

Вы видите это яйцо? С его помощью вы можете низвергнуть все теологические учения, все земные церкви.

Дидро (из разговора с д'Аламбером)

Введение

ПРОГРАММА

Немногие явления живого мира так очевидны, как порождение подобного подобным. Ребенок быстро осознает, что собака рождается у собаки, а кукуруза происходит от кукурузы. Человечество рано научилось интерпретировать и использовать постоянство форм в ряду поколений. Культивация растений, разведение животных, улучшение их пищевых качеств и одомашнивание — все это требует длительного опыта. И уже подразумевает некоторые представления о наследственности и ее функциях. Чтобы получить хороший урожай, недостаточно дожидаться полной луны или принести жертву богам перед посевом; также нужно уметь правильно выбирать семена. Доисторические земледельцы чем-то напоминали вольтеровского персонажа, который избавлялся от врагов, предусмотрительно смешивая молитвы, колдовство и мышьяк. В случае живого мира оказалось особенно трудно отделить мышьяк от колдовства. Даже после того, как достоинства научного подхода прочно утвердились в исследовании физического мира, исследователи мира живого еще несколько поколений продолжали рассматривать происхождение живых существ с позиции верований, слухов и суеверий. Достаточно простые эксперименты могут положить конец представлениям о спонтанном зарождении жизни и невозможных скрещиваниях. Однако некоторые аспекты древних мифов о происхождении человека, животных и Земли продержались, в той или иной форме, до XIX века.

6 Сегодня наследственность описывают с позиции информации, сообщений и кода. При размножении новый организм формируется из молекул организма-родителя. Причина не в том, что каждое химическое вещество способно создавать свои копии, а в том, что структура макромолекул до мельчайших деталей записана в последовательностях четырех химических остатков, определяющих генетическую наследственность. Из поколения в поколение передаются «инструкции», задающие молекулярные структуры, — архитектурные планы будущего организма. Они также несут в себе средства реализации этих планов и согласования активностей системы. Таким образом, каждое яйцо содержит в полученных от родителей хромосомах все свое будущее: стадии развития, форму и свойства живого организма, который из него разовьется. Соответственно, организм представляет собой воплощение программы, заданной его наследственностью. Намерение духа сменилось трансляцией сообщения. Живой организм действительно есть результат выполнения плана, но план этот рожден не разумом. Он стремится к цели — но цель эта выбрана не преднамеренно. Она заключается в том, чтобы подготовить такую же программу для следующего поколения: в том, чтобы размножиться.

Организм — всего лишь переход, стадия между тем, что было, и тем, что будет. Размножение есть одновременно начало и конец, причина и цель. Если применить к наследственности концепцию программы, исчезнут некоторые биологические противоречия, прежде составлявшие ряд антитезисов: завершенность и механизм, необходимость и случайность, стабильность и изменчивость. Концепция программы объединяет две идеи, которые всегда интуитивно ассоциировали с живыми организмами: память и замысел. Под «памятью» имеются в виду родительские черты, благодаря наследственности проявляющиеся у ребенка; под «замыслом» — план, который вплоть до мель-

чайших подробностей контролирует формирование организма. Эти две идеи породили активные дискуссии. Во-первых, вопрос наследования приобретенных признаков. Представление о том, что окружающая среда может влиять на наследственность, является естественной неразберихой, когда путают два вида памяти: генетическую и ментальную. Это старая история, восходящая по меньшей мере к Ветхому Завету. Чтобы избежать дальнейших разногласий со своим тестем, Яков попытался вывести стада овец с легко отличимыми метками. Он взял «свежих прутьев тополевых [...] и вырезал на них белые полосы [...] и положил прутья с нарезкою перед скотом в водопойных корытах, куда скот приходил пить и где [...] зачинал перед прутьями. И зачинал скот пред прутьями, и рождался скот пестрый, и с крапинами, и с пятнами»¹. На протяжении веков подобные эксперименты повторяли *ad infinitum*², но не всегда с таким успехом. Для современной биологии особенность живых существ заключается в их способности сохранять и передавать былой опыт. Два решающих момента эволюции (сперва возникновение жизни, а впоследствии — мысли и языка) соотносятся с появлением механизма памяти: для наследственности и для разума. Между этими двумя системами можно провести определенные аналогии: обе были отобраны для накопления и передачи былого опыта и в обеих записанная информация сохраняется лишь настолько, насколько воспроизводится в каждом поколении. Однако эти системы отличаются по своей природе и логике работы. Гибкость ментальной памяти позволяет с ее помощью передавать приобретенные качества. Устойчивость памяти генетической не позволяет осуществлять такую передачу.

