

18+

ЕГОР ЖАРИН

**О ПРОИСХОЖДЕНИИ
СОЦИАЛЬНОГО
ПОРЯДКА**



Егор Жарин

О происхождении

социального порядка

<https://litres.ru/74306188>

ISBN 9785007073080

Аннотация

Устройство общества базируется на тех же инструментах, что и многоклеточная жизнь: на координации, обмене ресурсами и функциональном разделении. Книга прослеживает эту связь шаг за шагом — от эволюционной биологии и теории принятия решений до социальной теории, — предлагая целостный взгляд на происхождение социального порядка.

Научно-популярный труд для широкого круга читателей, не требующий специальной подготовки (наверное).

Содержание

Предисловие	6
Введение	9
Часть 1: Биологические алгоритмы — от простого к сложному	11
Глава 1: Энергия, живое и неживое	11
Глава 2: Генетика, размножение и естественный отбор	15
Глава 3: Код распаковки и алгоритмы поведения	21
Глава 4: Что является единицей эволюции?	26
Глава 5: Направленность: имеет ли эволюция цель?	32
Глава 6: Усложнение организма	37
Глава 7: Сопровождающие инструменты	46
Глава 8: Инструменты управления и координации	53
Глава 9: Инструменты внутреннего обмена ресурсами	59
Глава 10: Функциональное разделение внутри организма	68
Часть 2: Концепция памяти	76
Глава 11: Память и двойственность алгоритмов поведения	76

О происхождении социального порядка

Егор Андреевич Жарин

Иллюстрация на обложке Егор Андреевич Жарин

© Егор Андреевич Жарин, 2026

ISBN 978-5-0070-7308-0

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Предисловие

Мысль о том, что я когда-либо должен изложить на бумаге свои наблюдения относительно общества, в котором я существую, впервые появилась в 2022 году. Я хорошо и явно помню тот эвристический момент, когда в сознании мне удалось соединить в одной мысли, как мне показалось, две независимые концепции, одна из которых касалась человеческого уклада, а вторая — биологических принципов функционирования живых организмов. Это произошло в автобусе, по дороге из Берлина в Гамбург, в один из тех моментов, когда отсутствие наушников на голове невольно заставляет собственный мозг заполнить возникшую пустоту.

В качестве первой попытки выражения этой идеи на публичке был выбор соответствующей темы на одном из семинаров в магистратуре. Тот материал не произвёл ожидаемого результата. По словам одного из преподавателей, в научной литературе подобное точно уже высказывалось — и, вероятно, так оно и есть: любая теория стоит на плечах предшественников, и эта не исключение.

После этого я решил проверить свои предположения с помощью эмпирического исследования в рамках магистерской работы. К сожалению, предложенная концепция эксперимента не нашла интереса среди потенциальных научных руководителей. Тем не менее я провёл запланированный экс-

перимент в свободное время — пусть и среди небольшого числа участников, поскольку бюджет был ограничен. Результаты частично подтвердили гипотезы. Я был рад не самому подтверждению — случай не означает закономерность, — а опровержению нулевой гипотезы: высказываемая идея как минимум не бессмысленна. Именно этот результат и замотивировал меня не отказываться от своих мыслей.

Далее я решил изложить цельный концепт публично в формате в Telegram-канала. На протяжении нескольких месяцев я шёл последовательно от тезиса к тезису, намеренно упрощая манеру высказывания. Тем не менее отзывы в основном были связаны со сложностью восприятия — формат оказался громоздким, что в совокупности с прикладной неочевидностью темы выстроило стену между моими идеями и читателем.

Мысли о том, что нужно в какой-то форме поделиться своей социологической теорией, продолжали одолевать меня. В плане прикладного применения я не могу ответить на вопрос «Зачем вам это читать?» — так же, как не могу ответить на вопрос «Зачем вам знать, что Земля круглая?». Оба ответа не несут пользы напрямую, но знание об этом позволяет понимать окружающий нас мир чуть лучше. На том факте, что Земля круглая, строится вся современная космическая отрасль, вся современная логистика, астрономия и множество других областей применения. Так и с описываемой в этой книге теорией — она могла вертеться на язы-

ке многих, в общих чертах не являясь новой, но до сих пор нигде не высказанная целиком и последовательно, как по-добает обобщающей теории. Понимание принципов системного функционирования общества может в корне поменять отношение к нему, дать возможность к более осознанному и предсказуемому действию в целях улучшения жизни нас, членов этого общества.

Поэтому теперь я хотел бы изложить свои идеи в формате книги, причём более подробно, чем ранее. Эту книгу я не берусь писать целиком как научную: такой подход крайне трудно совмещать с нетипичным для социального теоретика родом деятельности в качестве менеджера по планированию. Теоретический базис основывается на воспринятых мной научных теориях из биологии, физики, математики, социологии и экономики, с которыми я знакомился как в свободное время, так и во время учёбы. Наверняка найдутся исследователи, кто уже ранее создали более удачные, полные и правильные описания процессов, о которых пойдёт речь. Моя задача — лишь сопоставление широко известных теоретических наблюдений и рассуждений мыслителей настоящего и прошлого, чтобы открыть в этом необычном ракурсе новую перспективу.

Наше погружение в мир социального порядка начнётся с небольшого отступления в прошлое. Давайте попробуем разобраться, как он всё-таки появился, как развивался, и куда мы все, в конце концов, катимся.

Введение

*Выражаю огромную благодарность моей жене,
которая поддержала меня в этой книжной затее*

Общество — одна из самых сложных систем, с которыми сталкивается человек. Оно не просто складывается из множества отдельных индивидов, но живёт и развивается по своим законам, зачастую непостижимым и непрогнозируемым. Понять эти законы в полной мере, вероятно, на нашем веку не удастся никому — но попытка нащупать их основания кажется мне занятием весьма не бесполезным.

Настоящая работа предлагает системный взгляд на происхождение и устойчивость социального порядка, исходя из принципов биологической эволюции и теории сложных систем. Отправная точка — не политика, история или философия, а биология: те же механизмы, которые позволили сложной жизни появиться и закрепиться, объясняют и то, как устроено человеческое общество.

Книга приглашает читателя пройти путь от простейших форм жизни до современных обществ, увидеть, как постепенно накапливались и закреплялись социальные паттерны и как они влияют на поведение и социальные взаимодействия сегодня.

Этот подход не претендует на универсальную истину —

он предлагает рамку, которая может позволить смотреть на социальные процессы чуть яснее, чем без неё.

В конечном счёте, эта книга — попытка понять, почему все мы живём вместе именно так, как мы живём, а не иначе, и как осознание системных закономерностей может помочь нам лучше понимать друг друга.

Часть 1: Биологические алгоритмы — от простого к сложному

Глава 1: Энергия, живое и неживое

Чтобы подойти к объяснению предлагаемой теории, мне кажется логичным начать с физико-химических основ, на которых могла возникнуть жизнь. Это — необходимый контекст, без которого системный подход будет неполным. На нашей планете сосуществуют условия, при которых вещество может находиться в разных агрегатных состояниях. Снаружи на неё постоянно воздействуют метеориты, кометы, различные виды излучения и, прежде всего, солнечный свет — главный внешний источник света, тепла и энергии. Различные комбинации времени суток, состава атмосферы и сезонов формируют климат, который отличается от региона к региону. В разных условиях химические вещества могут взаимодействовать по-разному, что создаёт бесконечное множество возможных комбинаций.

Чтобы описать даже небольшой участок реального пространства на нашей планете, требуется знание многих разделов физики и химии. И это с учётом того, что наши современные знания могут быть неполными. Я не претендую на

научную объективность и точность, однако надеюсь, что профильные специалисты, знакомые с предметом гораздо менее поверхностно, согласятся, что в общих чертах такое описание примерно соответствует действительности. Я намеренно избегаю подробного упоминания конкретных веществ или биологических видов, поскольку буду сосредотачиваться на их системных свойствах.

В условиях большого разнообразия возможных физических и химических взаимодействий, огромных пространств и длительных временных промежутков могли возникнуть практически бесконечные комбинации веществ и условий. Согласно современным гипотезам возникновения жизни, в одном из участков пространства могли сложиться такие специфические обстоятельства, при которых смог образоваться первый репликатор — вещество, способное создавать свои копии, используя окружающее его вещество. Теории пока не имеют однозначных догадок и деталей, какая именно молекула могла появиться первой и в каких условиях. Экспериментальное подтверждение этой гипотезы принесло бы её автору мировую славу.

Наиболее развитой теорией, получающей всё больше подтверждений, является гипотеза мира РНК. Впервые идея была предложена американским микробиологом Карлом Вёзе в 1968 году, затем развита британским химиком Лесли Орджелом и американским физиком и молекулярным биологом Уолтером Гильбертом в 1986 году. Теория предпола-

ет, что первой самовоспроизводящейся молекулой стала рибонуклеиновая кислота (РНК), ранее считавшаяся исключительно частью ДНК.

Допустим, в нашей гипотетической среде могли сложиться такие специфические условия, которые привели бы к возникновению такой молекулы-репликатора. Однако это не означало бы, что она мгновенно заполнила бы всё пространство. Скорее всего, вокруг неё не хватало бы необходимых веществ, и со временем она просто разрушилась бы под влиянием окружающей среды прежде, чем могла бы создать даже единственную копию. Тем не менее, если жизнь существует сегодня, значит, условия для появления её первого предка могли возникать в прошлом не один десяток или не одну сотню раз.

В одном из таких случаев — о чудо — репликатору наверняка удалось создать несколько своих копий (если судить по тому, что жизнь существует и по сей день). Поскольку он ещё не является в привычном смысле живым организмом, процесс его репликации происходил неосознанно и нецеленаправленно, а исключительно вследствие химических реакций. Пока в окружающем пространстве было достаточно необходимых веществ, репликатор воспроизводил себя с максимальной возможной для такой реакции скоростью. Каждая его копия также могла начать создавать новые копии параллельно с оригиналом, что приводило к экспоненциальному росту их общего числа, и он продолжался бы до

тех пор, пока ресурсы вокруг окончательно не будут исчерпаны.

Однако пространство, в котором существуют репликаторы — наша планета — ограничено и неоднородно. Например, в какой-то момент или в каком-то месте условия менялись: наступала ночь (если для стабильности молекулы требовался солнечный свет), падала или повышалась температура, возрастала концентрация агрессивных химических веществ. Это означало, что репликаторы неизбежно сталкивались бы со своим первым вызовом — окружающей средой, которая могла бы препятствовать их теоретически бесконечному воспроизведению.

Тем не менее, раз жизнь существует, это значит, что нашему далёкому предку удалось преодолеть все препятствия среды и успешно воспроизвести себя хотя бы один раз. Кажется, что выполнить такую задачу невозможно, если не знать заранее все возможные будущие изменения среды. Ключ к решению такой задачи — в несовершенстве самого процесса репликации, который приводит к фундаментальному явлению — эволюции и естественному отбору.

