



ИНТЕРЕСНЫЙ  
НАУЧПОП

Adrian  
BEJAN

THE PHYSICS  
OF LIFE:

THE EVOLUTION  
OF EVERYTHING

Адриан  
БЕЖАН

ФИЗИКА  
ЖИЗНИ

ЭВОЛЮЦИЯ  
ВСЕГО  
НА СВЕТЕ

Издательство АСТ  
Москва



ОГИЗ

# ВВЕДЕНИЕ

Сегодня мы не ставим перед собой вопрос «жить или не жить?», ведь жизнь стала в природе универсальной тенденцией. Это физическое движение со свободой изменения. Все движущееся, текущее и мчащееся демонстрирует склонность к более легкому движению вперед и возможность изменять конфигурацию, путь и темп. Вся эволюционная организация потока и ее конец (смерть) — это природа, объединяющая одушевленные и неодушевленные сферы.

Вопрос в том, что же такое жизнь как физика? Зачем нужны жизнь, смерть и эволюция?

В этой книге я даю ответ на этот вопрос. На самом деле, не зная ответа, я бы не смог сформулировать вопрос «что такое жизнь?». Если не вдаваться в подробности, формулировка может быть такой: все, что происходит всегда и повсюду, есть природа (или по-гречески физика). Для нас, смотрящих сквозь ничтожную призму смертности, это означает, что все подчиняется законам физики. Я имею в виду прежде всего законы физики, которые люди изучают в средней и старшей школе и которыми руководствуется большинство уже на протяжении многих поколений.

В природе все находится в покое — но только до тех пор, пока сила, импульс или тяга не приведут объект в движение. Энергию этого движения генерирует миллиард естественных «двигателей», которые потребляют многочисленные виды «топлива». Для животных это пища, для автомобилей — топливо, для циркуляции атмосферных и океанических потоков и круговорота воды в природе — солнечное тепло. Сгенерированное таким образом движение мгновенно разрушает энергию, рассеивая ее и одновременно проникая всюду и вытесняя все, что движению сопротивляется. Двигатели и тормоза (рассеиватели, или диссипаторы) — это два природных явления, которые существовали на Земле всегда. Феномен жизни — это своего рода договор между энергией и ее рассеянием, цель которого — облегчить любое движение на Земле, осуществляемое одушевленными и неодушевленными предметами, животными, людьми или машинами. Этот доказанный феномен, он же первый принцип физики, и лежит в основе конструктивного закона.

Посмотрев на жизнь с точки зрения физики, можно в значительной степени дополнить описание жизни, доставшееся нам в наследство от Дарвина. В его описании физика не участвует. Чтобы понять почему, следует рассмотреть некоторые примеры предметов, которые перемещаются и распространяются в определенной области (животные, болезни, включая чуму, бассейны рек, добыча полезных ископаемых и даже новости). Их распространение происходит в точном соответствии со всем известной S-образной кривой: сначала оно ускоряется медленно, затем быстрее и, наконец, снова замедляется. Дарвиновские модели описывают это явление как естественный отбор, борьбу за выживание и ресурсы, уровень воспроизводства, территориальность, случайность и т. д. Такие модели можно не без успеха использовать, чтобы

описывать некоторые примеры из биологии, но это не более чем математические интерпретации дарвиновской концепции.

Согласно какому закону физики это происходит? Конструктивному закону, который объясняет организацию и эволюцию биологических и небιологических потоков в природе. Физика распространения по S-образной кривой рисует абсолютно другую картину. В действительности в физике жизни нет борьбы за выживание, ресурсы и воспроизводство во всем многообразии распространяющихся конструкций, таких как увлажнение почвы под лошадь, испускающей мочу, объем льда снежинки или индекс цитирования научной публикации.

Феномен жизни и эволюция, если рассматривать их с точки зрения физики всего живого, поначалу поражают нас противоречивостью. Вместо обреченности и мрака дарвиновского повествования о жизни и ее будущем на Земле конструктивный закон физики предлагает гораздо более оптимистичную картину. Поэтому я и написал книгу. Это физика, а не мнение. Вот несколько примеров.