¹ Бытие 30:37–30:39 (Здесь и далее, кроме особо оговоренных, прим. пер.).

² До бесконечности (лат.).

8 Генетическая программа действительно складывается из комбинации по сути неизменных элементов. Сама структура наследственного сообщения предотвращает малейшие вмешательства извне. Все явления, как химические, так и механические, вносящие вклад в изменчивость организмов и популяций, никак не связаны с вытекающими из них последствиями — то есть не зависят от потребности организма в адаптации. В случае мутации существуют «причины», которые модифицируют химический остаток, разрывают хромосому, инвертируют участок последовательности нуклеиновых кислот. Но ни при каких обстоятельствах нельзя отыскать зависимость между причиной и эффектом мутации. И подобная случайность свойственна не только мутациям, но также каждой стадии формирования генетической наследственности индивидуума, сегрегации хромосом и их рекомбинации, выбору гамет, которые примут участие в оплодотворении, — и даже, в немалой степени, выбору полового партнера. В каждом из перечисленных случаев нет ни малейшей взаимосвязи между конкретным фактом и его следствиями. Каждая индивидуальная программа представляет собой результат каскада случайных событий. Сама природа генетического кода делает невозможным намеренное изменение программы, как посредством работы самой программы, так и в результате воздействия окружающей среды. Генетический код не позволяет продуктам своей экспрессии влиять на сообщение. Эта программа не учится на собственном опыте.

Замысел — еще одна идея, которую всегда интуитивно связывали с организмами. Пока живой мир считался системой, которой управляют извне, пока предполагалось, что этим управлением занимается некая внешняя высшая сила, ни происхождение, ни завершенность живых существ не вызывали никаких вопросов; они были едины с самой вселенной. Однако с установлением в начале XVII века такой научной дис-

циплины, как физика, исследования живых существ столкнулись с противоречием. С тех пор все масштабней становилось противостояние между, с одной стороны, механистической интерпретацией организма и, с другой стороны, очевидной завершенностью некоторых явлений, таких как развитие взрослой особи из яйца или поведение животных. Клод Бернар выразил этот парадокс следующими словами:

Даже если мы предположим, что жизненные феномены связаны с физико-химическими проявлениями — что соответствует действительности, — это не решит проблему в целом, поскольку дело не в случайном сочетании физико-химических явлений, в результате которого возникает каждое существо, согласно predetermined плану и замыслу... Жизненные феномены явно происходят при строго определенных физико-химических условиях, но, в то же время, зависят друг от друга и следуют друг за другом согласно закону, предписанному заранее; они повторяются снова и снова упорядоченным, систематическим и неизменным образом, в гармонии друг с другом, с целью достичь организации и роста индивидуума, животного или растения. Есть некий предустановленный замысел для каждого существа и каждого органа; так, в отдельности каждый феномен согласованного устройства зависит от общих сил природы, но в совокупности с другими феноменами проявляет особую связь, словно невидимый проводник направляет его по нужному пути и ведет к месту, которое следует занять [1]¹.

По сей день нет нужды заменить хотя бы одно слово в этих строках: под каждым из них могла бы подписаться современная биология. Однако когда наследственность

¹ Цифрами в квадратных скобках обозначены ссылки на источник. Цифры могут повторяться, если цитируется один и тот же источник. Список литературы см. в конце книги. (*Примеч. ред.*).

10 описывают как программу, закодированную последовательностью химических остатков, парадокс исчезает.

Все в живом организме сосредоточено на размножении. Бактерия, амеба, папоротник — о чем еще им мечтать, как не о том, чтобы сформировать две бактерии, две амебы или несколько папоротников? На Земле сейчас есть живые существа лишь потому, что другие существа на протяжении двух миллиардов лет размножались с отчаянной страстью. Вообразите необитаемый мир. Мы можем представить возникновение систем, обладающих некоторыми свойствами живых, например, способностью реагировать на определенные стимулы, поглощать пищу, дышать и даже расти — но не размножаться. Можно ли назвать их живыми системами? Каждая представляет собой продукт долгого, напряженного труда. Каждое рождение есть уникальное событие без будущего. Каждый случай являет собой вечное возобновление. Всегда во власти неких местных катаклизмов, подобные системы существуют очень недолго. Более того, их структура жестко задана с самого начала и не способна меняться. Если же, напротив, появится система, способная размножаться — пусть неэффективно, медленно и высокой ценой, — она, вне всяких сомнений, будет живой. И распространится повсюду, где позволят условия. Чем шире она распространится, тем надежнее будет защищена от катастрофы. Когда длительный инкубационный период закончится, эта система закрепится посредством повторения идентичных событий. Первый шаг необратим. Однако в подобной системе размножение, представляющее собой причину существования, также становится его смыслом. Система обречена размножиться или исчезнуть. Некоторые живые организмы сменяют друг друга на протяжении множества поколений, оставаясь неизменными. Некоторые однолетние растения не менялись на протяжении миллионов лет — то есть миллионов последовательных жизненных циклов.