Глава 2: Генетика, размножение и естественный отбор

Для знакомых с биологией и генетикой в этих главах вряд ли найдётся что-то новое, что противоречило бы теоретическим основам дарвинистской эволюции. Назначение этих глав, теоретически вытекающих из достижений современной генетики, — показать ключевые её элементы из определённой перспективы так, чтобы можно было вычленить те отдельные её стороны, которые найдут своё место в объяснении процессов формирования социального порядка.

Способность к самокопированию как химической реакции, вероятно, не является чем-то бинарным в отношении результата. Было бы крайне грубо допускать, что наше вещество-репликатор либо «может создавать точные копии себя», либо «вообще не способно к самокопированию». Точность их репликации, вероятно, располагается на многомерной шкале вероятностей возможных итогов. Например, репликация в даже немного отличающихся условиях среды либо при отличающемся количестве входящих в реакцию веществ может быть более или менее ресурсо- или энергозатратной, более или менее точной, более или менее быстрой. Неопределённые или отличающиеся условия могут привести к появлению неопределённой или отличающейся молекулы, которая далеко не факт что вообще будет способна к следу-

ющей репликации.

Исходя из возможного разнообразия условий, свойство репликации, однажды впервые проявившись, вероятно, изначально не было совершенным или оптимальным. Я думаю, что для первого репликатора было бы достаточно, если хотя бы одна его репликация увенчается успехом в виде нового репликатора, хотя перед этой попыткой или после неё таких попыток могло бы быть сотни или тысячи. Даже воспроизведясь один раз, такая молекула могла бы считаться успешным репликатором, запустившим цепную реакцию репликации живого, которая происходит по сегодняшний день.

Из-за несомненной сложности такого процесса репликации, а также его изначальной неоптимальности, в результате репликации может случиться так, что созданная копия, также способная к репликации, будет немного отличаться от своего оригинала. Так, результатом репликации одного вещества-репликатора может стать другое вещество, несомненно, похожее на предыдущее, но новое по своей сути. Главным критерием, который будет определять, насколько данная найденная вариация перспективна, будет ответ на вопрос: насколько она способствует процессу дальнейшей репликации? В одном случае цепочка репликаций ускорится, в другом — новосозданное вещество, неспособное к репликации, обречено на распад без создания своих потомков. Поиск ответа на этот вопрос запускает естественный отбор — явление, в ходе которого численная доминация отходит тем,

чей механизм саморепликации сравнительно более совершенен, чем у предков или сородичей.

Рассмотрим гипотетическую упрощённую ситуацию, повысив вероятность вариаций, тем самым как бы перемотав процесс репликации. Так, в случае если в какой-то момент одному репликатору удалось сделать так, что в одно время на одном пространстве стали существовать несколько его потомков-репликаторов, можно предполагать, что их свойства самокопирования будут также незначительно отличаться.

Например, если у одного из «сыновей» алгоритм дальнейшего копирования может случайно избавиться от «лишних строк» (что не влияло бы на его способность к репликации), то он получил бы преимущество в потенциально возможном количестве своих будущих копий. Ведь чем быстрее репликация, тем больше потомков — такая оптимизация означала бы ускорение репликации. В другом случае ускорение репликации могло бы происходить посредством избавления от «лишних строк» в целях снижения количества необходимых на репликацию ресурсов. Если бы для скульпторов, например, камни для изваяния головы статуи сразу поступали в форме шара или эллипсоида вместо куба, то их обработка означала бы более эффективное использование доступных ресурсов с меньшим коэффициентом потерь. Рост глубины использования доступных ресурсов при прочих равных, точно так же как и ускорение репликации, мог бы увеличивать число будущих потомков, что для эволюции жизни является

ключевым индикатором приспособленности.

У другого «сына», к примеру, в результате репликации могли бы, напротив, появиться лишние строки, которые если и не поломали бы способность к репликации, то могли бы её случайным образом замедлить либо снизить ресурсоэффективность имеющегося алгоритма репликации.

Представим, что наше вещество-оригинал смогло до текущего момента успешно самокопироваться лишь дважды — остальные его потомки оказались неспособны к дальнейшему самокопированию. Таким образом, одновременно в нашей модели существуют три вещества с немного отличающимися алгоритмами репликации: оригинал со средней скоростью, первый потомок с более быстрой и ресурсоэффективной репликацией, и второй потомок с более медленной. По истечении какого-то времени наибольшим станет число потомков первого — того, чей алгоритм оказался сравнительно совершеннее. Имея это преимущество, именно он получает более высокую вероятность дальнейшего выживания своего алгоритма внутри потомков.

Как я уже упоминал, доступные пространство и ресурсы в нашей модели ограничены. Помимо прочего, окружающая среда в данном пространстве является нестабильной, поэтому для любого вещества существует риск наступления таких событий или условий (например, излучения, токсичные вещества, изменение температуры), которые могут случайно лишить наше вещество-репликатор свойств к копированию.

Попадание в неблагоприятные условия будет означать неизбежный «распад» репликаторов («смерть»), что будет вести к обрыву цепочки репликации.

Поэтому если учитывать ограниченность ресурсов, спустя определённое время в нашем пространстве наибольшим станет число потомков того репликатора, чей алгоритм копирования сравнительно совершеннее. Вместо экспоненциального роста числа всех молекул, в таких условиях мы получим более медленный, но всё же рост численности репликаторов — сначала всех (рост через общее расширение), а по мере заполнения пространства — в сторону увеличения численности носителей сравнительно более совершенных алгоритмов (вытесняющий рост). Носители более совершенных алгоритмов, способные к более быстрой репликации, с каждым следующим шагом будут увеличивать свою численность относительно других. Со временем вымрут сначала потомки с наименее совершенным алгоритмом, а вскоре за ними — и потомки оригинала. Кто успел, как говорится, тот и съел.

Как можно видеть из такой модели, естественный отбор возникает в результате появления даже небольшого отличия между алгоритмами репликаторов. В реальности возможные изменения внутри репликационной инструкции, которые могут возникать в результате случайных мутаций, происходят постоянно, создавая бесконечное разнообразие возможного поведения их носителей. Нет предела тому, каким может быть итоговый алгоритм в результате мутаций — ва-

жен лишь ответ на вопрос, закрепится ли он во всей популяции репликаторов, что будет зависеть только от того, насколько быстрее остальных он будет способен преобразовывать окружающие его ресурсы в себеподобные копии. Единственный верный способ узнать, кто окажется «оптимальным», — это ждать окончания выбранного наблюдаемого периода. Те, кто в конце периода прирастут большим числом копий, и окажутся сравнительно более приспособленными к существующим окружающим условиям.

Глава 3: Код распаковки и алгоритмы поведения

Окружающий нас мир состоит из миллионов разнообразнейших живых организмов. Это является результатом работы случайно происходящих мутаций и их последующего отбора в течение миллионов лет. В генетике считается, что все мы, живые существа, являемся потомками давно существовавшего общего предка всех живых — LUCA (Last Universal Common Ancestor, или «последнего универсального общего предка»). Теоретически, существование такого простейшего репликатора подразумевает, что на земле не существует потомков других древних репликаторов — все цепочки, не вытекшие из LUCA, вымерли. Есть гипотеза, что предком LUCA мог быть FUCA — первый универсальный общий предок, который так же, как и LUCA, является родственником всего ныне живого на земле. Однако, помимо LUCA, FUCA мог создать множество других потомков, носители гена которых в других ветках вымерли до нашего времени¹.

В основе жизни на Земле лежит удивительная молекула —

¹ Существует гипотеза, что, тем не менее, отдельные фрагменты генетических алгоритмов предков FUCA могли быть горизонтально встроены в потомков LUCA, способом, каким, например, вирус может интегрироваться в ДНК. Тема горизонтального переноса в целом крайне актуальна и интересна, особенно в свете современной геномной инженерии.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). Это длинная цепь, состоящая из четырёх простых «букв» — нуклеотидов: аденина, тимина, гуанина и цитозина. Их последовательность — это своего рода программный код, физический носитель информации, который несёт в себе инструкции по созданию и функционированию всего организма. ДНК присутствует в каждой клетке живого существа, и именно через неё, как правило, передаётся основная часть генетической информации из поколения в поколение. В некотором смысле ДНК можно буквально сравнить с бинарным кодом компьютерных программ и найти в этом сравнении их функциональное единство в качестве носителя информации.

Чтобы уместить этот огромный массив информации в крошечное ядро клетки, ДНК компактно свёрнута в хромосомы — структуры, напоминающие плотно упакованные архивы данных. У человека таких хромосом 46, и в них содержится около 3 миллиардов «букв», или пар оснований. Если всю ДНК из одной клетки развернуть в линию, её длина составит примерно два метра. И это при том, что сама клетка настолько мала, что её можно разглядеть только под микроскопом.

Несмотря на всё многообразие форм жизни, ДНК разных организмов существенно совпадают. Геном человека совпадает с геномом шимпанзе почти на 99%, с мышью — на 85%, а даже с бананом у нас есть около 60% общих генов. Это свидетельствует о том, что жизнь как таковая, изначально

ветвясь от общих предков, строится по единым принципам, а эволюция не изобретает каждый организм с нуля — она продолжает модифицировать уже существующие фрагменты кода.

Можно сравнить этот процесс с тем, как если бы сотрудники компании для решения своих задач не создавали новый чистый файл, а брали за основу уже существующую копию, использованную в прошлом, — со всеми её рабочими фрагментами, накопленными ошибками и особенностями архитектуры. Начать с нуля было бы соблазнительно, однако это невозможно: наука пока не понимает в полной мере, за что именно отвечает каждый участок ДНК и какие цепочки функций он поддерживает. Удалив кажущееся лишним, можно нарушить то, что незаметно, но критически важно. Поэтому гораздо надёжнее работать с тем, что уже существует, внося небольшие точечные правки.

ДНК можно рассматривать не просто как чертёж или набор инструкций, а как главный алгоритм всего организма — как он формируется (инструкция по «распаковке» в ходе репликации и формирования), как функционирует (что он делает между своей репликацией и созданием своих копий), а также как размножается (как он создаёт новые копии).

ДНК управляет внутренними процессами клетки — синтезом белков, регуляцией обмена веществ, механизмами роста и деления. Эти процессы идут автоматически, как фоновые системные задачи, не требуя никаких внешних данных.

