есть общее - они базируются на сознательных намерениях тех или иных сверхъестественных существ.

На первый взгляд, между тем, что можно было бы назвать "мгновенное творение" и тем, что называется "направляемой эволюцией" существует важное отличие. Современные теологи любого уровня искущённости оставили веру в мгновенное творение. Свидетельства в пользу того или иного вида эволюции стали слишком непроверяемы. Но многие теологи, называющие себя эволюционистами, например бирмингемский епископ, цитированный во второй главе, тайно проносят Бога через чёрный ход: они предоставляют ему некоторую надзирающую роль над курсом, взятым эволюцией, либо влияние на ключевые моменты эволюционной истории (особенно, конечно, человеческой эволюционной истории), или даже более всестороннее вмешательство в ежедневные события, в целом и составляющие эволюционные изменения.

Подобные верования опровергнуть невозможно, особенно, если постулируется, что Бог заботится о тщательной маскировке своего вмешательства, придавая ему вид эволюции посредством естественного отбора. Мы можем сказать про такие верования лишь то, что во-первых, что они излишни, а во-вторых, что они постулируют изначальное существование того главного феномена, который собственно и требуется объяснить, а именно - организованной сложности. Уже одно то, что теория эволюции объясняет, как организованная сложность может возникнуть из девственной простоты, делает эволюцию такой изящной теорией.

Если мы хотим постулировать божество, способное к разработке всей организованной сложности в мире, будь то мгновенно, будь то посредством руководства эволюции, то мы должны постулировать божество уже очень сложное во-первых. Креационисты – будь то наивный толкователь Библии, или образованный епископ, просто постулируют уже существующее существо потрясающего интеллекта и сложности. Если мы готовы позволить себе роскошь постулировать организованную сложность не предлагая объяснений её, мы могли бы с тем же успехом проделать её работу, и просто постулировать существование жизни - той, какую мы знаем! Короче говоря, божественное творение, будь то мгновенное, будь то в форме направляемой эволюции, присоединяется к списку прочих теорий, рассмотренных нами в этой главе. Все они создают некоторое поверхностное впечатление, что являются альтернативами дарвинизму, достоинства которых могли бы быть проверены привлечением свидетельств. И все они оказываются, при более близком рассмотрении, вообще не конкурентами ему. Теория эволюции нарастающим естественным отбором – единственная, из известных нам, теория, в принципе способная объяснить существование организованной сложности. Даже если бы свидетельства её не поддерживали, она бы всё равно была бы лучшей теорией из доступных! Конечно, в её пользу много свидетельств, но это уже другая история.

Давайте резюмируем всю нашу тему. Сущность жизни – в статистической невероятности колоссального масштаба. Какое бы объяснение жизни мы бы ни приняли, ясно одно – она не может возникнуть случайно. Правильное объяснение существования жизни должно быть самой антитезой случая. Антитеза случая - неслучайное выживание, должным образом понятое. Неслучайное выживание, понятое ненадлежащим образом – это не антитеза случайности, это сама случайность. Можно представить континуум, соединяющий эти две крайности, и это будет континуум от одномоментного отбора до нарастающего. Одномоментный отбор – это просто другое название чистой случайности. Именно это я понимаю под неслучайным выживанием,

понятым недолжно. Нарастающий отбор медленными и постепенными шагами - это единственное, когда-либо предлагавшееся работающее объяснение существования сложного проекта жизни.

Вся эта книга была пропитана мыслью о том, что случайность имеет астрономически низкие шансы сразу создать порядок, сложность и целесообразность проекта. Мы искали способ приручения случайности, выдёргивания её зубов. "Неприрученный", чистый, голый шанс, означает упорядоченный проект, впрыгивающий в бытие из полного небытия одним прыжком. Если когда-то не было никакого глаза, а затем, внезапно, в миг смены одного поколения, глаз появился бы уже полностью сформированным, совершенным и законченным, то это была бы неприрученная случайность. В принципе это возможно, но шансы против этого события заставят нас заниматься выписыванием нулей до скончания времён. Тот же самое справедливо к вероятности спонтанного существования любого, полностью сформированного, совершенного и законченного существа, включая (не вижу причин делать для кого-то исключение) и Бога.

