



КРАТКАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ



Марк Бертнесс

— ТАЙНЫ МИРОВОЙ ИСТОРИИ —

Новый взгляд на развитие
человеческой цивилизации

Марк Бертнесс
Краткая естественная
история цивилизации
Серия «Тайны мировой истории»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=63075635

*Краткая естественная история цивилизации / М. Бертнесс: АСТ;
Москва; 2020*

ISBN 978-5-17-122502-5

Аннотация

Продолжая линию, намеченную классиками научно-популярной литературы Джаредом Даймондом и Ювалем Харари, почетный профессор биологии Брауновского университета Марк Бертнесс рассматривает историю цивилизации как продолжение естественной истории. Так, эволюция – это не только дарвиновская борьба за существование в рамках естественного отбора, но и взаимовыгодное межвидовое сотрудничество, и именно оно лежит в основе всех процессов на Земле, от зарождения жизни до становления культуры. А значит, человеческая цивилизация – не случайность и не воплощение блестящей идеи, а эволюционная судьба.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

Содержание

Предисловие	5
Благодарности	9
Краткая естественная история цивилизации	11
Введение	11
Часть I	32
Глава 1	32
Начало Вселенной	34
Компоненты жизни	38
Конкуренция... и сотрудничество	45
Гипотеза Геи и аутопоэзис	50
Прибрежные засоленные болота: пример исследования мутуализма и самоорганизации	57
Конец ознакомительного фрагмента.	58

Марк Бертнесс

Краткая естественная история цивилизации

*Посвящается Джанетт и Саре,
сильным женщинам, которые подарили мне
смысл жизни*

Предисловие

Большая часть моей жизни была связана с морским побережьем. С самого детства, которое я провел, исследуя берега залива Пьюджет-Саунд в штате Вашингтон, я был очарован животными, растениями и взаимодействиями, происходящими там, где вода встречается с сушей. Это увлечение привело меня к научным исследованиям и карьере, сфокусированной на экологии береговой линии, что дало мне понимание этих ландшафтов как микрокосмов более могучих сил, то есть как театры действия эволюционных сил, изобилующие драмами эволюционного отбора и отношениями конкуренции и сотрудничества биологических видов. Но изучение береговой линии это не только о моллюсках и крабах: деятельность человека повлияла на экологию нашего мира в целом. Мы не можем думать о взаимосвязанных эффектах, партнерских отношениях и битвах, происходящих в мире природы, не думая одновременно о людях, являющихся в настоящее время частью этих контактных зон, независимо от того, присутствуют ли они там явно (например, в домиках прибрежных поселков) или действующих невидимо (вызывая рост глобальной температуры или распространяя инвазивные виды). Мы являемся и всегда были такой же частью природы, как тростник и моллюски.

Вместо того, чтобы делить нашу концепцию истории

между естественной историей и человеческой историей, я предпочитаю рассматривать историю цивилизации как естественную историю, продолжая линию, намеченную такими авторами, как Джаред Даймонд и Юваль Харари. Это означает стремление к пониманию того, как цивилизация и ее продукты – от сельского хозяйства и лекарств до политических иерархий и религиозных систем – произошли из нашего эволюционного прошлого в конкретных условиях среды обитания. Естественная история цивилизации требует рассмотрения каждого шага того, что мы склонны называть «прогрессом человечества», как ответа на возникающие проблемы естественной истории.

Но это еще не все, так как для осмысления человеческой цивилизации через ее естественную историю мы должны знать, что такое естественная история, а это требует точного, целостного понимания эволюции. Полвека назад эволюцию рассматривали главным образом как дарвиновские битвы естественного отбора: выживание наиболее приспособленных, когда изменения происходят благодаря конкуренции между антагонистами. Это, безусловно, один из компонентов эволюции, но часто упускается из виду (даже и в научном сообществе) неотъемлемая и мощная роль сотрудничества. Кооперативные взаимодействия раз за разом способны преодолевать конкуренцию и разного рода эгоцентричные тенденции соперничества, называемые Ричардом Докинзом «эгоистичными генами». Эта основанная на

сотрудничестве структура жизни на Земле не только удерживает вместе биологические системы, от которых зависят люди, но она также была ответственна за основные инновационные переломные моменты в эволюционной истории, такие как возникновение клетки, формирование многоклеточных организмов, возникновение человека, сельскохозяйственные революции и саму цивилизацию.

Рассмотреть эту историю очень важно, и сегодня более важно, чем когда-либо прежде. Без знания того, насколько мы привязаны к окружающему нас миру, в то время когда мы способны воздействовать на него так, как никогда ранее, наш биологический вид будет предрасположен к краху. В отличие от других организмов на нашей планете, мы оказались способны преодолевать ограничения естественных экосистем, продолжая расти и наполнять собою мир, нуждаясь во все большем объеме ресурсов и оставляя все больше разнообразных отходов. Я написал эту книгу, чтобы изложить в ней то, что естествоиспытатели и ученые узнали о мире природы, эволюции и о нас самих за последние полвека. Я надеюсь, что понимание того, насколько мы связаны и зависим от живых организмов и сложных систем мира, позволит нам сменить наше представление об эволюции как о чистой конкуренции – представление, явившееся, как я полагаю, двигателем нашего яростного и разрушительного гипертрофированного роста как биологического вида.

В этой книге я приведу примеры всеобъемлющего сотруд-

ничества, приведшего к могуществу нашего биологического вида, и предположу, что намеренный поворот к совместным процессам и программам – единственный путь к дальнейшему выживанию нашей цивилизации. При этом я стремился перевести данные научных исследований на повседневный язык. Такой подход означает, что я могу иногда опускать проводимые учеными тонкие различия. Но я считаю, что изложение наиболее общих результатов современных исследований важно как способ обогащения всей нашей деятельности, от дебатов в сфере государственной политики до решений, касающихся образа жизни. Мы нуждаемся в совместно согласованном и общепризнанном понимании наших отношений с миром. Оно начинается со знания о происхождении нашего биологического вида и нашей цивилизации и заканчивается четким пониманием того, как мы влияем на создавший нас мир.

Благодарности

Десятилетия работы бок о бок с любознательными студентами над умиротворяюще предсказуемыми закономерностями в природе привели к написанию этой книги. Изучение простых вопросов о том, что создает закономерности на береговых линиях, преподало мне уроки естествознания, приложенные мною к человеческой культуре и цивилизации. За этот путь открытий я обязан несметному числу студентов, с которыми я работал и учился в Университете Брауна и в других местах. Их слишком много, чтобы упоминать всех по именам, но все они оказали влияние на мысли и слова этой книги.

Некоторые студенты и коллеги побуждали меня написать эту книгу, а затем вычитывали и/или комментировали сырые и практически нечитаемые ее ранние наброски. Среди этих коллег особенно важны Даррелл Уэст, Джон Бруно, Лео Бусс, Сэм Лэш, Керин Гедан, Брюс Уилер, Марк Торсон и Кью Хи, каждый был полезен по-своему.

Я в равной степени признателен за неоценимую помощь и советы, полученные мною от редакторов, рецензентов и художников, с которыми я работал. Тим ДеМей, поэт и талантливый писатель, помог мне сделать язык доступным и занимательным для широкого круга читателей. Джин Томсон Блэк, Майкл Денин и Джули Карлсон поддержали ме-

ня и помогли мне в переговорах с Издательством Йельского университета. Моя сербская дочь Анджела Брасанац и ее команда оформителей и художников, в частности Адриан Каравдич, помогли мне правильно подобрать иллюстративные материалы. Дебби Николлс помогла найти владельцев изображений и получить разрешения на их использование. Пол Эвальд вселил в меня вдохновение и уверенность, столь необходимые для завершения этого проекта, когда я в них больше всего нуждался. И анонимные рецензенты дали принципиально важную для меня оценку плюсов и минусов моих идей и рукописи. Помимо этой помощи и советов, я один несу ответственность за любые факты и ошибки в этой книге. Я, в конце концов, естествоиспытатель по профессии и историк-любитель по увлечению. Все мнения и упущения мои собственные.

Мои первые наставники Майк Тейт, Гарри Вермей и Боб Пейн вдохновили меня изучать природу, а не стоять в стороне. Мои жена и дочь, Джанетт и Сара, как всегда, искренне поддерживали меня как в хорошие, так и в плохие дни.

Я чрезвычайно благодарен всем.

Краткая естественная история цивилизации

Введение

Почему естественная история

«Кто мы?», «Откуда мы пришли?», «Куда мы идем?». Эти вопросы стоят в ряду древнейших, глубоко укоренившихся в наших социальных группах, культурах и цивилизациях. Наш интерес к этим вопросам отражает нашу эгоцентрическую точку зрения, поскольку мы, люди, ощущая мир, включаем наше окружение и других людей в осознание того, кто мы есть. Наши философские системы и науки также начинались как полностью антропоцентрические или «человекоцентричные», где мы были центром и целью Вселенной. Но за последнюю сотню лет мы поняли, что не только далеки от центра, но занимаем бесконечно малую долю пространства и времени. Столь кардинальная переориентация наших религий и философий, наших наук и сообществ, привела к радикальному пересмотру нашего понимания того, кем мы являемся в качестве биологического вида.