В мире не иссякают энергия и вода. На Сахару обрушивается огромное количество солнечного тепла, а на реку Конго — масса осадков. Чтобы продолжать двигаться (жить, то есть достигать «устойчивости»), миру нужен поток полезной энергии и питьевой воды на всем пространстве, населенном людьми. А значит, ему нужны электростанции (больше двигателей) для электрификации территорий, до сих пор лишенных электричества, и опреснители воды для огромных участков земли в засушливых регионах.

Богатство — это не деньги, которые вы носите в своем кошельке. Это ваше тело, семья, вещи — все, что вы физически перемещаете по поверхности земли. Валовой внутренний продукт любой группы, независимо от разме-

ра, прямо пропорционален количеству топлива, которое это группа потребляет, чтобы поддерживать такое перемещение.

Никто не собирается сокращать потребление топлива, потому что любой из нас предпочтет богатство — нищете, а жизнь — смерти. Те, кто выдвигает аргументы в пользу защиты окружающей среды, выдвигают аргументы против движения вперед, то есть против самой жизни.

Расход топлива по-прежнему будет носить иерархический характер. Поскольку движение, которое возникает в природе, от бассейна реки до глобального воздушного движения, иерархично и состоит из нескольких больших и множества малых движений, сложенных в один поток.

Равенство, то есть концепция универсальности — «один размер подходит всем» — не приводит к движению вперед. Напротив, оно впадает в болото, где вещи гниют. Эволюция всего, что движется на земле, включая движение людей, естественным образом ведет к иерархии движения. Мир — это изысканная ткань потоков, переплетенных подобно бассейнам рек, которые отделяются друг от друга благодаря иерархии. Малое число больших каналов текут вместе с множеством малых каналов, и они зависят друг от друга и взаимно дополняют друг друга, и эффективность такого союза обеспечивает постоянную энергию.

Мир не выходит из-под контроля. Почему? Потому что каждому потоку, распространяющемуся в конечном пространстве, предопределена S-образная история роста. Молодые потоки распространяются медленно. Растущие — быстрее. Зрелые — медленно. Возьмем, к примеру, распространение глобальной экономики по территории Китайской Народной Республики, недавно открывшей свои границы миру. Первоначально оно происходило очень быстро и постоянно ускорялось. Три десятилетия

спустя экономическая сосудистая система, построенная потоком, распространяющимся в вакууме Китая, созрела. То есть достигла верхней части S-образной кривой. Поток незаметно ударился о невидимую стену. S-образная кривая — один из многих феноменов физики, применимых ко всем аспектам жизни и движения, которые описаны в этой книге.

Небо не падает. В природе не существует экспоненциального или взрывного роста чего-либо. Тем не менее рост есть, но он движется по S-образной кривой, присущей архитектуре потока, и созрев, достигает плато.

Сложность в этом мире не растет и не выходит из-под контроля. Сложность — величина незначительная, устойчивая и предсказуемая, как 23 уровня разветвления в воздушных трубках легкого человека. Безусловно, чем больше легкое или бассейн реки, тем они сложнее, потому что занимают свое место в естественной иерархии большего пространства. Транспортный поток в Нью-Йорке сложнее, чем в Дареме. Но нигде не происходит взрыва роста сложности, потому что если это произойдет, поток погибнет, невзирая на масштаб.

Размер определяет скорость, продолжительность жизни и производительность. Это можно наблюдать во всем, что движется, будь то животные, самолеты, реки, атмосферные потоки, катящиеся камни или турбулентность. Мы наблюдаем такую эволюцию во всех видах технологий и в физических упражнениях. Например, похожие на птицы самолеты эволюционировали вполне предсказуемо: более тяжелые двигатели и объемные топливные баки — на более тяжелых самолетах, крыло равно длине фюзеляжа, чем больше летящий объект, тем, соответственно, больше объем топливного бака, длина крыла и время полета.