"Приручить" шанс - означает раздробить нечто совершенно невероятное на маленькие, менее невероятные компоненты, последовательно упорядоченные. Не имеет значения насколько невероятным могло бы быть появление X из Y за один шаг, если всегда возможно представить себе ряд бесконечно мало меняющихся промежуточных звеньев между ними. Как бы невероятным ни было крупное изменение, меньшие изменения менее невероятны. И если мы постулируем достаточно длинный ряд достаточно тонко градуированных промежуточных звеньев, мы будем в состоянии получить что-то из чего-то другого, без необходимости предполагать, что произошло что-то астрономически маловероятное. Нам позволительно сделать это лишь в том случае, если у нас есть достаточно времени, чтобы выстроить весь ряд промежуточных звеньев, и если имеется механизм, направляющий каждый шаг в каком-то конкретно направлении; в противном случае, эта последовательность шагов была бы нескончаемым случайным блужданием.

Вот сущность дарвиновского мировоззрения, в котором эти условия выполнены, а медленный, постепенный, нарастающий естественный отбор – окончательное объяснение нашего существования. Версии же теории эволюции, отрицающие медленный градуализм, или отрицающие центральную роль естественного отбора, могут быть истинны в конкретных случаях. Но они не могут быть всей правдой, поскольку они отрицают сердце теории эволюции, которое обладает властью разрушить астрономическую невероятность и объяснить волшебство явного чуда.

Приложение (1991)

Компьютерные программы, и эволюция самой эволюции

Компьютерная программа "Биоморф", описанная в третьей главе сейчас доступна для "Эппл Макинтош", "Нимбус" и IBM-совместимых компьютеров. Все три программы поддерживают девять основных "генов", необходимых для генерации биоморфов, как показанных в третьей главе, так и триллионов им подобных (или не подобных). Версия программы для компьютера "Макинтош" также поддерживает ряд дополнительных генов, производя "сегментированные" биоморфы (с "градиентной" сегментацией) и биоморфы, обладающие различными видами симметрии. Эти усовершенствования биоморфных хромосом, вместе с новой цветной версией программы, сейчас уже разработанные для "Макинтош-2", но ещё не выпущенные, навели меня на мысли о "эволюции самой эволюции". Это новое издание "Слепого часовщика" предоставляет мне возможность поделиться некоторыми из этих мыслей.

Естественный отбор может работать лишь с теми вариациям, которые сгенерированы мутациям. Мутация определяется как "случайная", но это означает лишь то, что она не смещена систематически к усовершенствованию, и мы можем постичь лишь в высшей степени

неслучайную субпопуляция всех вариаций. Мутация действует, изменяя процесс уже действующего эмбриогенеза. Вы не сможете сделать слона с помощью мутации, если действующий эмбриогенез - эмбриогенез осьминога. Это вполне очевидно. Что же было мне менее очевидно, пока я не начал играть с усовершенствованной программой Слепого часовщика, так это то, что не всякий эмбриогенез одинаково плодородно-отзывчив на попытки побудить его к дальнейшей эволюции.

Представьте себе, что внезапно открылись широкие перспективы эволюционных возможностей - скажем, целый континент опустел вследствие природной катастрофы. Какие виды животных заполнят эволюционный вакуум? Конечно, это должны быть потомки индивидуумов, успешных в деле выживания в пост-катастрофических условиях. Но ещё интереснее, что некоторые виды эмбриогенеза могут быть особенно удачны не только для выживания, но и для эволюции. Возможно, что причина, по которой млекопитающие так распространились после вымирания динозавров, состояла не только в том, что млекопитающие были успешны в индивидуальном выживании в пост-динозавровом мире. Возможно, что способ развития тел млекопитающих оказался также "хорош" и для генерации большого разнообразия типов – плотоядные, травоядные, муравьеды, лазающие, роющие, плавающие, и так далее, в силу чего про млекопитающих можно сказать, что они хороши и в эволюции.