Однако организм не существует в вакууме. На примерах из прошлой главы репликатор существует в окружающей среде: он окружён веществами, условиями, другими репликаторами, и вынужден постоянно реагировать на эту среду (благодаря случайно появляющимся в ходе эволюции инструментам). Здесь на сцену выходят «интерфейсы» — инструментальные каналы, через которые организм получает сигналы извне: к примеру, воспринимает свет и звук, чувствует температуру или химический состав окружающей среды, тактильно ощупывает поверхности и прочее. ДНК в этом смысле содержит в себе информацию о том, как сформировать данные «интерфейсы», а также как использовать входящую через них информацию, предоставляя перечень определённых алгоритмичных действий «если..., то...» (например, «если холодно, то беги»). По сути, ДНК, помимо инструкций к репликации, распаковке и поддержанию жизни, предоставляет организму набор интерфейсов и драйверов к ним, обеспечивающих связь с внешним миром, а также вместе с ним и книгу с детальными инструкциями «на все случаи жизни».

Таким образом, алгоритм ДНК можно представить как многоуровневую динамическую программу, которая одновременно управляет внутренними автономными процессами, обрабатывает сигналы от внешней среды и внутренние данные о состоянии самого организма. Некоторые учёные называют ДНК «поваренной книгой» с рецептами, которая

распространена по всем клеткам организма и представляет собой набор инструкций к действиям этих клеток («какое блюдо нужно приготовить») в зависимости от поступающих в неё сигналов или веществ.

Под алгоритмом точнее будет понимать не просто статичную последовательность заранее запрограммированных действий организма, а скорее сложную самонастраивающуюся и адаптивную систему параллельных вычислений, основанную на входящих в неё сигналах и существующих внутри ДНК чек-листах, как поступать в данных условиях. Такой алгоритм способен выдавать поведение, подходящее в данный момент времени в существующем контексте, при этом не выходя за пределы скриптов, заложенных в генетический алгоритм.

Комбинации вариантов действий могут быть разными в зависимости от уникальных ситуаций, в которые организм попадает, однако отдельно взятые действия всегда известны и прописаны в существующем коде — выполнить другое действие, не прописанное внутри алгоритма, чисто физически невозможно. О появлении памяти и о том, как она позволяет обойти это ограничение, будет описано в нескольких главах позже.

Глава 4: Что является единицей эволюции?

С момента возникновения молекул-репликаторов процесс эволюции был запущен, представляя собой формирование цепочек неидеально самокопирующихся репликаторов, в результате чего возник естественный отбор. Со временем этот процесс привёл к появлению огромного разнообразия живых систем — от простейших бактерий до сложных многоклеточных организмов. Все эти организмы различаются размерами, формами, уровнями организации, а также стратегиями поведения и выживания.

Передача генетической информации осуществляется посредством передачи ДНК, которая является наследуемой последовательностью генетических инструкций. Отдельный организм как индивидуальный носитель ДНК не может целенаправленно изменять собственный генетический алгоритм в ходе своей жизни. По этой причине эволюционная динамика происходит не за счёт изменений внутри генов отдельных носителей, а за счёт несовершенства самокопирования или намеренной рекомбинации отдельных наследуемых фрагментов ДНК. Иными словами, в роли фундаментальной единицы эволюционного процесса выступают не сами организмы как цельные существа, а части ими наследуемого кода — гены, которые можно рассматривать как функциональные

фрагменты эволюционных алгоритмов.

Каждый фрагмент ДНК может кодировать как определённый отдельный признак, так и отвечать сразу за несколько процессов внутри организма. Индивидуальные организмы в популяции подвержены случайным событиям — болезням, хищникам, катастрофам. Однако сами гены, одновременно присутствуя во многих организмах, в статистическом смысле значительно устойчивее к такой случайности: их продолжение существования определяется не судьбой одного носителя, а совокупным выживанием всех тех, в ком они находятся, и способностью создавать вариации — постепенно закрывая те пути развития, которые оказались тупиковыми.

Чем меньше фрагмент гена, тем меньше его дальнейшая сохранность будет зависеть от случайности, и тем вероятнее ему удастся пробраться в следующих носителей без изменений. Крупнейший возможный фрагмент алгоритма — алгоритм отдельного носителя целиком — в бесполом размножении первым рискует со временем в силу отсутствия вариаций стать жертвой вымирания или изменений из-за меняющихся внешних условий, а в половом размножении целостность генома становится под ещё больший вопрос из-за намеренных рекомбинаций. В современных популяциях практически не существует двух абсолютно одинаковых генетических алгоритмов. Во-первых, это связано с огромным размером геномов: вероятность хотя бы одной мутации крайне высока. Во-вторых, половое размножение обеспечивает на-

меренную рекомбинацию генов — своего рода «перетасовку» генетической колоды. Таким образом, отбор фактически действует не на отдельные гены в чистом виде, а на их комбинации, встроенные в конкретные организмы.

Что это значит на практике? Представим себе популяцию, состоящую из 100 организмов. Каждый из них обладает уникальной комбинацией генетических фрагментов, полученных при размножении. Допустим, у 20 особей случайно есть фрагмент ДНК, кодирующий поведенческую реакцию: они закапываются в песок при первых признаках дождя. Если дожди в данной среде станут токсичны, такая особенность повысит вероятность выживания. Соответственно, носители этого поведенческого гена вероятнее выживут и оставят сравнительно больше потомков. Важно подчеркнуть: естественный отбор не может «заменить» отдельный ген — он оценивает весь организм в целом, как носителя множества взаимодействующих фрагментов кода, и выживает вся совокупность этих фрагментов целиком. Однако даже один ген, оказавшись крайне полезным или крайне опасным, может как «вытянуть» носителя и его потомков, так и стать причиной вымирания своих носителей. В долгосрочной перспективе отбор сохраняет те фрагменты алгоритма, которые повышали вероятность выживания и успешного размножения.

Организмы при этом являются лишь временными носителями, своего рода «транспортной оболочкой» для генетических фрагментов, соединяющей эволюционное прошлое и

будущее. Сами тела, как физические сущности, обречены на гибель, тогда как полезные фрагменты кода могут отбираться, вымирать либо сохраняться и тиражироваться. Другими словами, предметом отбора является генетическая информация внутри ДНК.

Интересно, что функционально схожие фрагменты могут возникать независимо друг от друга в разных эволюционных линиях. Например, способность к зрению могла возникнуть независимо у совершенно разных групп организмов. Варианты зрительных систем (светочувствительные белки, базовая архитектура глазного пятна) могут присутствовать у многих видов, возникая и развиваясь независимо, так как представляют собой эффективное решение функциональной задачи ориентации в пространстве. Кроме того, отбор не просто сохраняет однажды возникшие полезные фрагменты кода, но также может «доводить их до совершенства», шлифуя их структуру и функциональность. Так, простейший светочувствительный глазок, различающий лишь уровень освещённости, за миллионы лет эволюции мог превратиться в сложную систему с фокусировкой, цветовым зрением и стереоскопическим восприятием пространства. Подобная эволюция могла параллельно и независимо идти в совершенно разных группах организмов, никак генетически не связанных.

Таким образом, с точки зрения эволюции, организм — это промежуточный носитель, своего рода «исполняющая сре-

да» для генетических фрагментов. Настоящими объектами отбора являются именно эти фрагменты, конкурирующие за место в будущем через эффективность выполнения ими определённых полезных функций или свойств для носителя. Некоторые из них определяют физическую структуру тела, другие — поведенческие реакции, третьи — сложные физиологические процессы. Именно они, эти фрагменты биологического кода, обеспечивают связь между прошлым и будущим, тогда как тела лишь исполняют роль одноразовых носителей этого вечного алгоритма жизни.

Понимая, что реальная единица эволюции — это не отдельный организм, а фрагменты его генетического кода, мы неизбежно сталкиваемся с новым вопросом. Если естественный отбор сохраняет только те фрагменты, которые способны выживанию и репликации, то означает ли это, что эволюция движется к какой-то цели? Можно ли сказать, что у эволюции есть направление, встроенная логика развития или даже некий финальный пункт назначения? Ответ на этот вопрос далеко не так очевиден, как может показаться на первый взгляд. Чтобы разобраться, нужно выйти за пределы отдельного организма и посмотреть на эволюцию как на явление, охватывающее миллионы лет, огромное количество видов и постоянное переплетение случайностей и закономерностей.

Именно этому будет посвящена следующая глава: мы попробуем понять, является ли эволюция простой цепочкой

случайных событий, или же в её механизмах скрыта какая-то внутренняя направленность.

Глава 5: Направленность: имеет ли эволюция цель?

Человеческое восприятие эволюции исторически тесно связано с телеологией — представлением о наличии конечной цели или высшего замысла в процессе развития жизни. Если на вопросы о происхождении жизни и человека наука постепенно находит всё более обоснованные ответы, то прогнозирование будущего биосферы по-прежнему остаётся областью предположений и сценарного моделирования.

В биологии долгое время существовала конкурирующая с дарвинизмом концепция — теория Ламарка. Согласно ей, организмы якобы «стремятся» к адаптации, а тело способно передавать потомкам приобретённые в течение жизни изменения. Классический пример — удлинение шеи жирафа как результат постоянного вытягивания к верхним веткам деревьев. Такой взгляд органично вписывался в представление о прогрессе как универсальной закономерности — и именно поэтому был так привлекателен.

Стоит отметить, что в современных исследованиях действительно был обнаружен механизм, поверхностно напоминающий ламаркизм — система CRISPR-Cas у некоторых бактерий и архей. Однако это скорее молекулярная запись внешней угрозы (например, вирусной ДНК) в геном, чем основной или фундаментальный способ передачи приобретён-

ных признаков внутри генома. С точки зрения общей теории эволюции это частный случай адаптации, специфический для прокариот и никак не изменяющий кардинально существующую основную теорию.

Дарвиновская теория эволюции, которая остаётся основой современной биологии, отвергает идею о наследовании приобретённых признаков. Появление новых генетических вариантов — результат случайных мутаций или рекомбинации генов при половом размножении. Закрепление или исчезновение этих вариантов определяется естественным отбором — процессом, происходящим постфактум, уже после их возникновения.

Из такого описания видно, что эволюция не имеет заранее заданной цели или направления — это процесс, в котором «новые» случайные мутации взаимодействуют со «старой» известной окружающей средой. Важны не субъективные «устремления» организма, а объективная пригодность его генетической программы для текущих условий, «здесь и сейчас». Эволюцию можно сравнить с игрой в «постоянную адаптацию», в которой каждый организм и каждая популяция стремится удержаться на стабильных позициях, которые постоянно смещаются. Изменения климата, случайные катастрофы, появление новых конкурентов — всё это создаёт меняющийся локальный климат, к которому жизнь вынуждена адаптироваться. Можно представить, что если окружающая среда меняется, создавая своего рода поворот «безопас-

ной дороги», то репликаторы, создавая множество вариаций алгоритмов, создают массу вариантов того, в какую сторону будут двигаться носители. Те носители, которые выйдут за пределы «дороги», вымрут, а те варианты, что своей траекторией не выйдут за её пределы, продолжают идти дальше, снова создавая вариации уже для преодоления ими новых поворотов.