Этой книгой я надеюсь вдохновить подобный пересмотр нашего понимания самих себя, поделившись с читателями

тем, что я знаю о *естественной* истории нашего биологического вида, то есть объяснить, каким образом люди тоже включены в сферу действий и реакций биологического мира. Противодействуя традиции рассматривать человеческую историю как отдельную и привилегированную сравнительно с историей мира природы, я надеюсь пролить свет на основополагающие представления о нас самих и о нашем мире, представления, способные изменить то, как мы решаем стоящие перед всеми нами насущные проблемы.

Когда я рос в штате Вашингтон, я исследовал залив Пьюджет-Саунд, побережья и прибрежные леса Орегона, собирал раковины моллюсков и панцири крабов, узнавая, где именно и когда их можно было найти. Растения и животные береговой линии встречаются на определенных уровнях и в предсказуемые периоды времени, и я был очарован этими закономерностями, сразу бросающимися в глаза и успокаивающими. Чего я тогда не понимал, так это того, что мое любопытство и влечение пришли из первородного, исконного источника. Стремление понимать, интерпретировать и следовать закономерностям нашего естественного окружения сделало нас теми, кто мы есть сегодня.

Естественная история обращает внимание на отдельные и взаимодействующие факторы, определяющие потребность в ресурсах, их распределение и воспроизводство, а также гибель индивидов, популяций и биологических видов. Это изучение взаимодействия среды обитания и ее обитателей,

но также оно может касаться интуитивного понимания наших предков, обеспечившего их выживание и успешное размножение. *Homo sapiens*, как и наш вымерший близкий родственник *Homo erectus*, провели более 99 % времени своего существования на Земле в качестве охотников-собирателей. Наш миллионлетний генетический багаж опыта охотников-собирателей затмевает наш всего лишь десятитысячелетний цивилизационный опыт. Поэтому неудивительно, что в нас можно обнаружить влечение к морскому побережью, звучащее эхом одного из многих наследственных остатков знакомого нам, хотя и отдаленного прошлого. Обеспечиваемые береговыми линиями богатые запасы источников пищи и относительная безопасность от хищников означали, что они являлись важнейшими охотничьими территориями и путями передвижения. Опыт передвижения вдоль морских берегов был просто необходим для выживания человека наряду, например, с умением избегать змей или отличать съедобные грибы и безобидные морские губки от яркоокрашенных опасных. Поэтому береговая линия запечатлелась в наших душах и ДНК. Истории природы и человечества, как это и было всегда, неразрывно переплетены.

Как биологический вид мы имеем долгую, кровную связь со всей жизнью на Земле. Мы знаем, что самовоспроизводящаяся жизнь на нашей планете появилась только один раз, так как все организмы, от вирусов и бактерий до людей, устроены в соответствии с одним и тем же генетическим сво-

дом правил и имеют один и тот же язык программирования ДНК. Наша ДНК сходна с ДНК моллюсков даже больше, чем собачья, и почти идентична ДНК приматов. Хотя мы стали одним их наиболее доминирующих видов на Земле и избегаем многих ограничений, действующих на другие виды, мы продолжаем жить внутри среды обитания и ограничены многими основополагающими правилами нашей естественной истории. Мы являемся обладающими большим мозгом сообразительными продуктами тех же экологических и эволюционных процессов, что формируют жизнь всех остальных организмов, процессов, приведших к фундаментальным параллелям в пространственной и социальной структуре человеческой цивилизации и сообществ животных и растений. Хотя мы забыли эту родословную и общую генеалогию, изучение истории человечества как естественной истории способно напомнить нам о нашем прошлом и предсказать наше будущее.

Этот подход ни в коем случае не нов. Он лежит в основе авторитетных работ Чарльза Дарвина, Карла Маркса, Эдварда О. Уилсона и других авторов. Но за последние несколько десятилетий наше понимание человеческой и естественной истории ускорилось такими сумасшедшими темпами, что для широкой читательской аудитории необходимы новые анализы и обобщения. Поскольку затрагиваемые нами темы подробнее анализируются в специальных статьях и монографиях (цитируемых по мере их рассмотрения), я фоку-

сируюсь не на отдельных деталях, но преимущественно на обобщении наиболее важных новых данных, имеющихся в разрозненном виде в научной литературе.

Включение естествознания в процесс нашего самопознания является критически важной и нелегкой задачей. Вопреки жизненно важной роли естественной истории в выживании наших предков и значении тонкой настройки наших отношений со средой обитания, осуществлявшейся в течение миллионов лет проб и ошибок, в настоящее время значение естественной истории часто умаляется, как устаревший метод наблюдения за растениями и животными. В разительном контрасте со своим величественным началом в Древней Греции, где естествознание было первейшей наукой, имевшей целью понимание всего на свете, от звезд на небе до деревьев в лесу, сегодня его часто откладывают в сторону в пользу больших наборов данных, получаемых из вторых или третьих рук, и обобщенных данных. Но естественная история не демократична, не зависит от книжных данных, и границы науки все еще раздвигаются с помощью смелых, творческих и уникальных наблюдений. Геолог XIX века Луи Агасис прославился своим предположением относительно того (основываясь на десятилетиях наблюдений в Швейцарских Альпах), что геологические формации являются продуктом происходящих в природе процессов, а не творением высшего существа, и мудро учил своих учеников изучать природу, а не книги. Эта простая мантра высечена в граните над

входом в Морскую биологическую лабораторию в Вудс-Холл, одном из мест рождения американской науки.

Моя собственная работа как ученого, изучающего береговые линии, опиралась на философию Агассиса. Это, в числе прочего, привело меня к убеждению, что вся жизнь на Земле, включая саму нашу цивилизацию, развивалась и управляется одними и теми же физическими и биологическими процессами, разворачивающимися в ходе эволюции: *симбиогенезом* и *иерархической самоорганизацией*. Многие из идей, связанных с этими процессами, относительно новы либо недавно были уточнены и оценены по достоинству. Все они отражают возрастающий интерес к компонентам сотрудничества в ходе совместной жизни. Одна из целей настоящей книги – изложить историю этих идей как неотъемлемых составляющих обновленной естественной истории цивилизации, вобравшей в себя то, что мы узнали благодаря большому числу научных открытий XX столетия.

Указанные выше процессы наиболее заметны в динамических отношениях элементов и участников отдельно взятого сообщества. Подобно взаимоотношениям, сложившимся между охотниками-собирающими или растениями и животными береговой линии, все сообщества – от коралловых рифов до городов – связаны своими положительными и отрицательными взаимодействиями, то есть экосистемой развивавшихся с течением времени кооперативных и конкурентных сил. Атомы, притягивающие и отталкивающие друг дру-

га на молекулярном уровне, входят в биологические ритмы конкуренции и взаимодействия клеток и микроорганизмов, формирующих многоклеточные организмы. Растения и животные также конкурируют и сотрудничают при формировании сообществ лесов и прибрежных соленых болот. От атомов до экосистем структура и организация обусловлены конфликтами, совместимостью, взаимодействием и равновесием.

Естественную историю не всегда рассматривали подобным образом. Еще менее полувека назад главенствующей силой, формирующей естественный отбор и экосистемы, считалась конкуренция видов за ограниченные ресурсы. «Выживание наиболее приспособленных» Герберта Спенсера и «окровавленные зубы и когти природы» Альфреда Теннисона все еще правили бал, сражаясь с перспективой «холодной войны», оставлявшей немного места для сотрудничества и групповых выгод. Положительные отношения сотрудничества между людьми, биологическими видами и популяциями оставались недооцененными. Партнерство, симбиотические отношения и *мутуализм* в природе – явления, в которых выигрывают все участники – считались интересными побочными сюжетами или исключениями из правила, но не организующими принципами. Такая точка зрения бросает длинную тень на историю человечества, также интерпретируемую преимущественно как повествование о конкуренции и конфликтах. Постигание того, что многоклеточ-

ные организмы возникли благодаря кооперации органелл наших клеток с микроорганизмами, изменило ход этого повествования. Вскоре мы оказались в состоянии замечать подобные эффекты взаимообусловленности и сотрудничества повсюду, вплоть до того момента, когда мутуализм и положительная обратная связь не стали восприниматься как важные элементы «строительных лесов» жизни и цивилизации на Земле. Это ключевые понятия. Для ясности: *мутуализмы* — это взаимные положительные взаимодействия между неродственными видами, приносящие пользу обоим видам, и в силу этого эволюционно закрепляемые естественным отбором и экологическими положительными обратными связями. Более техническое понятие *симбиогенеза* относится к основополагающей конструктивной роли, которую симбиотические кооперативные взаимодействия сыграли в преодолении препятствий на пути становления жизни на Земле.