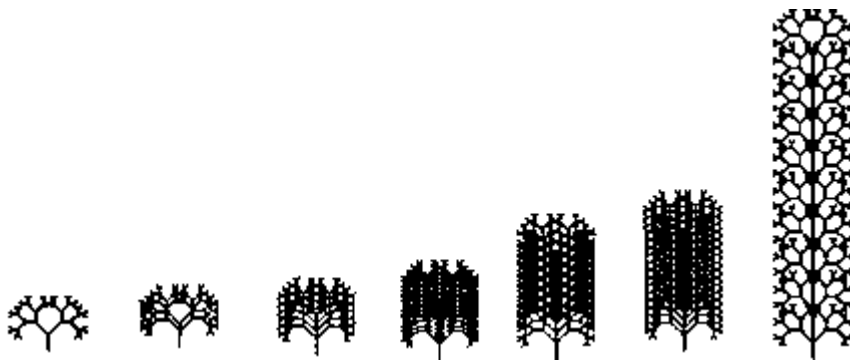
Какое отношение это имеет к компьютерным биоморфам? Вскоре после разработки программы Слепого часовщика, я экспериментировал с другими компьютерными программами, которые делали то же самое, однако использовали другой эмбриологический базис – другие принципы рисования тел, на которые могли воздействовать мутация и отбор. Эти другие программы, будучи поверхностно подобными "Слепому часовщику", оказались уныло скудными по предлагаемой широте эволюционных возможностей. Эволюция постоянно застревала в бесплодных тупиках. Вырождение, казалось, было самым типичным результатом даже тщательнейше ведомай эволюции. Напротив, эмбриология ветвящихся деревьев, лежащая в основе программы Слепого часовщика, выглядела "постоянно беременной" возобновляемыми эволюционными ресурсами; не наблюдалось никакой тенденции к автоматическому вырождению в ходе эволюции – богатство, многогранность, и даже красота, казалось, бесконечно возрождались по мере вырисовывания поколений.

Однако, как бы плодотворной и разнообразной ни была биоморфная фауна, порождаемая оригинальной программой "Слепого часовщика", я постоянно наталкивался на явные барьеры на пути дальнейшей эволюции. Но раз эмбриология "Слепого часовщика" эволюционно столь превосходит альтернативные программы, то нельзя ли предложить какую-нибудь её модификацию, расширяющую эмбриологические правила вычерчивания, которая могла бы сделать "Слепого часовщика" ещё более обильным в смысле эволюционного разнообразия? Или, другими словами, нельзя ли основную хромосому из девяти генов расширить в направлении большей плодотворности?

Разрабатывая оригинальную программу "Слепого часовщика", я преднамеренно старался не использовать мои биологические знания. Моя цель состояла в демонстрации мощи неслучайного отбора случайной вариации. Я хотел увидеть биологию, совершенство и красоту как результат отбора. Я не хотел давать самому себе поводов для обвинений в том, что я сразу встроил эти качества в программу. Эмбриология ветвящихся деревьев "Слепого часовщика" была самой первой испробованной мною эмбриологией. И как оказалось, я угадал, что стало ясно по результатам моего последующего разочаровывающего опыта с альтернативными эмбриогенезами. В своих размышлениях о способах усовершенствования основной "хромосомы", я позволил себе роскошь использовать кое-что из моих биологических знаний и интуиции. Большинство эволюционно успешных групп животных обладают сегментированным строением тела. Также в числе фундаментальных особенностей строения тела животных – виды их симметрии. Стало быть, новые гены, которые я добавил к хромосоме биоморфа, управляли сегментацией и симметрией. Мы с вами, и все позвоночные, сегментированы. Это видно по нашим рёбрам, и нашему позвоночнику, повторяющийся характер которых виден не только на самих костях, но и в связанных с ними мышцах, нервах и кровеносных сосудах. Даже наши

голова в сущности сегментированы, но сегментная структура головы у взрослого незаметна никому, кроме специалистов, изучающих эмбриональную анатомию. Рыбы сегментированы более явно, чем мы (вспомните о батарее мышц, проходящих вдоль позвоночника копчёной сельди). У ракообразных, насекомых, и многоножек сегментация хорошо видна даже извне. Различие в этом отношении между многоножкой и омаром состоит в степени однородности. Многоножка подобна длинному товарному поезду с почти идентичными вагонами. Омар подобен поезду с пёстрым разнообразием товарных и пассажирских вагонов, в основе одинаковых и одинаково соединённых между собой, с придатками, исходящими из каждого. Но кое-где вагоны сварены вместе в группы, а придатки стали большими ногами или клешнями. В области хвоста вагончики и меньше, и однообразнее, а их когтистые боковые отростки стали маленьким, перообразными "лопастями".