Важно понимать, что это не движение к единственному глобальному равновесию. Скорее, это процесс постоянного «падения в равновесие», с тем нюансом, что само равновесие динамично и многомерно. В каждой конкретной нише могут быть свои «оптимумы», определяемые совершенно разными параметрами — от скорости размножения до устойчивости к засухе и многими другими.

Фактический результат эволюции — это не единый путь к «совершенству», а создание огромного веера возможных решений «завтрашних проблем». Биосфера включает около 1,7 миллионов описанных видов, а по разным оценкам их общее число может составлять от 5 до 9 миллионов. Среди них есть как микроскопические бактерии, так и гигантские синие киты. Разнообразие размеров, форм и способов существования подчёркивает, что нет единого признака или направления, только в котором эволюция неизбежно бы двигалась. Рыбы, грибы, насекомые, млекопитающие, растения, бактерии — все они сосуществуют в одно и то же время, конкурируя за общие ресурсы, но при этом решая свои адаптив-

ные задачи совершенно разными способами и стратегиями. С точки зрения современных биологических концепций, говорить о «прогессе» в эволюции некорректно. Эволюция не знает цели и не имеет вектора развития, ориентированного на сложность или совершенство. Направление каждого эволюционного процесса задаётся не абстрактной «волей к развитию», а конкретными условиями окружающей среды, в которых он существует. Простота может быть столь же успешной стратегией, как и сложность. Бактерии, возникшие миллиарды лет назад, не только не исчезли, но и остаются крайне многочисленной формой жизни, судя по их численности и доле в общей биомассе. Сложные организмы возникают лишь там, где сложность сопровождается наличием адаптивных преимуществ.

Освободившись от иллюзии о «неизбежном прогрессе», мы можем по-новому взглянуть на события, приведшие к появлению многоклеточных организмов. Многоклеточность — это не заранее предопределённая ступень эволюционной лестницы, а один из множества возможных вариантов развития жизни на Земле. Если рассматривать биосферу как поле, заполненное бесчисленным количеством репликаторов с разными алгоритмами выживания, то многоклеточность — это всего лишь одна из тактик, которая могла работать в определённый период и в определённых условиях. В каком-то смысле это историческая случайность, результат длинной цепочки локальных адаптаций, которые по мере на-

копления «случайных удачных совпадений» вывели некоторых предков современных организмов за границы индивидуального существования. Вполне возможно, что закрепление многоклеточности смогло произойти далеко не с первой попытки.

Огромная часть живого на планете по-прежнему остаётся одноклеточной. Микробы, бактерии, археи — эти простые формы, несмотря на свою древность, продолжают доминировать по номинальной численности и скорости размножения. А по биомассе они в разы превышают животных, уступая только многоклеточным растениям. С этой точки зрения «успеха» сама по себе многоклеточность вовсе не выглядит эволюционной необходимостью.

Именно поэтому вопрос о происхождении многоклеточности остаётся открытым: была ли она лишь счастливым совпадением, которое закрепилось постфактум, или же на каком-то уровне в структуре биосферы действительно существуют системные предпосылки для её появления? Ответ на этот вопрос лежит где-то между биохимией, экологией и теорией системной эволюции, и для его полного понимания потребуется обсудить, каким образом простые репликаторы могли перейти к сложным формам организации и закрепиться в качестве эффективной стратегии.

Глава 6: Усложнение организма

Как именно произошёл первый в истории эволюции переход к многоклеточности, до сих пор достоверно неизвестно. Вероятно, этот процесс, подобно многим другим сложным изобретениям, происходил постепенно, посредством случайных и не всегда сразу эффективных преадаптаций. Тем не менее, тот факт, что сложная многоклеточная жизнь со временем сумела закрепиться наравне с простой, означает, что такая форма жизни приспособлена для выживания как минимум не хуже, чем простейшие.

Определённо должен существовать ряд преимуществ, которые окупали бы сложность репликации сложной системы, ведь репликация сложных организмов занимает гораздо больше времени и требует больше ресурсов. Бактерии в силу своей простоты и небольших размеров способны удваивать своё число за промежуток времени от 4 до 20 минут — их репликационный цикл на порядки короче, чем у любого сложного организма. Если сравнить эти показатели с млекопитающими, то разница поражает — для них необходимо формироваться внутри от одного месяца у мелких млекопитающих до 22 месяцев у слонов, а после этого от нескольких недель до 15 лет, в зависимости от вида, продолжать формирование вне материнского тела, чтобы достигнуть репродуктивного возраста. В современном мире пара людей в сред-

нем оставляет от 1 до 10 детей, а случаи от 15 детей являются огромной редкостью; в прошлом число детей могло быть выше, однако ни в какие времена и ни в каких странах оно никак не достигало трёхзначных чисел.

В общих чертах, все живые организмы можно свести к вытекающей тенденции — чем больше размер организма, тем сложнее и дольше он воспроизводится, тем меньшее число потомков он оставляет и тем большую эволюционную цену имеет выживание отдельного потомка. Такое наблюдение схоже с теорией *r*- и *K*-отбора, где массовая стратегия именуется *r*-отбором, а стратегия немногочисленности — *K*-отбором. Следующая таблица иллюстрирует этот диапазон: по вертикали — нарастающая сложность организма, по горизонтали — связанные с ней параметры репликации. Такая категоризация не претендует на строгость — она лишь показывает, что сложность и скорость репликации движутся в противоположных направлениях.

Организм	Царство	Развитие, дни	Половая зрелость, дни	Потомков за жизнь	Тип размножения	Стратегия
E. coli	Бактерии	0.01	0.01	1 000 000 000+	Бесполое	r
Цианобактерия	Бактерии	0.04	0.04	100 000 000+	Бесполое	r
Мухомор	Грибы	2–5	1–2	100 000 000–500 000 000	Бесполое*	r
Дрожжи	Грибы	0.08	0.08	100 000–1 000 000	Бесполое*	r
Одуванчик	Растения	14–21	20–40	2 000–15 000	Половое	r
Дуб	Растения	~180	7 000–20 000	100 000–500 000	Половое	K
Бамбук	Растения	~150	10 000–40 000	100 000–1 000 000	Половое	r/K
Муха дрозофила	Животные	~1	8–14	300–1 000	Половое	r
Мышь	Животные	~20	35–50	100–200	Половое	r
Человек	Животные	~280	3 500–6 000	1–15	Половое	K
Слон	Животные	~660	3 500–6 000	4–7	Половое	K

* Грибы используют оба типа размножения; здесь указан преобладающий.

Как можно видеть, в мире сосуществуют организмы с разным уровнем сложности. Стратегии простых организмов скорее завязаны не на качественном развитии небольшого числа организмов, а на «оптовом» выведении миллионов простых копий без особого внимания к отдельным особям — в надежде, что «хоть кто-то да выживет». Сложность увеличивает необходимое время на репликацию и необходимый объём ресурсов, поэтому прежняя количественная стратегия заменяется качественной: цена утраты отдельного организма возрастает настолько, что одна ошибка может создать риски для выживания всего рода. С точки зрения естественного отбора сложность сама по себе лишь приносит дополнительные трудности процессу репликации. Для перехода к качественной стратегии выживания необходимо появ-

ление новых инструментов, которые будут определять, насколько приспособленным окажется новый сложный организм к окружающей среде. Иначе такие организмы будут просто обречены на вымирание.

Помня о том, что мутации в ходе репликации происходят случайным образом, можно предположить, что и появление усложнения было результатом ошибки в ходе репликации. Например, в ходе неправильного деления алгоритм мог пропустить часть инструкции, связанную с «отделением» новообразованной копии от «материнской». В результате они с определённой вероятностью могут остаться «слепленными» и продолжить существовать, имея в каком-то смысле «общую стенку». Это лишь один из возможных сценариев — наряду с ним биологи рассматривают и колониальный путь, при котором одноклеточные организмы начинают держаться вместе после деления в силу иных причин. Как конкретно произошёл этот переход, сказать крайне сложно — такой ретроспективный анализ должен проводиться профессиональными биологами.

Вероятнее всего, как и со многими случайными мутациями, сама по себе мутация усложнения могла быть скорее нейтральной или негативной для способности клетки к адаптации. Например, сородичи, не имевшие такого дефекта и успешно «отделявшиеся» друг от друга, сохраняли такие преимущества, как мобильность и способность к быстрой репликации.

Трудно представить себе первый сложный организм, процесс репликации которого был бы проще, чем у простых предков. Если раньше инструкция репликации предписывала определённую последовательность этапов, то после появления мутации уже становилось не совсем ясно, в каких случаях алгоритм должен приводить к «усложнению» в результате незавершённого деления, а в каких — к полноценному делению с отрывом. В случае, если отрыва не происходит вообще, такой организм, обречённый на постоянное «недоделение», со временем вымрет — не способный двигаться из-за растущего размера и нарастающей потребности в питании.

Другими словами, сложные организмы могли бы начать путь своего закрепления в популяции тогда, когда алгоритм их репликации и последующего усложнения был разделён и чётко прописан. Это означает, что для начала необходимо не просто появление сложного организма, но организма, который чётко отличает для себя алгоритмы «деления» от алгоритмов «усложнения». Если для появления сложного организма необходима некоторая вероятность, то для появления сложного организма, способного к саморепликации, необходима вероятность в квадрате. Даже по таким минимальным условиям появление — не говоря уже о закреплении — сложных организмов требует огромного количества времени и множества делений до этого простых организмов.

Как уже описано выше, одной из проблем нового сложно-

го организма является мобильность. Если представить, что первый сложный организм состоял бы из двух клеток, то обе эти клетки обладали бы формой и площадью тела, которыми они соприкасались бы с окружающим пространством. Теперь, когда обе клетки соединены, форма и площадь взаимодействия с пространством изменились. Алгоритм перемещения, оптимизированный под небольшую отдельную клетку, теперь далеко не так оптимален. А если организм обладал инструментами перемещения — жгутиками, — то их одновременное использование двумя клетками может нивелировать работу друг друга, двигая организм в сторону суммарного вектора, а не туда, куда намеревалась каждая из сторон. Буквально — ситуация из басни про лебедя, рака и щуку.

Другим важным аспектом является общая кормовая база. Несколько составных частей сложного организма находятся одновременно в одном пространстве и, найдя питательный ресурс, могут конкурировать друг с другом за то, кто его потребит. Такая конкуренция может привести к диспропорциональному развитию — клетка, получившая больше ресурсов, будет способна к более активной конкуренции, что в конечном итоге может привести к гибели одной из частей организма. Живая часть, оставшись с мёртвым «соседом», потеряет защиту общей стенки и станет уязвимее перед агрессивной средой и хищниками.

С такой системной точки зрения, выполнение эгоистических алгоритмов обеими составными частями сложного ор-

ганизма будет снижать уровень его адаптации в сравнении с простыми конкурентами. Да, такие организмы могут существовать в условиях временного ресурсного изобилия. Однако любая нужда, возникающая в результате изменений климата или роста числа живых организмов, разгоняет неумолимый механизм естественного отбора, который сохранит в живых только верхние строчки рейтинга приспособленности.