Получив подсказку относительно значимости сотрудничества и рекурсивных отношений между биологическими видами, ученые стали обнаруживать и документировать жизненно важную роль сотрудничества вновь и вновь. Отец американской экологии Джордж Эвелин Хатчинсон метафорически представлял связь между естественной историей и естественным отбором фразой «экологический театр и эволюционная пьеса», ставшей названием его монографии 1965 г.¹ То есть сюжет и разворачивание пьесы или драмы

¹ Hutchinson, Ecological Theater.

зависят от состава театра, и, в свою очередь, сама пьеса может влиять на свою постановку. Совсем недавно британский биолог Ричард Докинз привел эволюцию к ее наименьшему общему знаменателю, представив в качестве субстрата для операций естественного отбора отдельных особей, выступающих как машины выживания для «эгоистичных генов». Эти эгоистичные гены являются для Докинза подлинными актерами эволюции, а все остальное – это просто их носители, ресурсы или препятствия для их действий. Но сотрудничество и групповые выгоды, тем не менее, согласуются с таким геноцентрическим взглядом на жизнь.

Помимо этого, эволюционная пьеса Дарвина изначально представляла естественный отбор как медленный, долгий процесс, что, безусловно, верно. Но в последнее время было показано, что естественный отбор способен также и к быстрым изменениям, таким, как формирование заметных морфологических и иных адаптивных признаков, отвечающих новым или флуктуирующим задачам. Эти явления очевидны в нашей повседневной жизни – например, развитие устойчивости патогенов к антибиотикам, развивающейся после их недолгого применения, что вынуждает нас, в свою очередь, пересматривать нашу антимикробную тактику. Но эта ускоренная версия эволюции не ограничена лишь быстро размножающимися микробами. Одна из первых демонстраций быстрого естественного отбора в дикой природе была проведена в Университете Брауна в 1898 г., недалеко от того места,

где сейчас находится мой офис². Хермон Кэри Бампус, молодой профессор Университета Брауна, заинтересовавшийся активно развивавшейся в то время математической статистикой, обнаружил в анатомической лаборатории Университета 136 беспомощных домашних воробьев, пойманных в ледяной шторм на холме Колледж-Хилл. Он забрал их и попытался восстановить их здоровье в своей лаборатории, но добился лишь частичного успеха, многие воробьи погибли. Когда Бампус измерил морфологические признаки выживших и погибших воробьев, он обнаружил одно из первых проявлений естественного отбора в этой области: проще говоря, выжившие воробьи были крупнее и сильнее погибших. Столетие спустя подобные случаи быстрого эволюционного развития оказались на переднем крае эволюционной биологии. Десятилетия кропотливых и упорных исследований зябликов Дарвина (известных также как галапагосские зяблики) биологами Принстонского университета Питером и Розмари Грант показали, что типы клювов этих птиц, от мощных, приспособленных к расклеиванию орехов, до тонких насекомоядного типа, наряду с пищевыми предпочтениями, могут быстро изменяться, адаптируясь к переменам в состоянии пищевых ресурсов³. Эволюция это не всегда медленный процесс, как мы полагали. Даже медленно размножающиеся позвоночные могут с высокой скоростью реагировать на

² Johnston, Niles, and Rohwer, "Hermon Bumpus and Natural Selection."

³ Johnston, Niles, and Rohwer, "Hermon Bumpus and Natural Selection."

быстрые изменения среды обитания, если имеют достаточный запас генетической изменчивости.

Изменения нашего понимания эволюции включали тенденцию 1960-х и 1970-х гг., характеризующуюся не критичными эволюционными интерпретациями развития группового поведения и индивидуальных поведенческих признаков. Прежде всех стоит отметить британского биолога Веро Винн-Эдвардса, известного своей поддержкой группового отбора на уровне вида. Он утверждал, что признаки эволюционируют на благо вида в целом, но эта идея не была подтверждена какими-либо данным или теорией⁴. Однако за последние пару десятилетий биологи-эволюционисты обнаружили, что объясняющая сила естественного отбора и эволюции может выходить за рамки моделей простого выживания наиболее приспособленных особей, ограниченных в пределах популяции одного биологического вида. Эту новую модель эволюции лучше рассматривать как модель, охватывающую интерактивные, кооперативные сети организмов, а не состоящую исключительно из эгоистичных и независимых организмов – как выживание наиболее приспособленных групп, а не просто выживание наиболее приспособленных индивидов⁵. Таким образом, модели симбиогенеза описывают, как виды развиваются вместе с другими видами и, соответственно, действуют на более высоких уровнях орга-

⁴ Wynne-Edwards, *Animal Dispersion*.

⁵ Wilson, *Genesis*; Christakis, *Blueprint*.

низации. Это меняет наш взгляд на естественный отбор, так как групповое поведение в локальном, региональном и даже глобальном масштабах может подвергаться отбору в случае, если повышает генетический успех. Эёрс Шатмэри и Джон Мейнард Смит утверждали, что даже основные переходы в эволюции жизни на Земле – от клеток к растениям, животным и вплоть до социальной организации – все они были вызваны не конкуренцией между машинами эгоистичных генов, а скорее сотрудничеством. Одна из целей этой книги заключается в том, чтобы упрочить эти интерпретации в предположении о том, что сотрудничество между группами может даже побить козыри конкуренции, одной из движущих сил эволюции.

В эволюционной теории имеется два способа оценки группового отбора: традиционный неоспоримый и обновленный более радикальный. В первом случае групповой отбор осуществляется тогда, когда индивид получает больше преимуществ, живя в группе или в сообществе, а не в одиночку. Другими словами, работающая на индивидуальном уровне эволюция ведет к жизни в группе. Это с готовностью принимается в мире, и мы можем видеть это, например, в случае брюхоногих моллюсков и морских желудей, обитающих под покровом водорослей. Второй же способ признает случаи, когда *единицей естественного отбора* становится группа, а не отдельный индивид. Такие группы часто связаны общим генетическим родством или родствен-

ным отбором, например пчелиные семьи и колонии сусликов. Этот второй вид группового отбора расширяет эволюционные возможности сотрудничества в экосистеме. Континуум между индивидуальным отбором и групповым отбором это то, что мы хотели бы понять в нашей истории эволюции, особенно потому, что групповой отбор мощнее объясняет компоненты эволюции человеческой культуры, в частности кооперативные технологии, такие как речь и торговля, в противовес конкурентным силам. Групповые блага могут дать наибольший выигрыш для отдельных людей и стать движущей силой человеческой истории и самой цивилизации. Расширенная естественная история это то, что описывает переход от ядросодержащих клеток и многоклеточных организмов к совместной охоте, торговле, социальной организации, революциям в цивилизации и экстремальному росту населения. Это история возрастающего сотрудничества, сделавшего нас такими, какие мы есть сегодня. Если мы позволим ей восторжествовать и помогать нам в принятии решений, это сможет изменить наше будущее.

Таким образом, жизнь на нашей планете требует и позитивных, и негативных взаимодействий биологических видов, коэволюции и симбиоза или мутуализма с органическим окружением. Вместо того, чтобы быть интересными побочными сюжетами, эти процессы, в совокупности называемые здесь симбиогенезом, создают, строят и поддерживают сцену для экологических взаимодействий в эволюцион-

ном театре, формирующем нашу историю. Симбиогенез генерирует закономерности в природе, начиная от взаимоотношений между ядрами, митохондриями и пластидами, контролирующими и снабжающими энергией клетки растений и животных, и поддерживающих движение энергии в экосистемах, до процессов производства кислорода, протекавших в течение сотен миллионов лет и сделавших нашу планету пригодной для жизни. Наши продукты питания и лекарства также получены почти исключительно методом проб и ошибок в ходе коэволюционных отношений с растениями и животными. Даже духовность и религия у людей могут корениться в наших симбиотических отношениях с растениями и грибами в наших экосистемах.

Наряду с симбиогенезом другой очень простой идеей о принципе структурирования всей жизни на нашей планете является представление об *иерархической организации*, описываемой как обязательный, последовательный порядок развития повторяющихся, предсказуемых закономерностей. Так, например, при счете до пяти один идет раньше двух, а пять – после четырех. Аналогично при строительстве дома фундамент закладывается перед строительством первого этажа, который, в свою очередь, строится прежде крыши. Строительство с крыши не начинается. Это примеры простой иерархической организации. Организмы являются неслучайными ассоциациями как продукты самоорганизации и иерархической сборки. Поэтому сообщества растений

и животных на скалистых берегах, коралловые рифы, мангровые леса и градиенты лесов это не случайно образовавшиеся наборы, а скорее четко организованные (и из-за их организации кооперативные) системы, легко узнаваемые как натуралистами, так и их предками, охотниками-собираателями.