Чтобы сделать биоморфы сегментированными, я сделал очевидную вещь - ввёл один новый ген, управляющий "числом сегментов", а также другой новый ген, управляющий "расстоянием между сегментами". Один полный биоморф старого стиля стал отдельным сегментом биоморфа нового стиля.

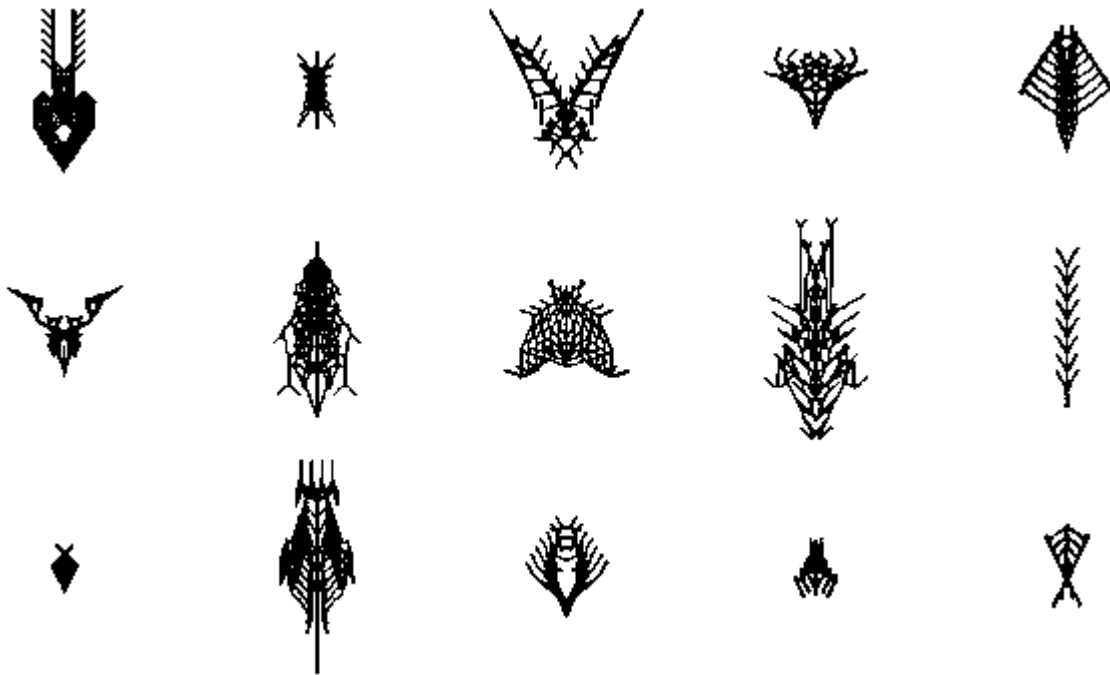


Выше показаны семь биоморф, отличающиеся только геном "числа сегментов", или геном "расстояния между сегментами". Левый биоморф – наше старое знакомое ветвящееся дерево, а другие – лишь последовательно повторяющиеся вагончики из этого же дерева. Простое дерево, как все биоморфы оригинальной версии программы "Слепой часовщик, являются частным случаем "односегментного животного".

Пока что я говорил только об однородной сегментации, как у многоножек. Сегменты у омара отличаются друг от друга сложным образом. Простейший стиль изменения сегментов – по "градиентам". У мокрицы сегменты больше похожи друг на друга, чем у омара, но всё же они не так однородны, как у типичной многоножки (фактически некоторые с виду "мокрицы" являются многоножками). Мокрицы уже спереди и сзади, и шире в середине. При отображении её по мере движения от головы к хвосту, градиент размера сегментов будет максимальным в середине. Другие сегментированные животные, например вымершие трилобиты, имеют наибольшую ширину спереди, и заострение сзади. У них более простой градиент размера, достигающий максимума с одного конца. Именно этому более простому виду градиента я стремился подражать в своих сегментированных биоморфах. Я реализовывал это, прибавляя константу (возможно - отрицательную) к значению конкретного гена, идя от головы к хвосту. Из следующих трёх биоморфов, у левого нет никаких градиентов, у среднего есть градиент гена 1, а у правого – гена 4.