Такие рассуждения абстрактны и могут быть далеки от действительности, однако я привожу эти примеры с целью объяснить, что сама по себе сложность лишь снижает конкурентные преимущества в сравнении с простыми организмами — она скорее только мешала бы выживанию его составных частей.

Если сложность сама по себе бесполезна, значит, для её выживания и закрепления нужно, чтобы в ходе эволюции появились случайные мутации, которые позволили бы сложному организму выживать не менее эффективно, чем простому — как минимум окупая возросшую сложность репликации, а как максимум предоставляя ему сравнительные преимущества. Такие необходимые мутации непременно должны быть связаны со сложностью, поскольку если аналогичная мутация возможна и в простом организме, то никаких сравнительных преимуществ сложный организм не получит.

Таким образом, закрепление мутации сложности требует постепенного процесса появления ряда мутаций, играю-

щих роль преадаптаций, каждая из которых будет увеличивать сравнительную приспособленность сложного организма. Шанс на последовательное появление нужных преадаптаций, формирующих «критическую массу», необходимую для устойчивого выживания, определённо мог существовать. И как я предполагаю, в один из таких шансов сложная жизнь и смогла закрепиться в качестве устойчивой стратегии.

Без дальнейшего развития новых преадаптаций возникшая сложность неизбежно была бы утрачена в долгосрочной перспективе отбора. Они бы просуществовали некоторое время, выезжая на временном ресурсном изобилии, но были бы уничтожены первым возникшим дефицитом или существенным изменением климата.

Тем не менее сложные организмы сегодня не являются редкостью — они буквально окружают нас повсюду и во все не собираются вымирать. Это означает, что дальнейшее совершенствование сложности через появление дополнительных мутаций смогло дать сложным организмам уровень адаптации, достаточный для выживания в долгосрочной перспективе. В качестве аналогии можно привести пример первых автомобилей: они очень сильно уступали лошадям в стоимости, скорости, мощности и надёжности, поэтому, не получив дальнейшего технического совершенствования и инфраструктуры, им бы никак не удалось заместить лошадей. Так и сложность, вооружившись рядом преадапта-

ционных инструментов, смогла сохраниться и закрепиться в качестве успешной стратегии выживания. Об этих инструментах я поговорю в следующей главе.

Глава 7: Сопровождающие инструменты

В своей теории основополагающими принципами, которые смогли укоренить сложность в качестве одного из устойчивых вариантов возможных форм устройства живых алгоритмов, я называю три элемента. Все три сопровождающих инструмента являются важной составляющей практически каждого сложного организма и в дальнейшем сыграют свою роль в объяснении принципов формирования общества, поэтому прошу со вниманием отнестись к каждому из них. Их нельзя упорядочить по важности, поскольку только в совокупности они дают необходимые системе эмерджентные свойства. Поскольку я не биолог, я не могу сказать точно, какова была последовательность их появления — возможно, некоторые из них функционально уже существовали в момент появления сложности. Однако для целей этой книги достаточно того факта, что все три инструмента наличествуют у сложных живых систем.

Первым я назову инструмент, покрывающий необходимость в координации. В ситуации с перемещением и жгутиками, описанной в предыдущей главе, такая координация означала бы, что алгоритм перемещения нашего первого сложного организма должен быть устроен таким образом, чтобы движение жгутиков не противоречило бы друг другу.

Управление жгутиками могло бы осуществляться из единого общего центра или было бы отдано под управление одной из составных клеток организма — способов реализации такой синхронизации технически может быть много. Вне зависимости от способа реализации это позволило бы избежать ситуаций, когда организм не способен к полноценному контролю над положением в пространстве из-за внутренней несогласованности. Общее управление инструментами перемещения позволило бы направлять их в сторону единого вектора, а попеременное использование жгутиков могло бы позволить клетке совершать целенаправленные повороты, выполняя функцию своеобразного руля.

Координация может касаться не только передвижения. Любые действия, выполняемые обеими клетками одного организма и служащие одной и той же цели, могут быть функционально объединены одним триггером. Например, при попадании в агрессивную среду клеткам надлежит синхронно перекрыть отверстия в своей оболочке, не допустив попадания опасных веществ внутрь. Ограничив доступ только в одной клетке, организм в целом рискует получить их через оболочку других, ещё не перекрытых клеток. Подобных примеров, где координация функционально необходима, можно привести множество — более детально мы поговорим об этом инструменте в отдельной главе.

Следующим сопровождающим усложнение инструментом является внутренний обмен ресурсами. Его важность

может теряться из-за того, что обмен веществ кажется нам практически неотъемлемым свойством любого сложного организма. В нашем гипотетическом примере такой инструмент в самом простом виде может проявляться в отсутствии жёсткой мембраны между двумя составляющими сложного организма — ресурсы одной клетки свободно перемещаются посредством диффузии, делая возможным совместное использование того, что добыла каждая из них. Такой механизм позволил бы избежать конкуренции между клетками, поскольку выгода от действий каждой из них пропорционально разделялась бы между ними.

Тем не менее, как и с любыми другими мутациями, появление и закрепление такого инструмента изначально не было идеальным. Разделение ресурсов могло происходить избирательно: одна клетка пользуется ресурсами второй, но не наоборот. Такой регулярный дисбаланс только ускорял бы момент, когда одна из клеток перестаёт справляться с поддержанием жизни, рискуя погибнуть и утянуть за собой совокупный организм. Пропорциональный же обмен позволил бы двум клеткам уравнивать шансы на выживание вне зависимости от того, сколько ресурсов потребила каждая по отдельности. Такая диверсификация рисков существенно могла бы повысить вероятность системы на выживание — о конкретных цифрах я буду рассуждать в соответствующей главе.

Из первых двух сопроводительных инструментов плавно вытекает третий — более всеобъемлющий. Он настолько

прочно ассоциируется со сложными системами, что стал своего рода аксиомой для описания причин сложности. На самом деле такое понимание не учитывает то огромное время, которое потребовалось на его появление и закрепление, и может ошибочно приводить к ложным причинно-следственным связям. Об этой ловушке стоит помнить, прежде чем я скажу, в чём заключается суть данного инструмента.

Координация действий в совокупности с равномерным распределением ресурсов является благодатной почвой для появления функционального разделения между клетками. На сегодняшний день очевидно, что каждый тип ткани в организме выполняет свою особую функцию, от которой зависят все остальные клетки. Тем не менее процесс появления функционального разделения не является чем-то естественным, системно имманентным или существующим априори. Это наблюдаемое явление — результат миллионов итераций отбора случайных вариаций, в которых изначально это разделение практически наверняка не было настолько выраженным.

Вернёмся к нашей гипотетической ситуации. Взглянув на сложный организм, состоящий из двух идентичных клеток, а после на организм, две клетки которого выполняют определённую функцию, интуитивно мы отдали бы приоритет второму в плане эффективности. Поведение такого организма полностью бы совпадало с поведением простого — в его действиях нет противоречия или несогласованности, среди

его составных частей нет конкуренции за ресурсы, а каждая из них делает строго отведённую ей работу. Такой организм можно справедливо сравнить с многоядерным процессором: он может более эффективно выполнять свой алгоритм жизнедеятельности, разделив выполнение разных его фрагментов на отдельные клетки и допустив их параллельное выполнение. Так, одна из клеток может сосредоточиться на перемещении, другая — на наблюдении окружающего пространства, третья — на переработке поступающих ресурсов, четвёртая — на выведении отходов, пятая — на репликации. Координация между выполнением всех этих действий также выносится на отдельную клетку, которая соединяется с другими как ресурсными, так и информационными каналами. Такой организм с системной точки зрения слабо отличается от простых организмов в плане внутреннего устройства — функции, которые раньше выполнялись отдельными элементами клетки, теперь могут выполняться специфической группой клеток на уровне организма. Это снижает издержки от переналадки и увеличивает эффект масштаба: клетки в такой конфигурации начинают отказываться от выполнения огромного числа действий в пользу одной конкретной функциональной задачи. Подключённые к общей ресурсной и информационной сети, они становятся частью обмена результатами своей деятельности. Отбор поощрял те мутации, которые вызывали отказ клеток от сравнительно неэффективных действий и интенсификацию тех, что приносили больше

выгод для выживания всего организма. Об этом инструменте детально я также поговорю в отдельной главе.

В отличие от первых сложных организмов, высокая функциональная взаимосвязанность клеток внутри организма сильно увеличивает степень их взаимозависимости. Теперь, если одна из функций выходит из строя, под удар попадает весь организм целиком. Тем не менее совокупный эффект масштаба от функционального разделения и все связанные с ним эволюционные преимущества окупают эти риски. Существующие многоклеточные организмы практически всегда обладают всеми тремя перечисленными инструментами в той или иной форме, и их выживание не находится под угрозой — если судить по тому, что многоклеточность в той или иной форме, по разным оценкам, существует от 600 миллионов до более чем миллиарда лет.

Кроме того, никто не отменяет вероятности дальнейших мутаций внутри сложных организмов, прописывающих алгоритмы на случай сбоев отдельных подсистем. Такие инструменты, как иммунитет, клеточная регенерация, развитая память, способны дополнительно увеличивать приспособленность сложных систем к окружающей среде. Их можно отнести к четвёртой группе инструментов — не менее важной, но скорее производной от трёх основных и их дополняющей.

Пройдя эти этапы вооружения инструментами сопровождения усложнения, сложные организмы получили возможность на равных конкурировать с простейшими. Так, общая

биомасса всех бактерий, архей и протистов составляет, по подсчётам учёных, порядка 15% от совокупной биомассы. Лидерами являются растения с 82%. Все животные едва ли дотягивают до 0,5%, а человек — лишь 0,01% от совокупной земной биомассы. Тем не менее наблюдателю сложно усомниться, что сложная многоклеточная жизнь на планете укоренилась давно и надёжно.

Резюмируя данную главу, можно сказать, что сложность, однажды появившись случайным образом и привнеся с собой новые трудности для выживания организма, смогла в результате долгого и постепенного естественного отбора приобрести системные преимущества, эти трудности окупающие. Эти преимущества стали результатом появления сопровождающих инструментов: прежде всего инструментов координации и управления (1), инструментов внутреннего обмена (2) и функционального разделения (3).