Даже такие сообщества, как тропические леса или группы насекомых, организованные, как представляется, не иерархически (или нейтрально) либо составившиеся случайным образом, демонстрируют высокий уровень самоорганизации, если рассматривать их в соответствующем пространственном или временном масштабе или перспективе. К примеру, песчаная дюна на береговой линии с низкой волновой энергией имеет заметную сегрегацию видов, тогда как песчаные дюны на береговой линии с высокой волновой энергией внешне не имеют пространственной организации – пока их не рассмотреть с самолета. Точно так же деревья в тропических лесах представляются распределенными случайным образом – до тех пор, пока они не будут рассмотрены с учетом географической широты или биогеографически. В таких широтных масштабах растения и животные и их сообщества могут иметь очень предсказуемые закономерности пространственной организации, как в экологическом, так и в эволюционном плане⁶. Простая, элегантная самоорганизация, управляемая правилами притяжения, отталкивания,

⁶ Vermeij, Biogeography and Adaptation.

совместимости и несовместимости, является основным законом и общим знаменателем в физике. Следовательно, это важно и для физических и биологических процессов, генерирующих повторяющиеся закономерности в природе.

Вместе с тем фундаментальные эволюционные процессы симбиогенеза и иерархической организации предполагают, что при их рассмотрении в масштабе больших, протяженных отрезков времени и пространства естественная история человека и эволюционная траектория разумной жизни относительно детерминированы. И все же «относительно» означает, что случайность играет столь же большую, сколь и влиятельную роль в эволюции. Стивен Дж. Гулд однажды предположил, что, если бы был возможен перезапуск игры жизни, то каждый раз она давала бы разные результаты. Сложные и элегантные признаки и закономерности, генерируемые естественным отбором, достигаются только случайными мутациями, возникающими в ответ на воздействие физического и биологического окружения. Более того, телеологическому или ориентированному на достижение цели мышлению нет места в эволюционной мысли. Эволюция не имеет предвидения или расчета на дальнюю перспективу, она всегда играет на успех отдельных поколений, действуя в каждом поколении на существующие генетические вариации; она не может заглянуть в будущее, чтобы предвидеть грядущие потребности или проблемы. Поэтому, когда мы видим великолепные продукты естественного отбора, мы должны проти-

виться искушению назначения причин или целей их развития. Ни один из признаков, каким бы сложным или изящным он ни был, не является продуктом плана, но является результатом близоруких, маленьких шажков из поколения в поколение.

И все же случайность на всех уровнях организации – от физики и химии до генетики, биоразнообразия и органического сообщества – заменяется иерархической самоорганизацией, процессом, создающим, в свою очередь, иллюзию намерения и замысла⁷. Если бы природа не была связана объединяющими правилами и ограничениями, то не существовало бы таких характерных и повторяющихся закономерностей в жизни и цивилизации. Тот же самый детерминизм, предсказуемо приводящий к сходным моделям сегрегации видов на морском побережье по всему миру, ведет и к формированию цветка орхидеи в виде крылатого насекомого, привлекающего будущих опылителей, он же формирует и людей относительно их среды обитания и источников пищи. Такова размытая грань между экологическим театром и эволюционной пьесой. У людей развивались зубы и пищеварительные ферменты для пережевывания и переваривания растений, а растения реагировали оборонительно, развивая как затрудняющую поедание и переваривание плотную цел-

⁷ Kimura, Neutral Theory of Molecular Genetics; Hubbell, Unified Neutral Theory; Heisenberg, “Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik and Mechanik.

люлозную древесину, так и побочные продукты метаболизма, отравляющие потребителей растений или ухудшающие их когнитивные способности и неврологическое восприятие. Этот процесс начался еще задолго до того, как мы стали людьми. К примеру, недавно были обнаружены окаменелые останки группы неандертальцев с абсцедирующими зубами и химическими остатками на них, указывающими на потребление этими неандертальцами природного растительного аспирина. Еще до того, как сформировался *Homo sapiens*, его предки-гоминиды научились методом проб и ошибок заниматься самолечением с помощью лесных растений и грибов. Если бы игра жизни началась вновь, ее детали каждый раз были бы различны, но основные темы, структура и сюжет были бы одинаковыми и легко узнаваемыми, будучи ограниченными основными законами физики, химии, эволюции и правилами иерархической самоорганизации.

В этой книге рассматриваются три основные взаимосвязанные темы. Во-первых, самая старая битва на Земле между конкуренцией и сотрудничеством. Сотрудничество стимулирует инновации, от формирования культурных групп до промышленных и информационных революций. Более того, сотрудничество является единственным выходом из нынешнего глобального экологического кризиса. Историки, экологи и эволюционные биологи традиционно сосредотачивались на отрицательных конкурентных и хищнических взаимодействиях, обычно упуская из виду ту важную роль, которую

в эволюции человека и развитии цивилизации сыграло сотрудничество.

Во-вторых, коэволюция организмов, например травоядных и хищников в их эволюционной гонке вооружений, является распространенной силой, прямо и косвенно регулирующей и контекстуализирующей всю жизнь на Земле, включая человечество. Граница между прямыми и косвенными взаимодействиями размыта, но упрощенно, прямые коэволюционные взаимодействия – это отношения между нами и обитающими вместе с нами организмами, в то время как косвенные взаимодействия – это то, как на нас влияют коэволюционные взаимодействия между другими организмами. Например, наши сложные мутуалистические взаимоотношения с микроорганизмами поддерживают нас здоровыми и живыми, в то время как наши взаимоотношения с растениями и животными приводили к их одомашниванию, сельскохозяйственным революциям и нашей утренней прогулкой со своей собакой. Между тем продукты химической защиты эволюционной гонки вооружений между растениями и их потребителями косвенно дали нам фармацевтические препараты и духовность.

В-третьих, самоорганизация и иерархический контроль дополняют симбиогенез и коэволюцию, придавая больше детерминизма экологическим и эволюционным процессам, моделям и системам. Этот пространственный и временной детерминизм предоставил дорожную карту или шаблон есте-

ственной истории для эволюции людей и возникновения цивилизации.

Результат этих эволюционных процессов не ограничивается цивилизацией, которую мы можем оперативно определить как организацию людей, ведущую ко все более развитым культуре, науке, промышленности и управлению. Мы можем также определить цивилизацию проще, как противоположность варварству, анархии или хаосу – терминам, определяющим отсутствие общественной организации. Если люди, как и всякая другая жизнь на Земле, являются продуктом естественной самоорганизации, отбора эгоистичных генов и сотрудничества, то и саму цивилизацию можно рассматривать сквозь призму естественной истории.

Выводя развитие цивилизации от предшествовавших ей расширенных семейных групп охотников-собирателей к крупномасштабной организации человеческих усилий, ставших возможными благодаря сельскохозяйственным и технологическим революциям, мы обнаружим, что ныне наш биологический вид перекрывает значительную часть природного контроля – во многих областях теперь мы контролируем природу, а не наоборот. Таким образом, органическая связь между естественной и человеческой историей привела не только к эволюции цивилизации, но и к деградации создавших нас природных систем. В определенной мере недавнее глобальное распространение эпохи антропоцена, геологической эры воздействий человечества на планетарные за-

кономерности, перевернуло условия естественной истории, и люди стали самым влиятельным внутренним агентом нарушений, которые когда-либо видела Земля. Как когда-то природа определяла развитие человечества, так люди сейчас определяют будущность природы и жизни на нашей планете.

Часть I

Жизнь: откуда мы пришли

Космос внутри нас. Мы созданы из звездной материи. Мы – способ Вселенной познать саму себя.
Карл Саган

Глава 1

Кооперативная жизнь

То, как мы определяем человечество, оказывает глубокое и долговременное влияние на то, как мы определяем жизнь, цивилизацию, мир, Вселенную и саму науку. Например, если человечество определяется как особо привилегированный вид, то продолжительность жизни человека становится мерой, по которой определяется возраст даже Вселенной, а человеческое тело делается эталоном ее размера. Такой стандарт привел к возникновению разнообразных путаных человеческих идей: Земля, созданная за шесть дней; Земля, Вселенная и все в ней, существующее всего 6000 лет; Земля, как плоский диск в центре Вселенной, простирающийся лишь до пределов нашего взгляда; и человеческая цивилизация как вершина особого творческого, волевого гения, не похожего

ни на что-либо сущее.

Естественная история свергает человечество с этого привилегированного трона над всей жизнью и материей. Что происходит с нашим пониманием Вселенной и жизни, если человечество это не избранный вид или золотая середина между ангелами и животными, а скорее обладающий большим мозгом продукт физических и биологических процессов, протекающих миллиарды лет? Что значит сказать, что люди, в буквальном смысле слова, просто сосуды, построенные из и содержащие множество сотрудничающих и конкурирующих между собой микроорганизмов? Что такое естественная история цивилизации, если цивилизация просто результат процесса, посредством которого человеческое общество достигает продвинутой стадии социального развития и организации, свойств, общих для всех биологических видов на нашей планете?