Limulus, мечехвост, обитающий на побережье, 11
ничем не отличается от своего предка, найденного среди ископаемых мезозойской эры: за все это время программа не изменилась, и каждое поколение досконально выполнило свою задачу, точно воспроизведя эту программу для следующего поколения.

Однако если в системе происходит событие, которое случайно «улучшает» программу и неким образом ускоряет размножение каких-либо потомков, последнее, само собой, наследует способность размножаться с большей эффективностью. Таким образом, законченность программы трансформирует определенные изменения в ней в факторы адаптации. Изменчивость является неотъемлемым свойством, заложенным в самой природе живых систем, в структуре программы, в способе, которым она воспроизводится в каждом поколении. Изменения в программе происходят случайным образом. Лишь после происходит отбор, заключающийся в том, что каждый новый организм сразу же подвергается испытанию размножением. Знаменитая «борьба за выживание» представляет собой лишь соперничество за потомство — бесконечное состязание, возобновляющееся в каждом поколении. В этой вечной схватке важен только один критерий: плодовитость. Наиболее плодовитые особи автоматически побеждают посредством неуловимого взаимодействия между популяциями и окружающей средой. Оказывая предпочтение тем, кто оставляет наибольшее число потомков, размножение в конечном итоге направляет популяции по четко очерченным путям. Естественный отбор представляет собой лишь регуляцию размножения организмов окружающей средой. Живой мир развивается в направлении, противоположном неживому миру, стремясь не к хаосу, а к упорядоченности, и происходит это благодаря потребности живых существ размножаться — всегда активней, всегда лучше. Необходимость в размножении, сам факт, который неизбежно привел бы инертную систему к разрушению,

12 становится источником новизны и разнообразия в живом мире.

Идея программы позволяет четко разделить два домена порядка, которые стремится установить биология. Вопреки распространенному мнению, биология — наука не унифицированная. Гетерогенность объектов, разнообразие методов и различия в интересах практикующих биологов порождают интеллектуальное многообразие. На полюсах находятся две основные тенденции, два подхода, по сути противостоящие друг другу. Первый можно назвать интеграционным, или эволюционистским. Согласно ему, организм не только нельзя разделить на части, но, напротив, имеет смысл рассматривать как элемент системы высшего порядка — группы, вида, популяции или экологического семейства. Эволюционная биология изучает сообщества, поведение, взаимосвязи, которые организмы устанавливают друг с другом и с окружающей средой. У ископаемых эволюционная биология ищет признаки современных живых форм. Под впечатлением от невероятного разнообразия организмов она анализирует структуру живого мира, выясняет причину имеющихся признаков и описывает механизмы адаптации. Ее цель состоит в определении сил и факторов, под влиянием которых сложились современные флора и фауна. Для интеграциониста орган и функция интересны лишь в составе целого — не отдельного организма, но вида с сопутствующим разделением полов, добычей, врагами, средствами общения и ритуалами. Интеграционист отказывается верить, что *все* характеристики, поведение и деятельность живого организма можно объяснить на уровне его молекулярной структуры. Для интеграциониста биологию нельзя свести к физике и химии — и не потому, что он желает воззвать к мистической жизненной силе, а потому, что интеграция наделяет системы на всех уровнях свойствами, которыми не обладают их элементы. Целое не есть сумма отдельных частей.