Глава 8: Инструменты управления и координации

С системной точки зрения, одним из недостатков первых появившихся сложных организмов может являться несогласованность действий их составных частей. Если ранее действия организма и шансы на его выживание зависели от выполнения одного алгоритма, то теперь таких центров выполнения алгоритмов могло быть несколько — в силу того, что теперь он состоит из двух частей, которые ранее существовали независимо. Клетки, находясь рядом, в основном находятся в схожих условиях, но, тем не менее, их независимая перспектива и небольшие отличия могли приводить к тому, что клетки либо запускали выполнение инструкций неодновременно, либо вообще не запускали одинаковые инструкции, действуя по-разному. В то время как одна часть сложного организма запускала некоторый процесс, получив информацию о том, что она находится под солнечным светом, вторая часть организма могла пространственно находиться в тени. Чтобы запустить тот же процесс, этой клетке нужно было бы переместиться в более освещённое место, что сделать в одиночку уже труднее. Если результатом двигательных действий клетки в тени могло бы стать освещение сразу двух частей организма, это был бы наилучший вариант. Однако, действуя в одиночку, вторая часть могла с определённой ве-

роятностью ненамеренно сместить первую часть в тень. Тогда уже первая часть, попав в тень, запустила бы действия перемещения в сторону света. Достижение ситуации, когда обе клетки окажутся под светом, потребует в среднем большее число действий. С системной точки зрения в результате отсутствия кооперации потери энергии превысили бы их возможный минимум, который обычно затрачивали организмы, будучи простыми.

Для наглядности я привёл лишь одну из возможных ситуаций, с которыми первые сложные организмы могли бы сталкиваться. На самом деле число действий, в которых кооперация могла бы быть способом решения проблемы несогласованности, может быть огромным. В качестве другого примера можно попробовать представить себя привязанным по рукам и ногам к другому человеку. Чтобы двигаться и действовать, необходима хотя бы минимальная координация — иначе двое попросту упадут, не согласовав свои действия. Такой пример хорош ещё и тем, что показывает: эволюция буквально вынуждает первых появившихся сложных организмов искать и отбирать новые мутации и преадаптации, которые дали бы связанным частям такие выгоды, которые позволили бы им жить и существовать не хуже, чем не связанным организмам. Другими словами, если вас связали без возможности развязаться, то единственным надёжным вариантом выжить было бы научиться делать что-то такое, что получалось бы у вас двоих лучше, чем у тех, кто не связан. И лучше ров-

но настолько, насколько сложнее вам стало сосуществовать вдвоём.

Данные примеры достаточно условны, но они показательны: обмениваясь две части информацией друг с другом и координируя они движения между собой, расход времени и ресурсов был бы существенно ниже. Такие сложности взаимодействия могли встречаться в ряде других ситуаций. Например, если организм вместо тактики «побега» использует тактику «изоляции» — перекрывая оболочку от обмена с внешним миром, — то в случае опасности только одна его часть смогла бы отреагировать вовремя. Вторая же часть либо выполнила этот алгоритм позже, либо не успела бы отреагировать и погибла бы. Как я уже предполагал в рамках модели, сложные организмы с «мёртвым нахлебником» на боку теряли шансы на выживание, не имея преимуществ ни в сравнении с «быстрыми и простыми», ни с другими целыми «медленными и сложными».

При этом наличие координации и обмена информацией могло бы давать дополнительные преимущества в тех случаях, когда по каким-то причинам исправно сработать мог только один «детектор опасности» внутри только одной части из нескольких — другие были бы либо неисправны, либо не считали сигнал опасным. Либо, сканируя разные области пространства, один из сенсоров мог раньше засекал угрозу с того направления, куда второй сенсор даже не смотрел. Обмен такой информацией теоретически существенно уве-

личивает шансы системы на выживание, как бы «страхуя» её от просчётов в работе нескольких сканеров, — тем самым делая шансы сложной системы сравнительно более высокими, чем у простых организмов с только одним детектором.

Кроме того, в ходе эволюционного отбора и возрастания функционального разделения у одной из клеток «детектор опасности» мог бы становиться немного более «совершенным» и давать более ранние и надёжные сигналы всему организму в сравнении с детекторами в других клетках. В таком случае для организма достаточным может оказаться наличие только одного, более совершенного детектора у одной клетки. Другие клетки в этом случае могут начать пользоваться всеми теми же преимуществами, как если бы каждая из них обладала таким же, что открывает им возможности безболезненного редуцирования детектора и избыточных связанных с ним действий.

Совершенствование инструментов координации можно схематически расположить вдоль оси полезности для организма. Изначально они могут отсутствовать. Впервые появившись, они попадают на левый край оси, отвечая критерию «хотя бы не мешать» частям организма существовать и выполнять определённые действия. Дальнейший сдвиг вправо может происходить, когда благодаря инструменту координации части организма не просто не мешают друг другу, а могут достигать синергии и эмерджентности — когда выгода от синхронного использования некоторых алгоритмов

всеми частями организма может давать ему новые свойства, которых не было прежде. Исключительно в качестве примера можно привести бинокулярность: используя два и более глаза и скоординировав их использование, организм способен не просто считывать информацию об окружении, но и оценивать дистанцию до объектов. Такое свойство не происходит из способностей глаз по отдельности, а возникает на этапе обработки и сопоставления информации, полученной с двух сенсоров. Чем меньше рассинхронизации в действиях частей организма, тем совершеннее должны быть инструменты координации.

Для того чтобы организм мог скоординировать свои действия, ему необходимо как-то распространять информацию, получаемую всеми его частями, внутри себя. Только тогда каждая из клеток сможет обладать полным набором информации со всех рецепторов и реагировать на входящие сигналы одновременно и схожим образом. Для этого организму необходима возможность связи между клетками, которая зачастую реализуется с помощью нервной системы или её подобия. Нервная система буквально служит системой кабелей, передающих информацию по организму в обе стороны.

В своей эволюции нервная система может принимать разные формы у разных живых организмов — диффузная, стволовая, узловая, трубчатая — однако объединяет их всех интеграционный характер. Нервная система объединяет все входящие данные о состоянии внешней и внутренней среды

организма, координирует двигательную активность, а также является неотъемлемым условием для использования двух других типов инструментов сопровождения усложнения — обмена веществ и функционального разделения.

Третий инструмент сопровождения усложнения — функциональное разделение — может по мере естественного отбора привести к такой оптимизации нервной системы, когда многочисленные нервные связи «всех со всеми» будут заменены на менее многочисленные связи «всех» с определённым центром вычислений — некое подобие мозга. Функция по принятию решений, требующих скоординированных действий нескольких частей организма, может возлагаться на специфическую часть этого организма, которая получает все входящие сигналы, анализирует их и отправляет команды обратно. Такая координация через общий центр, с одной стороны, снижает необходимость во всесторонней коммуникации («все с одним» проще и экономнее, чем «все со всеми»), а с другой — убирает риск случайной рассинхронизации. Наличие одного центра может в целом системно ускорять принятие решений и выполнение действий целым организмом, создавая дополнительную синергию на уровне всей системы.

Глава 9: Инструменты внутреннего обмена ресурсами

С системной точки зрения выгоды от внутреннего обмена ресурсами можно продемонстрировать в простой матрице возможных комбинаций. Представим, что в некотором пространстве существуют простые и сложные репликаторы, а также некоторое доступное для потребления количество ресурсов. Для того чтобы выжить и дать потомство, простому репликатору необходимо потратить как минимум одну единицу ресурса. Сложному репликатору, соответственно, необходимо потратить две единицы, поскольку в данной модели он состоит из двух простых частей. Если репликатор не потребляет достаточное количество ресурсов, он вымирает, не оставив потомства. Для простоты модели будут показаны в статике — рассматривается только однократный период потребления и вымирания.

Таблица вероятностей выживания – сложный организм без обмена

Еды вокруг	Клетка 1	Клетка 2	Организм (без обмена)
4	++++	-	-
4	+++	+	+
4	++	++	++
4	+	+++	+
4	-	++++	-
3	+++	-	-
3	++	+	+
3	+	++	+
3	-	+++	-
2	++	-	-
2	+	+	+
2	-	++	-
1	+	-	-
1	-	+	-
0	-	-	-
Ситуации выживания	=		6 / 15
из них, ситуации «е удовольствия»	=		1 / 15

Клетка 1	Простой Организм А
++++	++++
+++	+++
++	++
+	+
-	-
+++	+++
++	++
+	+
-	-
++	++
+	+
-	-
+	+
-	-
-	-
=	10 / 15
=	6 / 15

Клетка 1	Простой Организм Б
-	-
+	+
++	++
+++	+++
++++	++++
-	-
+	+
++	++
+++	+++
-	-
+	+
++	++
-	-
+	+
-	-
=	10 / 15
	6 / 15

++++	Отличные шансы на выживание и размножение	С «удовольствием»
+++	Высокие шансы на выживание и размножение	
++	Хорошие шансы на выживание и размножение	
+	Достаточные шансы на выживание и размножение	
-	Смерть / выживание без размножения	

Если репликатору удастся потребить ресурсов больше, чем необходимо, то он ощутит дополнительное удовлетворение, которое я назову «удовольствием» — это избыток, сам

по себе не несущий сильной адаптивной ценности, но воспринимаемый организмом как нечто более приятное.

В первом сценарии сравниваются шансы на выживание у простых репликаторов, каждый из которых сам добывает себе ресурсы, с шансами у сложного репликатора, части которого не обмениваются ресурсами внутри организма. Сложный организм представлен в таблице слева, два простых — справа. В строчках представлены все возможные ситуации распределения ресурсов. Например, в первых пяти строчках — все варианты при четырёх доступных единицах ресурса.

В данных таблицах предлагаются все возможные сценарии, в которых могут оказаться организмы с одинаковыми потребностями — два простых, один сложный без внутреннего обмена и один сложный с внутренним обменом. Допускается, что все доступные ресурсы будут потреблены клетками без остатков, и что у всех клеток равные способности к поиску и потреблению пищи.

Если просуммировать вероятности так, как будто в случайном периоде с одинаковой вероятностью может появиться от 0 до 4 единиц ресурсов, то результатом будет картина шансов на выживание, представленная на графике «Вероятность выживания».

Таблица вероятностей выживания – сложный организм с обменом

Еды вокруг	Клетка 1	Клетка 2	Организм (с обменом)
4	++++	-	++
4	+++	+	++
4	++	++	++
4	+	+++	++
4	-	++++	++
3	+++	-	+
3	++	+	+
3	+	++	+
3	-	+++	+
2	++	-	+
2	+	+	+
2	-	++	+
1	+	-	-
1	-	+	-
0	-	-	-
Ситуации выживания		=	12 / 15
из них, ситуации «с удовольствием»		=	5 / 15

Клетка 1	Простой Организм А
++++	++++
+++	+++
++	++
+	+
-	-
+++	+++
++	++
+	+
-	-
++	++
+	+
-	-
+	+
-	-
-	-
-	-
=	10 / 15
=	6 / 15

Клетка 1	Простой Организм Б
-	-
+	+
++	++
+++	+++
++++	++++
-	-
+	+
++	++
+++	+++
-	-
+	+
++	++
-	-
+	+
-	-
-	-
=	10 / 15
=	6 / 15

++++	Отличные шансы на выживание и размножение	С «удовольствием»
+++	Высокие шансы на выживание и размножение	
++	Хорошие шансы на выживание и размножение	
+	Достаточные шансы на выживание и размножение	
-	Смерть / выживание без размножения	

Вероятности выживания



Усложнение само по себе, как можно видеть в нашей гипотетической модели на организме без внутреннего обмена, не является самодостаточным преимуществом и приносит организму исключительно ухудшение вероятности к выживанию. Вероятность голодной смерти одноклеточного организма составляет 46% в нашей матрице ситуаций, в то время как сложный двухклеточный организм без обмена умирает от голода в 71% случаев. Но если представить, что у сложного организма появляется способность «делиться» ресурсами внутри себя, вероятность смерти такого организма снижается с 71% до 40%. Вероятность выживания такого сложного организма уже становится более высокой, чем у отдельного простого организма.