Чтобы ответить на эти вопросы, сначала нужно рассказать другую историю – историю нашего возникновения, объясняющую также и то, как возникли наши домашние питомцы и живущие на них насекомые, и деревья вокруг нас, и бактерии повсюду кругом, и даже химические вещества, составляющие асфальт, по которому мы ездим. История жизни на Земле – это всего лишь одна глава из истории, начавшейся миллиарды лет назад и которая будет продолжаться и после нас, поскольку это история процессов самоорганизации, лежащих в основе бытия, физики и химии, описывающих все

сущее.

Это грандиозные и тревожащие некоторых из нас суждения. Потребуется время, чтобы они повлияли на нашу философию. Однако перед этим мы проследим историю с самого начала, чтобы увидеть, как развитие Вселенной привело к развитию жизни, человечества и даже цивилизации.

Начало Вселенной

Четырнадцать миллиардов лет назад наша Вселенная возникла в результате космического события невообразимого масштаба. Это событие породило атомы, которые самоорганизуются с тех пор посредством физических и биологических процессов, образуя галактики и высших приматов, планеты и растения, звезды в космосе и морские звезды. Мы тоже являемся продуктами этого непрерывного, постоянно развивающегося процесса.

Вплоть до XVIII столетия богословы на основании генеалогии Ветхого Завета считали, что Сотворение мира произошло приблизительно 6000 лет назад. Затем такие передовые мыслители, как Джеймс Хаттон, Чарльз Лайель и лорд Кельвин, начали изучать скалы, опираясь преимущественно на заключения геологии, а не на Библию. Отец современной геологии и концепции глубокого геологического времени Хаттон проанализировал шотландские скальные образования и оценил возраст Земли в миллионы лет. Из своих на-

блюдений Хаттон также вывел теорию униформизма, согласно которой процессы, формирующие облик Земли сегодня, формировали Землю и в прошлом. Затем Лайель популяризировал взгляды Хаттона в своей фундаментальной монографии «*Основные начала геологии*», где он оценил возраст Земли в пределах от 300 до 400 миллионов лет, а лорд Кельвин, анализируя скорость охлаждения расплавленной горной породы, принял возраст Земли в диапазоне от 20 до 40 миллионов лет. Радиоактивное датирование Артура Холмса 1913 г. вновь спутало карты. Изучая естественные радиоактивные изотопы и скорости их распада, Холмс и другие исследователи сумели использовать радиоактивный распад вещества как молекулярные часы. Радиоактивный распад по сей день остается самым точным и адекватным инструментом для расчета глубокого геологического времени. С помощью этой методики Холмс подсчитал, что Земле 1,6 миллиарда лет, и по мере улучшения методов наблюдения и анализа эта цифра увеличивалась. В настоящее время научное сообщество сходится в том, что Земле около 4,5 миллиарда лет, а возраст самой Вселенной, оцениваемый по возрасту попадающих на Землю внеземных пород и на основе анализа расстояний от Земли до различных галактик и скоростей их движения, составляет 14 миллиардов лет⁸.

⁸ Lyell, *Principles of Geology*; Hutton, *System of the Earth*, 1785; Amelin, Krot, Hutcheon, and Ulyanov, "Lead Isotopic Ages"; Bond et al., "Star in the Solar Neighborhood."

По мере изменения наших оценок возраста Вселенной менялись и наши теории относительно ее происхождения. В 1927 г. бельгийский священник и профессор физики Жорж Леметр опубликовал статью, где утверждал, что Вселенная является результатом первоначального взрыва, после которого она продолжает расширяться. Эта теория, первоначально названная Леметром «космическим яйцом», не привлекла внимания, пока не была переиздана на английском языке в 1931 г. – через два года после того, как американский астроном Эдвин Хаббл опубликовал аналогичную статью, где обсуждалось расширение Вселенной. Хотя название этой теории как «Большой взрыв» появилось позже, первенство относительно этой идеи отдают Хабблу, несмотря на опубликованную раньше работу Леметра⁹.

То, что Вселенная и все сущее в ней началось в чрезвычайно плотной точке, от которой она продолжает расширяться, может быть дополнительно подтверждено общей теорией относительности Эйнштейна 1915 г., хотя эта теория не может объяснить действительную физику Большого взрыва. В новых теориях, где осуществляются попытки скорректировать уравнения Эйнштейна и решить эту проблему, предполагается, что Вселенная может быть бесконечной, без начала и конца, но эти чрезвычайно интересные исследования менее важны для наших целей, чем организующие механизмы,

⁹ Lemaître, “Un universe homogène”; Hubble, “A Relation between Distance and Radial Velocity.”

приведенные в движение Большим взрывом¹⁰.

Астрофизики считают, что после Большого взрыва Вселенная была заполнена простейшими атомами и субатомными частицами. Эти частицы и простые атомы гелия и водорода сталкивались и со временем соединялись и сливались во все более сложные элементы, такие как углерод и кислород. Те, в свою очередь, взаимно притягивались и отталкивались в силу своих атомных зарядов с образованием молекул, таких как вода. Подобные трансформации происходили в течение сотен миллионов и даже миллиардов лет.

Наша планета сформировалась в содержащей миллиарды звезд галактике, когда одна из звезд закончила свою жизнь в результате мощного взрыва, послав ударные волны в межзвездное пространство. Ударные волны воздействовали на пылевое облако, уплотнив его, что ускорило его гравитационный коллапс. Первоначальное облако было асимметричным, поэтому пыль стала вращаться. Это вращение заставило пылевое облако сжаться в диск. В его центре гравитационный коллапс образовал протозвезду, где по достижении достаточной массы запустились термоядерные реакции, сделавшие звезду сияющей. Остающиеся во вращающемся диске частицы сталкивались, образуя камешки, превращавшиеся в камни, которые затем сливались, образуя *плането-*

¹⁰ См. Ali and Das, “Cosmology from Quantum Potential.” Важными следствиями открытия факта расширения Вселенной является невероятная чудовищность ее размеров и сопутствующая вероятность развития жизни на планетах, отличных от Земли. Это будет центральной темой Эпилога.

зимали. Самые крупные из них вобрали оставшиеся газ и пыль и превратились в планеты, гравитационно взаимодействовавшие друг с другом и новой звездой, смещая свои орбиты, пока в конечном итоге не была достигнута квазистабильная конфигурация. Таково было происхождение Земли и Солнца. Позже я поставлю необходимый вопрос: Разумно ли предполагать, что жизнь явилась единичным событием, ввиду огромного числа звездных систем и планет, созданных теми же механическими процессами?

Компоненты жизни

После того, как Земля стабилизировалась в форме планеты, началось ее охлаждение, по мере которого сформировалась каменная кора и сконденсировались водяные пары, выделяющиеся при извержении вулканов и при ударах метеоритов. Вулканическая активность также производила газы с основными ингредиентами жизни – углеродом, водородом, кислородом и азотом – наряду с токсичными газами, такими как аммиак и метан. Ранняя земная атмосфера состояла полностью из этих газов без свободного кислорода. В этом «первичном бульоне» органические молекулы вовлекались в те же процессы, что и после Большого взрыва: столкновение, концентрация и самоорганизация с образованием более сложных молекул.

Земля теперь была полна разнообразных элементов, необ-

ходимых для жизни, но что бы могло инициировать скачок от органических и неживых комбинаций в живые сообщества? До середины XIX века этот сдвиг объясняли самопроизвольным зарождением: жизнь порождалась независимо. Люди указывали на классический случай личинок и плесени, появляющихся, как кажется, самопроизвольно в гниющем хлебе. Демонстрация Луи Пастером предотвращения такого «самозарождения» просто кипящей водой пролила свет на существование микроорганизмов и микромира. Было положено начало изучению «абиогенеза» – процесса превращения неживой материи в живую. Абиогенез являлся областью активных исследований более полувека и породил две основные школы научной мысли. Первая поддерживает гипотезу панспермии: жизнь, определяемая как самовоспроизводящиеся сложные молекулы, прибыла на Землю из космоса с астероидами или кометами. По убеждению сторонников второй, микроскопическая жизнь впервые возникла на Земле на основе собственных изначальных физических и химических условий.

Хотя гипотеза панспермии имеет своих сторонников, трудно представить, как изначальная жизнь смогла проникнуть в агрессивную атмосферу и перенести экстремальные физические условия ранней Земли¹¹. Более того, если бы панспермия случалась более одного раза, то в генетической сигнатуре жизни на Земле присутствовали бы множествен-

¹¹ Melosh, “Rocky Road to Panspermia.”