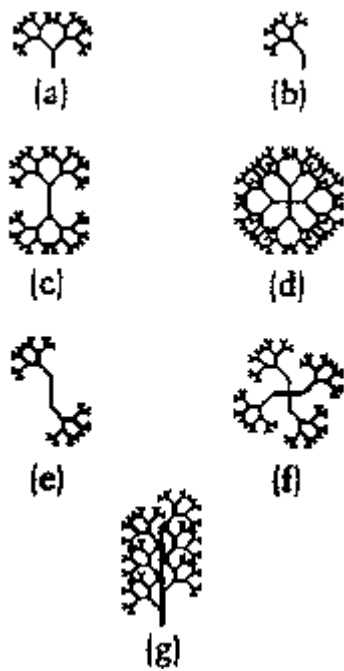


Нарастив основную хромосому биоморфа этими двумя генами, и ассоциированными генами градиента, я был готов дать волю новому стилю биоморфной эмбриологии в компьютере, и смотреть, что он может делать в ходе эволюции. Сравните следующую картину с рисунком 5 третьей главы, где у всех биоморф отсутствует сегментация.

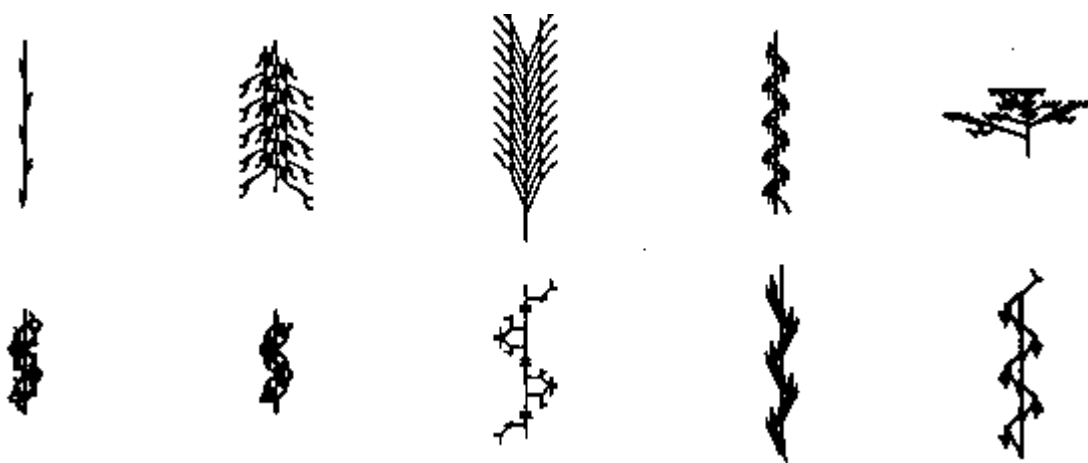


Думаю, вы согласитесь, что стал доступен более "биологически интересный" диапазон эволюционного многообразия. "Изобретение" сегментации, как нового крупного достижения эмбриологии, выпустило на волю новый эволюционный потенциал в стране компьютерных биоморфов. Я догадываюсь, что нечто подобное случилось в эволюции позвоночных, первых сегментированных предков насекомых, омаров и многоножек. Изобретение сегментации было поворотным событием эволюции.