Если смотреть на разницу между вероятностями выживания видов, то одноклеточные организмы как вид будут всегда на шаг опережать любой сложный, даже более совершенный организм. Они нуждаются в меньшем количестве ресурсов для выживания и репликации выживать тогда, когда даже при оптимальном распределении ресурсов для репликации одного большого организма будет не хватать. В нашем примере вероятность вымирания простых организмов как вида равна 20%, в то время как у сложных организмов она составляет 71% без обмена и 40% с обменом. Эти 20% и 40% соответствуют пониманию, что одноклеточные организмы вымрут полностью только если ресурсов будет мень-

ше 1 (20% от возможных ситуаций), в то время как 40% у сложных организмов соответствуют ситуациям, когда ресурсов меньше 2.

При этом с точки зрения отдельного организма вероятность выживания одного простого организма будет ниже, чем у одного сложного организма с разделением ресурсов — двойное усилие по поиску ресурсов и разделение выгод поровну увеличивают шансы выжить (40% против 46%).

Интересно понаблюдать за изменением вероятности испытать «удовольствие» во всех трёх выборках. Заметно, что низкая вероятность вымирания простых организмов как вида балансируется низкой вероятностью «удовольствия» для всех сразу — лишь в 4% случаев «удовольствие» получают два простых организма одновременно. У сложных организмов с обменом этот индикатор составляет 20%. При этом вероятность для отдельного простого организма получить «удовольствие» выше (29%), однако в большинстве таких случаев второй простой организм умирает от голода.

Резюмируя данную модель: переход от простого к сложному сперва уменьшает приспособленность (смерть одной клетки вызывает смерть всего организма), а затем при появлении возможности разделять ресурсы приспособляемость вырастает. Да, она по-прежнему отстаёт от приспособляемости простых организмов как вида. Однако для отдельного организма вероятность выживания вырастает с 54% до 60%. Преадаптация в виде внутреннего распределе-

ния ресурсов не только нивелирует упадок приспособленности в результате возросшей сложности, но и даёт сложным организмам сравнительные преимущества.

Такие цифры обнадеживают — системные выгоды от внутреннего разделения ресурсов существенно увеличивают шансы сложного организма и его отдельных клеток на выживание, что означает рост вероятности закрепления такой мутации в популяции.

Каким образом распределение ресурсов реализовано в природе?

Самым простым способом может быть избирательная проницаемость межклеточных стенок. Под воздействием диффузии потреблённый ресурс стремится равномерно распространиться по внутренней цитоплазме нескольких клеток, делая возможным совместное использование того, что добыла каждая из них. Такой обмен можно назвать пассивным и наименее «эволюционно затратным». Однако по мере роста организма простой диффузии начинает не хватать — питательные вещества могут попросту не доходить до дальних клеток, будучи поглощены теми, что расположены ближе к источнику. Представьте, что вы сыплете корм в аквариум: активные рыбки схватят его у поверхности, а донным достанутся лишь случайные несъеденные хлопья. В таких случаях организму нужна более совершенная система распределения ресурсов — способная доставлять их ко всем клеткам исходя из их индивидуальных потребностей.

Зачастую подобный инструмент должен заниматься как доставкой полезных ресурсов, так и отводом «отработанных» остатков, которые как минимум уже не нужны, а как максимум могут быть токсичны. Помимо этого, ресурсы попадают в организм в форме, непригодной для непосредственного усваивания, и должны быть сначала обработаны. В итоге инструменты распределения ресурсов могут превращаться в целые «пищевые тракты»: поступление ресурсов, их транспортировка, измельчение, обработка, распределение полезных веществ по организму, сбор и вывод ненужных остатков. К таким необходимым ресурсам в нашем мире можно отнести и кислород — клеточное питание напрямую связано с дыханием, что требует постоянного притока кислорода через кровеносные сосуды и отдельного конвейера входа и выхода в организм — дыхательной системы.

Так, кровеносная система, дыхательная система и пищеварительный тракт в теле животных можно отнести ко второй группе инструментов сопровождения усложнения. С системной точки зрения они являются высокоразвитыми инструментами, появление которых было вызвано эволюционной необходимостью равномерно питать каждый уголок сложных организмов, число клеток которых со временем могло увеличиваться и образовывать всё более сложные формы.

Мы постепенно подходим к третьей группе инструментов, сопровождающих усложнение, черты которых уже упо-

минались среди первых двух. Совершенствование любых существующих в организме инструментов — будь то нервная система или пищеварительный тракт — было бы возможно только при условии, что отдельные клетки со временем будут склонны выполнять наиболее эффективные функции на уровне всего организма. Функциональное разделение между клетками и тканями является настолько устоявшимся наблюдением, что легко поддаться соблазну отойти от системной эволюционной логики и не заметить, что такое устройство стало результатом многих лет естественного отбора. Тем не менее, как утверждается в этой книге, нельзя уходить и в обратную крайность — движение к усложнению является лишь возможным развитием сложных организмов. Сложный организм не имеет имманентных стимулов к дальнейшему усложнению — оно может происходить лишь в результате случайных мутаций, которые, если окажутся эффективны, увеличат шансы организма на выживание и закрепятся в популяции. И такое усложнение вполне может не происходить — в долгосрочной перспективе возможно формирование локальных равновесий без стимулов к упрощению или усложнению.

Глава 10: Функциональное разделение внутри организма

По своей сути функциональное разделение внутри сложных организмов скорее является принципом, чем инструментом сопровождения усложнения, поскольку пронизывает устройство таких организмов целиком. В главах о предыдущих инструментах я уже упоминал, что функциональное усложнение характерно и для двух первых инструментов. Я не берусь утверждать, каким конкретно путём данный принцип появился и закрепился в природе, — однако, рассуждая из системной логики и держа в уме тот факт, что всё живое является результатом выполнения определённого генетического кода, рискну предполагать, какими могли быть системные преимущества от функционального разделения с точки зрения непосредственно кодирования.

Первый аргумент близок к вычислительной логике выполнения алгоритмов. Скорость выполнения алгоритмов одной клеткой ограничена — для принятия одного решения необходимо конечное время, которое пройдёт с момента получения сигнала до реакции организма. При получении одновременно нескольких сигналов от разных органов клетка в определённый момент не сможет обрабатывать их все. В случае «перегрузки» она будет вынуждена либо обрабатывать их в порядке получения, либо отдавать приоритеты сиг-

налам от более «важных» органов, либо прерывать выполнение предыдущих цепочек. Ограниченность вычислительных мощностей отдельной клетки вынуждает её балансировать между необходимостью среагировать на раздражитель и риском пропустить важный сигнал.

В таких условиях рост вычислительной мощности отдельной клетки мог бы способствовать скорости реакции на изменения в окружающей среде, повышая шансы на выживание. Чем короче «время ответа» и чем больше сигналов можно получать параллельно, тем выше скорость реакции и шансы на выживание.

Если представить сложный организм, в клетках которого выполнение разных алгоритмов может происходить параллельно, то «время ответа» на отдельный раздражитель может быть снижено — без длительного ожидания в очереди на выполнение и без риска невыполнения из-за большого числа одновременно получаемых сигналов. Для сложных и больших организмов параллельное выполнение алгоритмов становится единственной жизнеспособной стратегией — иначе количество сигналов нарастало бы быстрее, чем отдельный вычислитель успевал их отрабатывать. С ускорением «отработки» сигналов увеличивается возможное число «действий в единицу времени», что открывает новые возможности для взаимодействия с окружающим миром.

Из возможности параллельного выполнения нескольких алгоритмов несколькими клетками вытекает возможность

возникновения эффектов масштаба. Если выполнение отдельных алгоритмов направляется не на любую свободную клетку («мастер на все руки»), а на специально отведённые для этого клетки («узкопрофильные специалисты»), то последние уже готовы к приёму сигнала к действию. Они не заняты ничем другим — и за одну полученную команду могут выпустить объём веществ, достаточный для всего организма, не отвлекая другие клетки и минимизируя издержки.

Я говорю о минимизации издержек потому, что функциональное разделение в определённом роде является результатом длительного процесса оптимизации в ходе естественного отбора. Эволюция хаотична в своей изобретательности, однако нащупав результат от появления отдельной случайной мутации, она крепко ухватится за неё и выстроит массу новых стратегий, которые будут основываться на дальнейшем её развитии, используя эту мутацию в качестве нового «статуса-кво». С точки зрения написания кода, изначально в первых сложных организмах выполнение алгоритмов, вероятно, перенаправлялось на свободные клетки, которые слабо отличались друг от друга, и общий алгоритм впоследствии мог быть крайне сложным и запутанным. Однако со временем стали отбираться организмы, выполнение алгоритмов которыми осуществлялось сравнительно быстрее и проще. Среди множества протоптанных дорожек эволюция могла оставить только те тропинки, которые на самом деле сокращали общий путь. И таким образом, в ходе мно-

гочисленных итераций отбора, использование протоптанных устойчивых связей стало бы не просто возможностью ускорения выполнения алгоритмов, а скорее устойчивым правилом, при котором отдельные задачи и команды будут направляться к специализированным клеткам.

Под «переналадкой» в данном случае я понимаю необходимость переключаться между тем, какой алгоритм в данный момент будет выполняться клеткой. Если ДНК представлять в качестве поваренной книги, и одна клетка, будучи поваром, будет получать множество сигналов, требующих определённых действий — например, в виде поступающих заказов из зала, где сидят голодные гости, — то в общей последовательности действий повару придётся каждый раз «мыть посуду» между готовкой различных заказанных блюд, тратя на это время и усилия. Но если к этому конкретному повару будут поступать заказы исключительно на рыбу, то он существенно сэкономит время и усилия, избежав эффектов перехода с одного вида деятельности на другой.

В таком примере можно наблюдать не только описанные краткосрочные выгоды. Долгосрочными выгодами от такого разделения в ходе дальнейшего отбора может стать возможность повару определять, сколько рыбы необходимо заранее подготовить перед очередным ужином, какие части рыбы непригодны для употребления, и прочие тонкие наблюдения, позволяющие и далее ускорять процесс. Такая оптимизация наверняка возможна и у универсальных клеток-по-

варов, однако заняла бы гораздо больше времени ввиду их высокой загруженности, помимо прочего, процессами «переналадки». Две специализированные клетки за одно и то же время выпустят в сумме больше ресурсов, чем две универсальные, — именно потому, что им не нужно посреди процесса запускать переналадку.