ные генетические предки. Вместо этого данные секвенирования ДНК показывают, что вся жизнь на Земле имеет общего генетического предка, то есть мы все следуем одной и той же генетической инструкции. И, наконец, разочаровывает, что теория панспермии просто отодвигает в сторону цель в вопросе о том, как возникли самовоспроизводящиеся сложные молекулы. Доказательства гипотезы о внеземном происхождении жизни в значительной мере теоретические, не имеющие эмпирической или экспериментальной поддержки.

И напротив, вторая гипотеза о зарождении жизни на Земле благодаря химической самоорганизации получает все более сильную экспериментальную поддержку. В 1950-х гг. Стэнли Миллер, еще будучи аспирантом, стремился воспроизвести условия ранней Земли в лаборатории (*Рисунок 1.1*). Работая под началом своего научного руководителя, лауреата Нобелевской премии Гарольда Юри, Миллер собрал стеклянную установку, содержащую воду, аммиак, метан и водород – смесь, считавшуюся в то время приближенной к ранней земной атмосфере. Жидкость нагревалась пламенем для имитации условий вулканически активной планеты, а электрические разряды моделировали молнии. Через несколько дней вода стала темно-красной: Миллер создал бульон, названный «первичным бульоном», из аминокислот, необходимых для зарождения жизни. За последние два десятилетия проводились разные другие эксперименты, моделирую-

щие ранние земные условия, особенно подобные тем, что существуют в окружении глубоководных гидротермальных источников.

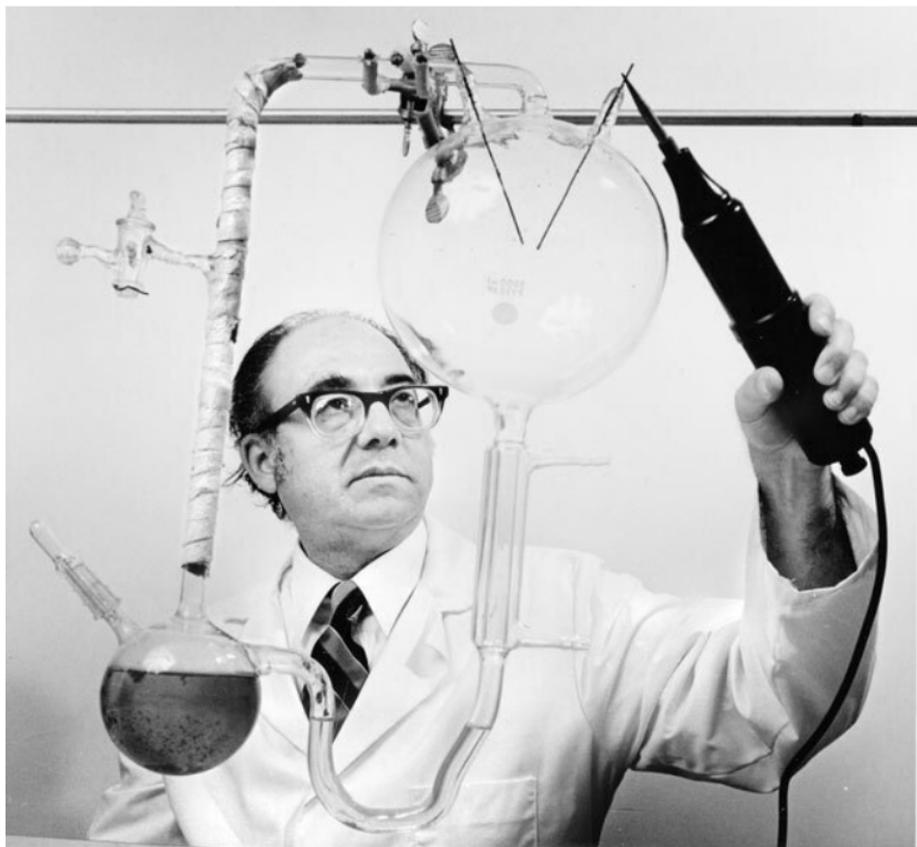


Рисунок 1.1. Стэнли Миллер, отец химической гипотезы происхождения жизни. Простые эксперименты Миллера показали, что ключевые органические соединения могут быть синтезированы из неорганических веществ путем простой

химической самоорганизации. (Документы Стэнли Миллера, Специальные коллекции архивы Университета Калифорнии в Сан-Диего).

По мере остывания Земли ее облик стал намного больше походить на сегодняшний, с твердой корой и мантией вокруг горячего, жидкого, термоядерного ядра. Сходное по температуре с Солнцем, это ядро остается горячим вследствие радиоактивного распада, подобно массивному термоядерному реактору. Взаимодействия между этим ядром и более холодной поверхностью коры и водой приводят в движение континентальные плиты. Когда они сталкиваются, могут образовываться горные хребты, а когда расходятся, компоненты мантии и ядра могут попадать на поверхность Земли. Эти воздействия и перемещения мантийного материала на поверхность могут приводить к появлению наземных образований, подобных Гавайским островам, или гидротермальных источников, наподобие используемых для получения энергии в Исландии, где сталкиваются Европейская и Североамериканская литосферные плиты.

Гидротермальные источники привлекают внимание ученых с момента их открытия в 1949 г., и им обязаны некоторые из наиболее важных научных открытий прошлого века. Если все другие экосистемы на Земле питаются солнечной энергией, экосистемы, развившиеся в гидротермальных источниках и вокруг них, питаются тепловой и химической

энергией, выделяющейся в ходе ядерных реакций в ядре Земли – являющихся, в свою очередь, остатками породившего Вселенную Большого взрыва. В гидротермальных источниках при высоких давлениях и температурах могут образовываться более сложные органические соединения, такие, как сахара и аминокислоты¹². Существующие в настоящее время сообщества уникальных организмов, зависимых от гидротермальных источников и обитающих вблизи них, базируются на хемосинтезирующих, а не на фотосинтезирующих бактериях. Бактерии в экосистемах гидротермальных источников превращают газообразные водород, диоксид углерода или метан в органическое вещество, используя их же в качестве источника энергии. Такие «аноксигенные» или бескислородные условия поразительно похожи на условия ранней Земли. Так что как гидротермальные источники, так и эксперименты, подобные миллеровской склянке, могут временами выступать в роли «телескопов времени» для изучения происхождения жизни.

Используя данные этих телескопов, мы можем предположить, что жизнь началась в химически богатой, высокотемпературной, бескислородной среде, подобной имеющейся в гидротермальных источниках, где обычно образуются сложные молекулы. Вероятно даже, что эти гидротермальные источники и были тем местом, где посредством самоорганизации впервые возникла жизнь. Но на сегодняшний день слож-

¹² Cody et al., "Primordial Carbonylated Iron-Sulfur Compounds."

ные молекулы – это все, что ученые смогли синтезировать в лабораторных условиях – им так и не удастся воссоздать с нуля самовоспроизводящиеся органические молекулы, знаменующие первый момент жизни и являющиеся краеугольным камнем эволюции.

Но как же организовались сложные молекулы, чтобы из них сформировались самовоспроизводящиеся протоорганизмы, сырье для естественного отбора? Или, проще говоря, когда молекулы самоорганизовались, чтобы инициировать жизнь? Помимо всего прочего, определяющим маркером «жизни» является способность самовоспроизводиться и размножаться. Были предложены две теории. Согласно первой, самореплицирующиеся молекулы или нуклеиновые кислоты формировались из тех же аминокислот, образовавшихся в естественных условиях, сходных с созданными в экспериментах Миллера и Юри и подобных им, и что эти молекулы затем подвергались естественному отбору. Но в рамках этой гипотезы требуется, чтобы сложные самовоспроизводящиеся молекулы, такие как РНК (контролирующая развитие и метаболизм), сформировались прежде, чем будет задействован организующий и контролирующий жизнь метаболизм или источник подпитки ее энергией.

Во второй теории сценарий переворачивается. Предполагается, что первоначально самоорганизуется энергетический метаболизм, а затем запускается производство самореплицирующихся молекул. Таким образом, самореплицирующи-

еся молекулы эволюционировали для управления этой энергией и сделали метаболизм подверженным естественному отбору, в то время как энергией они подпитывались за счет тепла гидротермальных источников. Идея «сначала метаболизм», элегантно изложенная Ником Лейном из Университетского колледжа Лондона в книге «*Лестница жизни*»¹³, в настоящее время является предпочтительной гипотезой¹⁴.

Но выяснение предположительного ответа о происхождении жизни не решает загадку ее удивительного разнообразия. Каким образом общее генетическое происхождение столь различающихся видов, как морские ежи, кондоры и люди, привело к такому разнообразию? Как различие произошло от сходства?