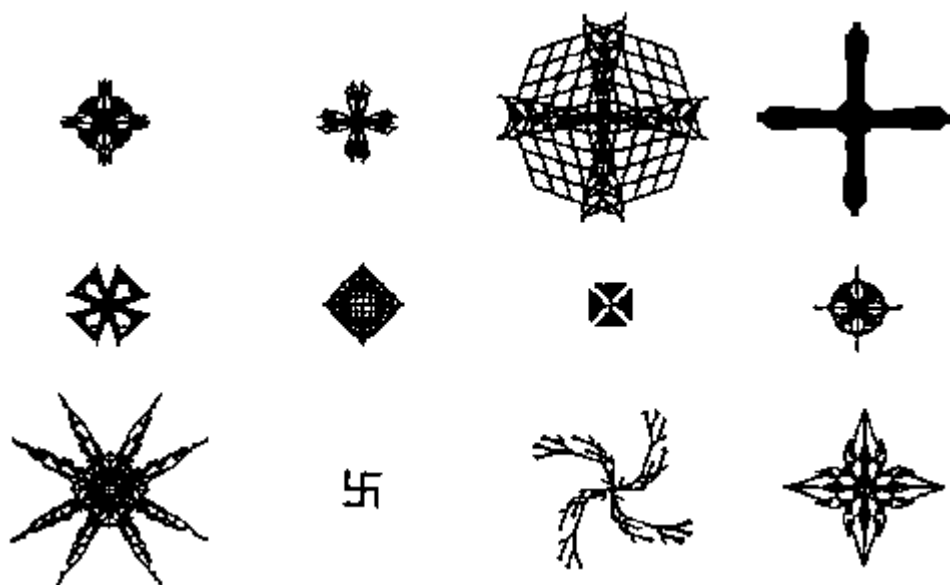
Симметрия была другим очевидным новшеством. Оригинальные биоморфы "Слепого часовщика", были ограничены вертикально-осевой симметрией. Я добавил новый ген, сделавший симметрию не обязательной. Этот новый ген определял, будет ли биоморф с его оригинальным набором девяти генов напоминать базовое дерево (a) или (b). Другие гены определяли, будет ли он симметрично отражён сверху вниз, (c), или обладать полной четырёхсторонней симметрией, (d). Эти новые гены могли изменяться в любой комбинации, как в (e) и (f). Я добавил подсказанное растениями ограничение: когда сегментированные животные были асимметричны относительно горизонтальной оси, то противостоящие сегменты должны быть асимметричны в противостоящих направлениях, как в (g).



Вооруженный этими новыми генами, я снова приступил к энергичной программе разведения животных, чтобы посмотреть, может ли эта ещё более новая эмбриология породить ещё обильную эволюцию. Вот набор сегментированных биоморф с асимметрией по средней линии:

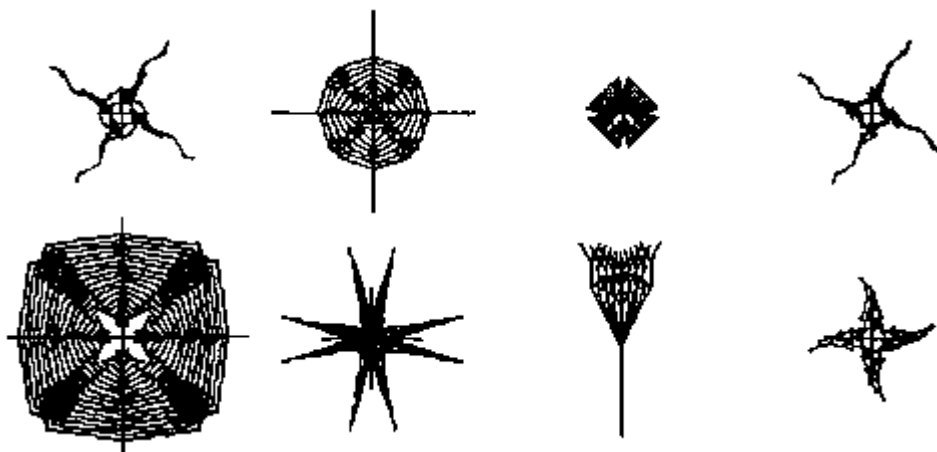


А здесь приведено несколько радиально-симметричных биоморф, сегментация которых, если она вообще есть, может быть столь же скрытной, как и у головы взрослого человека:



Ген полной радиальной симметрии более соблазняет селекционера на разведение приятных абстрактных проектов, нежели биологически реалистичных, которые я искал изначально. Это даже более актуально для цветной версии программы, которую я сейчас разрабатываю.