Противоположный подход можно назвать томистическим, или редукционным. Для редукциониста организм представляет собой единое целое — которое нужно объяснить свойствами его отдельных частей. Редукциониста интересуют органы, ткани, клетки и молекулы. Редукционизм стремится объяснить функции исключительно посредством структур. Помня о единстве состава и процессов, кроющихся за разнообразием живых существ, редукционист рассматривает активность организма как проявление протекающих в нем химических реакций. Он считает, что компоненты живого организма нужно выделять и изучать при контролируемых условиях. Меняя эти условия, повторяя эксперименты, устанавливая каждый параметр, такой биолог пытается овладеть системой и устранить переменные. Его цель заключается в том, чтобы разбить сложную систему на минимальные части и изучить их компоненты с той степенью чистоты и определенности, что свойственна физическим и химическим экспериментам. Для редукциониста у организма нет ни одного свойства, которое нельзя в конечном итоге описать с позиции молекул и их взаимодействий. Само собой, он не отрицает феноменов интеграции и эмерджентности¹. Вне всяких сомнений, целое может обладать свойствами, которых нет у его частей, но эти свойства всегда следуют из структуры самих компонентов и их организации.

Явное противоречие между этими подходами очевидно. Они отличаются не только методами и целями, но и языком, понятиями и даже повседневными трактовками живого мира. Интеграциониста интересуют далекие причины, затрагивавшие историю Земли и живых существ на протяжении миллионов поколений. Редукционист, напротив, озабочен причинами близкими, которые затрагивают компоненты организ-

¹ Эмерджентность — возникновение у системы свойств, которых нет у ее отдельных элементов. — *Примеч. пер.*

14 ма, его функции и реакции на окружающую среду. Множество противоречий и недоразумений, в первую очередь связанных с завершенностью живых организмов, вызвано смешением этих подходов. Каждый пытается установить систему упорядоченности живого мира. Для одного подхода это упорядоченность организмов, которая связывает их друг с другом, устанавливает отношения и определяет видообразование. Для другого — это упорядоченность структур, которая определяет функции, координирует активности и создает из этих структур организм. Один рассматривает живые существа как элементы огромной системы, объединяющей всю Землю. Другой изучает систему, которой является каждое живое существо. Один стремится определить порядок для организмов, другой — внутри каждого организма. Оба вида порядка встречаются на уровне наследственности, которая представляет собой, так сказать, порядок биологического порядка. Если виды устойчивы, причина в том, что их программа тщательно копируется, символ за символом, и передается от поколения к поколению. Если виды изменчивы, причина в том, что время от времени программа меняется. С одной стороны, необходимо анализировать структуру программы, ее логику и выполнение; с другой — необходимо изучать историю программ, их дрейф и законы, регулирующие изменения в них в поколениях с точки зрения экологических систем. Однако во всех случаях завершенность размножения объясняет и строение современных живых систем, и их историю. Мельчайший организм, мельчайшая клетка, самая крошечная молекула белка является результатом бесконечных экспериментов, непрестанно проводимых на протяжении геологических периодов. В чем может заключаться предназначение механизма, регулирующего продукцию метаболита в клетке, если не в экономии энергии и затрат на синтез? В чем смысл влияния гормона на поведение рыб, если не в защите их потомства? Есть опреде-

ленная цель в том, что молекула гемоглобина меняет конфигурацию в зависимости от концентрации кислорода, в производстве кортизона клеткой надпочечника, в регистрации глазом лягушки движущихся перед ним форм, в бегстве мыши от кошки, в танце самца птицы перед самкой. В каждом случае есть свойство, которое дает организму преимущество в состязании за потомство. Настройка реакции в соответствии с потенциальным врагом или возможным половым партнером и есть адаптация, в самом прямом смысле этого слова. В эволюции генетическая программа, делающая такие реакции автоматическими, определенно возьмет верх над той, которая этого не делает. То же самое верно и для программы, которая позволяет учиться и менять поведение посредством различных регуляторных систем. В каждом случае размножение выступает в качестве основного действующего фактора: с одной стороны, дает каждому организму цель, с другой — задает направление бесцельной истории организмов. Долгое время биологи относились к телеологии как мужчина к девице, без которой не может обойтись, но с которой предпочитал бы не появляться на людях. Концепция программы превратила телеологию в добропорядочную женщину.

Цель современной биологии заключается в интерпретации свойств организма на основании структуры составляющих его молекул. В этом смысле современная биология принадлежит к новой эпохе механизмов. Программа — это модель, позаимствованная у электронных компьютеров. Она приравнивает генетический материал яйцеклетки к магнитному носителю информации компьютера. Программа характеризуется набором операций, которые необходимо выполнить в четко заданной последовательности и у которых есть предназначение. В действительности два этих типа программ во многих отношениях различаются. Во-первых, по своим характеристикам: одну можно изменить умышленно, другую — нельзя. В компьютерную про-