Конкуренция... и сотрудничество

Впервые сформулированный Чарльзом Дарвином принцип естественного отбора является основой эволюционного процесса, посредством которого любая наследуемая характеристика индивида, позволяющая ему производить более успешное потомство, будет распространена на его потомков и, в конечном счете, на всех особей вида. Традиционно естественный отбор связывают с понятием конкурен-

¹³ Книга имеется в русском переводе – Ник Лейн: «Лестница жизни. Десять великих изобретений эволюции». Издательство АСТ, 2014. – *Прим. перев.*

¹⁴ Lane, Life Ascending.

ции, поскольку конкуренция – это та арена, где наследственные характеристики испытываются и проверяются, достойны ли они дальнейшей передачи или отсеивания. По сути, если угодно, теория эволюции – это свободный рынок.

Эта традиционная концепция привлекательна своей объяснительной силой и простотой. Например, следуя нашей ранней истории жизни, первоначальные самореплицирующиеся протоорганизмы размножались в больших популяциях, создававших в конечном итоге нагрузку на химические ресурсы в своих экосистемах, своих местах обитания. По мере сокращения ресурсов самовоспроизведение могло продолжаться только в том случае, если некоторые представители этого вида адаптировались, получая преимущество против своих конкурентов. Изменения среды обитания могут приводить к формированию разных видов, основным катализатором здесь служит конкуренция.

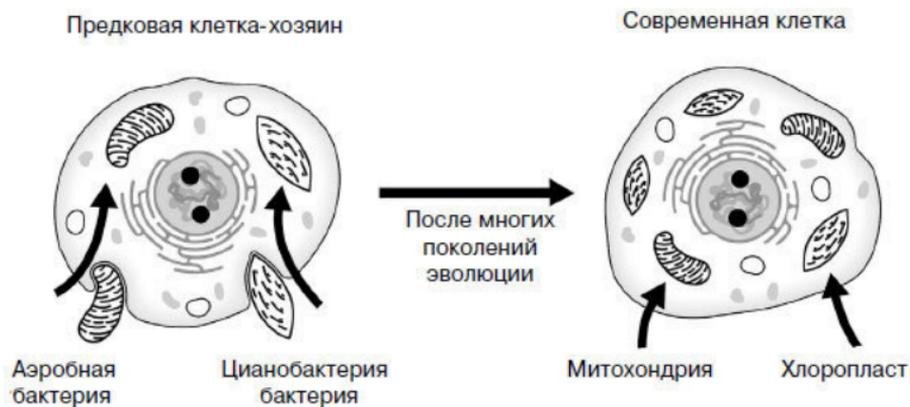
Теперь мы знаем, что эта модель неполна и недостаточна. Безусловно, конкуренция является важной движущей силой для дифференциации и эволюции биологических видов, но она не единственный фактор. За последние полвека ученые разрабатывали все более подробные теории, подкрепляемые все более убедительными доказательствами исключительно важной роли сотрудничества в эволюции жизни. Как мы увидим снова и снова, сотрудничество присутствовало во всех критических точках истории жизни на нашей планете, оно также часто являлось ответом на конкурентное противо-

стояние, подталкивалось им. И действительно, имеется много примеров сотрудничества, перевешивающего преимущества конкуренции в этих основных поворотных моментах – в самом происхождении эукариотических клеток и многоклеточной организации; эволюции группового поведения в косяках рыб, стадах пасущихся млекопитающих или колониях мидий, направленного на борьбу с хищниками и преодоление конкурентов. Это древние обязательные ассоциации микроорганизмов с растениями и животными (включая человека), а также сотрудничество людей для получения групповых выгод, максимизирующих воспроизводство и рост населения. Эти взаимные механизмы создали мир таким, каким мы его знаем.

Продолжая изучение этого столь необходимого пересмотра теории эволюции Дарвина, мы не можем не познакомиться с иконоборческим мыслителем Линн Маргулис, одним из самых креативных и противоречивых микробиологов XX века¹⁵. В 1970 г. Маргулис предоставила убедительные доказательства симбиотического происхождения клеток растений и животных («эукариотических» клеток, содержащих органеллы) от описанных ранее древних бактерий. Эта общая идея существовала уже почти столетие, но не была подтверждена данными. Маргулис предположила, что клетки одноклеточных организмов и клетки многоклеточных расте-

¹⁵ Маргулис, побывавшая замужем за астрофизиком Карлом Саганом, умерла в 2011 г.

ний и животных являются эволюционным продуктом симбиотической, взаимной ассоциации между древними циано- и аэробными бактериями. Сначала она отметила, что все эукариотические клетки имеют митохондрии (органеллы, ответственные за преобразование энергетических веществ во внутриклеточную энергию), и что митохондрии регулируются не спиральной ДНК, воспроизводящей и регулирующей саму клетку, а скорее кольцевой ДНК, напоминающей ДНК бактерий. Исходя из этого она предположила, что эукариотические клетки являются продуктом двух разных предков, каждый из которых внес свою собственную ДНК (*Рисунок 1.2*). Иными словами, эти разные протоорганизмы «работали сообща» и в конечном итоге стали клетками всей растительной и животной жизни¹⁶.



¹⁶ Margulis, "Symbiogenesis"; Sagan, Lynn Margulis.

Рисунок 1.2. Согласно теории эндосимбиоза, эукариотические (имеющие ядро) клетки произошли от прокариотических (безъядерных) организмов: два разных предка внесли свою ДНК в клетки, со временем сформировавшие все растения и животных на Земле. Эту теорию продвигала и обосновывала американский микробиолог Линн Маргулис. Оригинальный рисунок на основе общедоступных источников.

В то время реакция на «еретическую» гипотезу Маргулис относительно того, что все клетки эволюционировали от микробного мутуализма или «эндосимбиоза», была быстрой и резкой. Ее ныне классическая статья, где излагается эта гипотеза, была написана в 1967 г., когда Маргулис была еще аспиранткой. Статью отклоняли 15 раз, прежде чем она, наконец, была опубликована, а некоторые все еще отвергают ее как чушь. Тем не менее, вопреки первоначальным насмешкам, ее идеи в настоящее время признаются и включаются в программы преподавания средней школы и колледжей.

Ее работа разрушила общую экстраполяцию теории Дарвина о том, что эволюционный процесс мотивировался исключительно хищничеством и конкуренцией за ограниченные ресурсы. Напротив, эволюция жизни в значительной мере была обусловлена также «симбиогенезом». Этот термин относится не только к эволюции эукариотических клеток от их предков, но может применяться и в более широких масштабах, следуя его этимологии «жить вместе». Наблюдает-

мые нами сегодня организмы являются симбиогенетическими: их происхождение проистекает от процессов сотрудничества так же, как и от конкуренции, и они живут в равновесии этих форм совместной и раздельной жизни¹⁷.

Гипотеза Геи и аутопоэзис

Упомянутая ранее влиятельная геологическая работа шотландского естествоиспытателя XVIII века Джеймса Хаттона была частью его более широкой теории «униформизма», описывающей Землю как сформированную и регулирующую естественными процессами. Хаттон считал, что физические и биологические характеристики Земли сами по себе являются саморегулирующимися компонентами большего интерактивного целого. Два столетия спустя эта идея была расширена и получила название «гипотезы Геи» в честь греческого олицетворения Земли и матери всех остальных богов. Впервые сформулированная Линн Маргулис и британским специалистом в области химии атмосферы Джейм-

¹⁷ Саган, Линн Маргулис. Эта реакция на теорию Маргулис сама по себе была несправедливой характеристикой Дарвина, десятилетиями изучавшего роль дождевых червей в формировании почв за целое столетие до того, как дождевые черви были признаны важными почвенными фермерами и партнерами в мутуалистических отношениях с цветковыми растениями. Скорее чрезмерно усердные ученики Дарвина и широкая публика переоценили важность конкуренции и хищничества, а не сам Дарвин. Дарвин понимал роль положительных взаимодействий и обратных связей в эволюции, просто он не прожил достаточно долго, чтобы интегрировать их в свою теорию.

сом Лавлоком (известным своим изобретением электронно-захватного детектора для газовой хроматографии), гипотеза Геи предполагает, что живые организмы взаимодействуют с неорганическим окружением, амортизируя экстремальные условия и перерабатывая химические побочные продукты с образованием саморегулируемых, самоорганизованных и самостоятельных сложных систем на Земле. Согласно этой теории, даже существенные параметры биосферы, как то глобальная температура и кислородосодержащая атмосфера, были произведены, сохраняются и до сих пор регулируются организмами, делающими Землю пригодной для жизни, что спорно. Это означает, что эволюция самовоспроизводящихся организмов также привела к созданию гомеостатических механизмов, формирующих и воспроизводящих условия жизни на Земле, создавая петли положительной обратной связи.