Одна группа животных - иглокожие (включающая морскую звезду, морского ёжа, офиура и морскую лилию), очень нетипичны своей пятисторонней симметрией. Я не сомневаюсь, что как бы упорно я, или кто-нибудь другой ни пытались сделать это, но мы никогда не получили бы пятилучевую симметрию в результате случайной мутации существующего эмбриогенеза. Это бы потребовало новой "переломной" новации в эмбриологии биоморф, так что я и не пытался. Но в природе иногда бывают уродливые морские звёзды и морские ёжи с четырьмя или шестью конечностями вместо обычных пяти. Исследуя Страну биоморф, я натолкнулся на поверхностно схожие с морской звездой или ежом формами, которые подтолкнули меня на селекцию в сторону увеличения сходства. Вот коллекция биоморф, сходных с иглокожими, хотя ни один из них не обладает необходимым для полного подобия пятью конечностями:



В качестве финального испытания многогранности моей новой эмбриологии биоморф, я поставил себе задачу размножения биоморфного алфавита, достаточно полного, чтобы написать своё имя. Каждый раз, когда я наталкивался на биоморф, который был похож, пусть и слегка, на букву алфавита, я селектировал его, дабы увеличить сходство. Приговор этой честолюбивой попытке неоднозначен, мягко говоря. "Т" и "N" почти точны. "А" и "H" респектабельны, разве что чуть нескладны. "D" плоха, а вот вывести должную "К", я подозреваю, просто невозможно - я был вынужден слукавить, заимствуя вертикальный штрих у

"W". Подозреваю, что нужно было бы добавить ещё один ген, прежде чем правдоподобная "K" могла бы быть развита.

RICHARD DAWKINS

После этой несколько неграмотной попытки подписать своё имя, я имел больше везения с эволюцией имени того вдохновляющего артефакта, с помощью которого вся эта работа и была проделана

MACINTOSH

На меня произвело сильное впечатление, надеюсь, поддержанное этими иллюстрациями, то, как введение нескольких радикальных перемен в фундаментальной эмбриологии биоморф открыло новые перспективы эволюционных возможностей, которые были просто недоступны первоначальной программе, описанной в третьей главе. И как я сказал выше, я полагаю, что нечто подобное происходило при различных обстоятельствах в эволюции некоторых известных групп животных и растений. Изобретение сегментации нашими предками, и независимо – предками членистоногих, вероятно является только одним примером нескольких переломных событий нашей эволюционной истории. Эти переломные события, по крайней мере - если на них смотреть с мудростью ретроспективы, отличаются от обычных эволюционных изменений. Наши первые сегментированные предки, и первые сегментированные предки дождевых червей и насекомых, возможно и не были особенно хороши в выживании как индивидуумы, хотя очевидно они всё же выживали; в противном случае нас, их потомком, здесь бы не было. Моя позиция сейчас такова, что изобретение сегментации этими прародителями было значимее, чем одна лишь новая техника выживания, такая как более острые зубы или более острое зрение. Когда сегментация добавилась к эмбриогенетическим процедурам наших прародителей, то безотносительно к тому, помогло ли это им в выживании, или не очень, но линии, которым они принадлежали, внезапно стали лучше эволюционировать.

Современные животные – мы, позвоночные и все наши попутчики на этой планете, наследуют гены непрерывной линии прародителей, которые были удачливы в индивидуальном выживании. Это я старался максимально ясно дать понять в “Слепом Часовщике”. Но мы также наследуем те эмбриогенетические процедуры прародительских линий, которые были хороши для эволюции. Существовал своего рода отбор более высокого уровня среди линий, не в пользу их способности выживать, а в пользу их способности долго эволюционировать. Мы носим накопленные усовершенствования множества переломных событий, и изобретение сегментации - только одно из них. В направлении улучшений развивались не только тела и поведение. Мы можем даже говорить, что сама эволюция эволюционировала. Имела место прогрессивная эволюция способности к эволюции.

Версия программы Слепой часовщика для Макинтоша имеет меню опций, позволяющее включить или выключить главные категории мутаций. Выключив все новые типы мутаций, мы возвращаемся к более ранней версии программы (или существующей IBM версии). Проведите селекцию какое-то время при этих условиях, и вы получите некоторое впечатление не только огромности диапазона фаун, разрешённых в ранней программе, но и её ограничений. И если вы затем включите, скажем, мутации сегментации, или мутации симметрии (или если вы переключаете с IBM на Макинтош), вы можете испытать ликующее чувство, в чём-то подобное чувству освобождения, которое, возможно, сопровождало великие переломные события эволюции.