Как я уже писал выше, даже небольшая случайная начальная специализация клеток могла быть «ухвачена» эволюцией и развита со временем до строго специализированных клеток, необходимых для решения узкого круга задач. В случае со множеством универсальных клеток одна небольшая мутация способна внести изменения в поведение сразу всех клеток — с непредсказуемым эффектом. Если же мутация происходит в алгоритме, выполняемом небольшим числом клеток, она становится для отбора более тонким инструментом «настройки». Точечная мутация, затрагивающая функционал одной специализированной клетки, с большей вероятностью приведёт к выживанию носителя, чем мутация, меняющая сразу несколько групп функциональных единиц.

Такая способность к «туннельному» отбору монофункциональных изменений открывает возможность для глубокой модернизации отдельных инструментов сложного организма. Со временем то, что я называл «инструментами», могло переходить с функциональных свойств отдельных клеток на группы клеток — ткани, — которые в свою очередь могут группироваться в ещё более сложно устроенные органы.

Исключением не становятся и инструменты сопровождения усложнения — без функционального разделения вряд ли можно было бы представить себе крайне сложное устройство нервной и пищеварительной систем. Нервы заняты передачей сигнала, мозг сфокусирован на обработке сигналов и выборе скоординированных действий, кровеносные сосуды и сердце транспортируют ресурсы, желудочно-кишечный тракт вместе с дыхательной системой отвечают за получение, обработку и выведение ресурсов. Функциональное разделение присутствует и на уровне клеток, и на уровне тканей, и на уровне органов.

Вернёмся к нашей аналогии на уровень клеток. Как я описал выше, специализация определённой клетки на ограниченном спектре задач через естественный отбор оптимизирует выполнение её функций. Основной аргумент в пользу причин развития функционального разделения — если клетка благодаря мутации лучше выполняет свою специализацию и затрачивает меньше ресурсов, тем самым увеличивая свой КПД, то организм получит преимущества в сравнении с организмами без специализации. Справедлив и аргумент более надёжного отсеивания — в случае понижения эффективности такие точечные мутации с большей вероятностью и скоростью будут отброшены в ходе дальнейшего отбора.

В современной биологии многоклеточность зачастую отождествляется с наличием функционального разделения

внутри организма. Сложные организмы, состоящие из однотипных клеток, — наподобие вольвокса или губок — служат скорее исключением из правил. Я не биолог и не берусь судить о том, каким конкретно путём появилась и эволюционировала многоклеточность.

Я пытаюсь исходить из системной логики и предполагаю, что все три типа инструментов сопровождения усложнения — инструменты координации (1), инструменты распределения ресурсов (2) и принцип функционального разделения (3) — являются теми факторами, которые в эволюционном смысле окупают изначально более «дорогое» усложнение, повышающее риски вымирания отдельного организма через более затратные процессы репликации. Без этих факторов сложность сама по себе могла бы стать тупиковой стратегией эволюции. В совокупности все три инструмента могут взаимно дополнять друг друга, синергируя и создавая выгоду, возможно, большую, чем сумма от всех трёх по отдельности. Тем самым срок жизни как отдельной клетки, так и самих организмов в целом вырастает в сравнении с простыми одноклеточными, тактикой которых продолжает быть количество и простота.

Тому, кто принесёт ответ на вопрос, как именно и в какой последовательности такие инструменты формировались у различных видов сложных организмов, ещё предстоит совершить очередной прорыв, который непременно затронет своим эхом и социальные науки. Меня же интересу-

ет социальная точка зрения, поэтому основная идея, которая пронизывает данную книгу и впервые будет произнесена в этом абзаце, звучит так: *причины закрепления многоклеточных организмов являются теми же причинами, по которым появился и существует социальный порядок — благодаря трём взаимодополняющим инструментам сопровождения усложнения.* Об этом мы поговорим совсем скоро, но пока нам нужно сделать небольшое отступление, которое подведёт нас к необходимому важному переходу в скорости эволюции, вызванному появлением мыслящих организмов.

Часть 2: Концепция памяти

Глава 11: Память и двойственность алгоритмов поведения

...Это был Мелькиадес...²

Наша гипотетическая модель начала свою историю со случайного появления репликаторов, которым, впервые по воле случая, а далее по итогам отбора, удалось выжить и закрепиться в пространстве в качестве устойчивой и крайне своеобразной формы материи, которая впоследствии стала называться жизнью. Вся жизнь, из оптики интересующихся биологией, представляет собой выполнение некоторыми химическими веществами сложных алгоритмов. Видимым результатом выполнения этого алгоритма является как сам организм целиком — оболочка и «тело», окружающее эти вещества, — так и методы, которыми он пользуется в ходе взаимодействия с окружающей средой.

Как мы описывали в первой части, основным источником алгоритмов поведения организма является ДНК, одинаковая во всех его клетках. Изменения в ней происходят случайным

² Габриэль Гарсиа Маркес. «Сто лет одиночества»

образом — только в ходе репликации и передаются лишь потомку, но не самому носителю. Это означает, что приобретённый в течение жизни опыт никак не влияет на генетику и не передаётся по наследству.

Несомненно, известны случаи, когда внутри некоторых тканей можно «вшить» некоторые последовательности и запрограммировать клетку поступать иначе, чем было задумано ДНК в момент её естественного появления, — этим успешно занимаются вирусы, а также учёные, используя биологические ножницы. Однако такие изменения скорее точечны и локальны, и их значение для отбора велико в первую очередь для самих вирусов. Для целей данной книги этими направлениями эволюции мы можем пренебречь.

Теоретически, в ходе деления клеток сложного организма возможна ситуация, в которой копирование ДНК произойдёт с нарушением, в результате чего появится клетка с отличающейся ДНК. Это отличие для высоко интегрированного организма может быть опасным — такая клетка будет взаимодействовать с другими не по общим, а по собственным инструкциям, создавая диспропорции в обмене «функция — ресурсы». Поэтому алгоритмы выживания сложных организмов научились выявлять и устранять такие случаи. В первом ряду защиты стоит алгоритм апоптоза — самоубийство клетки в случае несоответствия оригиналу, а если апоптоз не произошёл, вторым уровнем является иммунитет, который в нормальных условиях способен находить такие клетки

и уничтожать их или изолировать, препятствуя их бесконтрольному и потенциально опасному делению.

Так, существенные изменения в алгоритмах действия организма происходят как правило в результате саморепликации всего организма — потомок-копия и будет носителем нового алгоритма, крайне похожего на родительский, но несколько отличающегося, создавая уникальный продукт эволюции.

Эффективность к выживанию этого нового, отличающегося алгоритма будет впоследствии выражена в количестве им оставленных потомков, а также в том, как долго они смогут выживать в окружающей среде. Правы окажутся те, кто скажут, что у эволюции нет цели — она, как и жизнь, просто существует, является результатом одного пути длинной цепочки репликаций, одного из многих возможных. Поэтому в момент первого появления отличающейся особи неизвестно, будет ли она эффективна в своём выживании или нет.

Но мы отвлеклись. Основная мысль такого вступления заключается в том, что эволюционные изменения для сложных организмов происходят в подавляющем большинстве случаев посредством передачи генов от родительского организма к дочернему. Эволюция не придумала пока эталонного способа воссоздавать точные копии оригиналов, поэтому ошибки неизбежны, а с ними неизбежен естественный отбор последствий этих ошибок. После того как жизнь конкретного организма прерывается, этот уникальный алгоритм, не имея

точных своих копий, уходит в небытие.

Получается, что на алгоритм поведения организма никак не могут повлиять ни среда, ни условия, ни окружающие его организмы? Выходит, что в двух гипотетически полностью идентичных ситуациях два организма, имея одну и ту же инструкцию, поступят одинаково? Из предыдущих рассуждений напрашивается «да», однако такой ответ будет преждевременным, пока мы не ввели одно интересное изобретение эволюции. Дальнейший разговор в этом направлении требует выделения понятия «опыта» и «памяти».

Что такое опыт? Это информация, полученная живыми организмами в ходе своей жизни, начиная с момента рождения. А что такое память? Память — это место, в которое помещается пережитый опыт. Память является хранилищем сигналов, которые организм получал из своих органов чувств в прошлом. И эволюционно появление и закрепление такого хранилища могло иметь смысл только в том случае, если оно по факту оказалось полезным для организма — это высказывание справедливо для любых изменений алгоритма, и для этого изменения в частности.

То есть, если попытаться применить системную логику, память могла появиться в результате одной из случайных мутаций. Изначально она могла появиться в качестве простейшего инструмента сохранения информации. Например, если организм в поле зрения находил угрозу, сигнал об этом мог поступать в виде волны света на рецептор, который пре-

образовывал свой цвет в красный. Теперь состояние красного цвета рецептора внутри организма определяло, какие действия в первую очередь подлежат выполнению алгоритмом ДНК, чтобы избавить организм от опасности. Спустя какое-то время этот рецептор возвращал бы свой цвет обратно на исходный, что служило бы сигналом для нормализации внутренних процессов. В любом случае такой пигментный рецептор играл бы роль внутреннего маркера опасности — организму не нужно постоянно смотреть на угрозу, чтобы знать о том, что она существует. Информация о её наличии уже была сохранена внутри организма. Таких ячеек памяти, обладающих разной вместимостью и разной длительностью сохранения информации, может быть много. В ходе репликации и создания дочерних клеток эти ячейки у них изначально пусты и чисты, и новый организм будет в ходе своей жизни заполнять их самостоятельно.

Мы можем предположить, что объём памяти изначально был небольшим. Количество и качество рецепторов, которые могли реагировать на различные воспринимаемые сигналы изменением состояния и тем самым формировать вводные условия для решений организма, могли увеличиваться по мере усложнения организма. Ведь чем больше этот объём, тем больше возможных состояний он способен сформировать и тем больше информации он сможет вместить. Активное пользование центром принятия решения такими «слепами реальности» могло стать причиной, почему память эво-

люционно закрепились и развивались в непосредственной физической близости с нервной системой, органами чувств и центром обработки сигналов — с мозгом, тем самым минимизируя временные затраты на передачу сигнала.

По мере усложнения организма память могла быть эволюционно вынуждена расширять свои объёмы — как по объёмам одномоментного доступного «скриншота», так и по возможностям более длительного удержания информации. Вдобавок могли меняться и расширяться способы заполнения и удержания в памяти: важная информация могла закрепляться прочнее, бесполезная — вообще не запоминаться. Различными могли быть и сроки нахождения информации в памяти — некоторая могла храниться долго, другая — «стираться» сразу после использования.

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.