К примеру, 3,4 миллиарда лет назад от первых самовоспроизводящихся протоорганизмов произошли цианобактерии (сине-зеленые водоросли). Цианобактерии «изобрели» фотосинтез, позволивший им преобразовывать энергию солнечного света в химическую энергию, неорганический углерод и азот с образованием кислорода как побочного продукта. Это позволило цианобактериям избежать конкуренции с другими микроорганизмами за молекулы среды обитания, поглощаемые такими микроорганизмами в качестве пищи. Через 2 миллиарда лет колоссальные массы цианобак-

терий сгенерировали достаточно кислорода, чтобы насытить им всю атмосферу и океаны. Это, в свою очередь, создало среду для бактерий, развивших окислительный метаболизм – форму преобразования энергии, гораздо более эффективную, чем у их анаэробных предков. Этот процесс, известный как «Великое кислородное событие» (и как «Великая кислородная революция»), является примером того, как взаимосвязь органических и неорганических компонентов мира приводит к новым условиям для жизни. В этой основной петле положительной обратной связи фотосинтез создает кислород как побочный продукт, обеспечивая энергетически эффективный окислительный метаболизм, в свою очередь создающий побочный продукт в виде углекислого газа, питающего фотосинтез. Рециркуляция побочных продуктов – это краеугольный камень гипотезы Геи, вероятно, лучше всего иллюстрируемый гомеостатическим балансом нашей атмосферы. Этот баланс побочного продукта растений, производящих кислород, и животных, потребляющих кислород, контролирует наш глобальный климат.

Этот пример иллюстрирует также ключевой аспект гипотезы Геи и других теорий, связанных с самоорганизацией: «аутопоэзис», процесс «самопроизводства» посредством собственной обратной связи, впервые объясненный в 1971 г. чилийскими биологами Умберто Матурано и Франсиско Варела (*Рисунок 1.3*). Однако аутопоэзис – не просто самопроизводство, он заостряет внимание также на взаимных эф-

фектах того, что было создано. Другими словами (упрощенно), система «цианобактерии + атмосфера» двигалась по гомеостатическому пути, где цианобактерии процветали в бескислородном мире, но система также выделяла кислород в качестве побочного продукта. Затем присутствие этого побочного продукта стало частью системы, и с ростом количества кислорода система изменилась, превратившись в нечто вроде «цианобактерии + насыщенная кислородом атмосфера + аэробные молекулы». Затем постепенно, поскольку кислород ядовит для цианобактерий, в «аэробные молекулы + атмосфера + почти вымершие, но все еще существующие ныне цианобактерии». Таким образом, аутопоэтическая система движется по петлям обратной связи, с течением времени изменяющих состояние системы. Она самовоспроизводится, но не в точности одинаково.

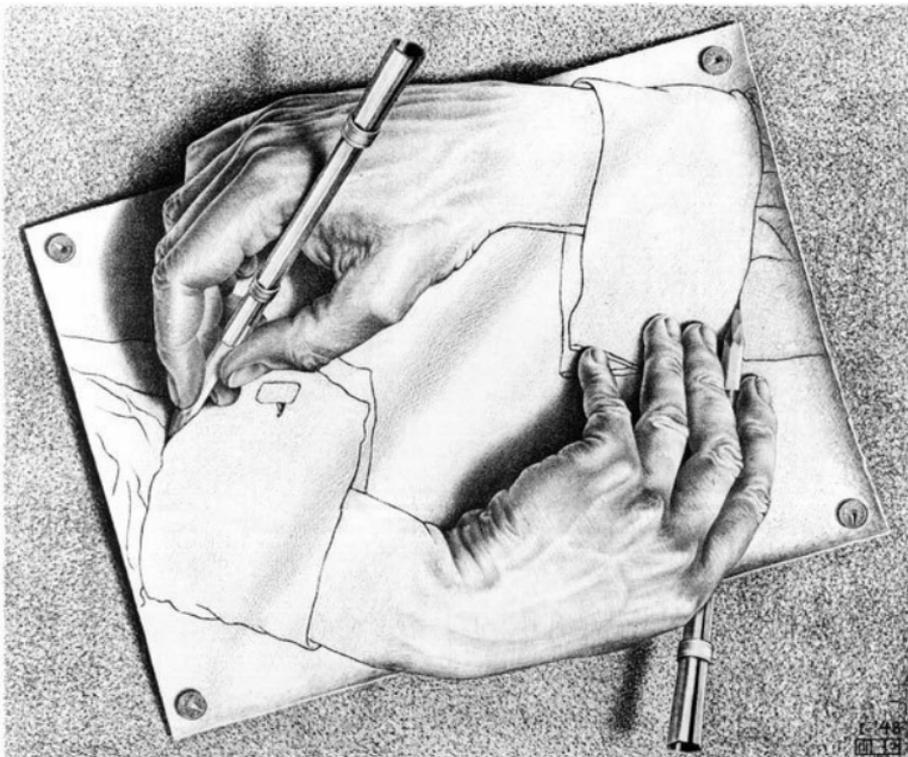


Рисунок 1.3. «Рисующие руки» М. К. Эшера, мощная метафорическая иллюстрация аутопоэзиса – способности системы воспроизводить и поддерживать саму себя. (© Escher in het Paleis, Den Haag/Fine Art Images/age fotostock.)

Согласно гипотезе Геи аутопоэтические, саморегулирующиеся процессы действовали одновременно, сделав Землю пригодной для жизни и породив разнообразие живых организмов, присутствующих сегодня. Предполагается также, что эволюция живых организмов оказала влияние на гло-

бальную окружающую среду, от стабилизации температуры до солености океанов и кислородной атмосферы, осуществляя переработку побочных продуктов и способствуя стабильности и гомеостазу, что позволило развиваться биоразнообразию. Гипотеза Геи не подразумевает, что организмы развивают характеристики на благо биосферы – мы должны помнить, что эти эволюционные процессы не являются телеологическими. Скорее всего живые организмы развивают взаимные сети взаимозависимостей, сопрягающиеся затем с глобальной стабильностью. В более общем смысле это предполагает, что процессы самоорганизации и взаимного сотрудничества определяют каждый уровень возникновения жизни, так как отдельные индивиды и биологические виды «уже всегда» связаны с другими индивидами и биологическими видами, и с формированием и управлением своих экосистем¹⁸.

Гипотеза Геи не идеальна, и против нее продолжают выдвигаться веские критические замечания. Самое огорчительное, что эту гипотезу возможно проверить лишь коррелятивно, поскольку ученые могут экспериментально изучать положительные обратные связи только внутри и среди экосистем меньшего масштаба. Чтобы по-настоящему проверить гипотезу Геи и ее глобальные последствия, потребуется сравнительное изучение жизни и экосистем на планетах в целом, а на сегодняшний момент Земля является единственным ис-

¹⁸ Barzun, *From Dawn to Decadence*.

точником данных для утверждений, высказываемых приверженцами теории Геи. Многим это может показаться надуманным, но ученые надеются достичь этого в течение одного или двух поколений. Без такого сравнительного исследования гипотеза может быть подвергнута критике как почти телеологическая попытка описать природные процессы с точки зрения их предполагаемой функции или цели. Таким образом, согласно гипотезе Геи, вещи являются такими, какие они есть, благодаря положительным обратным связям, существовавшим на протяжении их истории. Согласно же более классическому объяснению естественного отбора, неорганические вещества просто существуют, и органическая жизнь сформировалась и распространилась на основе способности к выживанию.

На сегодняшний день все, что могут делать ученые, так это методично изучать механизмы, которые могли создать жизнь на Земле, и продолжить изучение аутопоэтических систем меньшего масштаба, таких как коралловые рифы и прибрежные засоленные болота. Эти органические системы демонстрируют зависимость от положительных обратных связей, создавших и поддерживающих их предсказуемую структуру, организацию и продуктивность. Это те же обратные связи, которые в более широком масштабе в конечном итоге привели к эволюции «человеческой ситуации». Это наиболее подходящие модельные системы, доступные для проверки гипотезы Геи и, в конечном счете, предсказуе-

мости эволюции разумных организмов; во всяком случае, до тех пор, пока саму гипотезу не станет возможным проверить в условиях жизни на других планетах.

Прибрежные засоленные болота: пример исследования мутуализма и самоорганизации

Большая часть моей карьеры была посвящена изучению конкретных экосистем и оценке мощных, но нераспознанных сил взаимовыгодного симбиоза и баланса между процессами конкуренции и кооперации, действующими в их пределах. В начале 1980-х гг. я изучал реципрокные положительные взаимодействия двустворчатых моллюсков прибрежных засоленных болот Новой Англии и крабов-скрипачей, которые, как мне кажется, являются оптимальным, ясным примером действия петель положительной обратной связи.

Растение *спартина* является «ключевым видом» в прибрежных засоленных болотах Западной Атлантики, что означает, что она создает и поддерживает пространственную структуру и неоднородность сообществ этой экосистемы¹⁹

¹⁹ Dayton, “Experimental Evaluation of Ecological Dominance.”

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

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

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