Сегодня в легкой атлетике в беге на короткие дистанции преимущественно выступают высокие спортсмены,



которым нужно сделать лишь несколько шагов до финишной черты. Но скорость, с которой бегают ямайский легкоатлет Усэйн Болт, вполне сопоставима со скоростью бега бегемота, так как рост Болта в 12 раз превышает рост бегемота. Тем не менее в эволюции размер не является единственной закономерностью. На коротких дистанциях, помимо роста, преимуществом также является высокая частота шага. В беге на длинные дистанции победу обеспечивает противоположный эволюционный тренд (к уменьшению размера). С точки зрения физики эти две тенденции вполне предсказуемы.

Города будут продолжать расти естественным образом, а не беспорядочно. Конструктивные особенности (время, место и размер) сейчас можно предсказывать благодаря физическим принципам: несколько больших улиц пересекаются с множеством маленьких улиц, проездов и переулков. Города появляются, просто потому что они улучшают жизнь людей, — как и все другие проекты, которые люди невольно разворачивают: письменность, наука, верховенство закона, деньги, устойчивость и коммуникации.

Хорошие идеи уходят дальше, и их распространение не прекращается. Этот эволюционирующий поток дизайнов — и есть суть «хорошего». Физическая мера хорошей идеи — это увеличение движения людей, созданное в одном месте посредством физической реализации идеи — изменения дизайна потока, эволюции в этом месте и в это время.

С физической точки зрения знания — это идеи и действия, улучшающие используемый дизайн. Сохраняется только то, что работает. Вот почему изменения в лучшую сторону распространяются естественным образом. В этом и заключается эволюция, и именно поэтому она никогда не заканчивается.

\* \* \*

Жизнь и эволюция — это физика. Они намного шире и важнее на земле, чем то, что изучает биология. Самые полезные знания, такие как второй закон движения Ньютона и законы термодинамики, — это знания, которые неопровержимо применимы к любой воображаемой ситуации. Такова физика жизни и эволюции, раскрытая в этой книге.

Я уверен, вы уже знакомы с этим аспектом физики — возможно, под другими названиями, такими как самоорганизация, самооптимизация, естественный отбор и многое другое. Но еще больше я уверен: вы не осознали универсальную справедливость того, что знаете. Сущее, естественное и возникающее — это один феномен, один из первых принципов физики, который теперь формулируют как конструктивный закон.

Я призываю вас, читатель, говорить и писать о ваших собственных мысленных образах, дополняющих ту картину, которую я представил в этой книге.

*Адриан Бежан  
Август 2015 г.*

## ГЛАВА 1

# ВОПРОС ЖИЗНИ

«Что такое жизнь?» — вопрос, безусловно, непростой. В 1944 году Эрвин Шрёдингер, австрийский физик и лауреат Нобелевской премии, сделал смелую, ставшую теперь классической попытку ответить на этот вечный вопрос в своей книге, которую так и озаглавил: «Что такое жизнь?» В качестве отправной точки для своего труда он взял генетику и биологию живых клеток.

Этот вечный и трудный вопрос занимает умы величайших философов и ученых с незапамятных времен. Но буквально несколько месяцев назад «Нью-Йорк Таймс», в лице не кого-то там, а самого Ферриса Джабра, сообщила нам, что у науки нет ответа на этот вопрос. «Что такое жизнь? — наука нам сказать не может... ученые старались, но так и не смогли дать точное, универсальное определение жизни». Он добавляет, что «нет ничего поистине живого». Естественно, я с этим не согласен.

В этой книге я попытаюсь изучить корни вопроса о жизни, исследуя самые глубокие побуждения и свойства всего, что движется, и всего, что, двигаясь, свободно изменяется. То есть самой природы — всего, начиная с ее неодушевленных объектов (рек, к примеру) и заканчивая одушевленными (животные, люди, общественные организации). Задолго до появления науки с нами были эти побуждения — стремление жить дольше, иметь пищу, тепло, энергию, движение и свободный доступ к другим

людям и окружающей среде. Я буду исследовать, почему все эти вещи «побуждают», почему они происходят сами по себе, естественно, и почему они есть в каждом из нас и во всем, что свободно движется и преобразуется.

Побуждение к жизни, вопрос о жизни и его противоположность (который мы склонны избегать), вопрос о смерти, — вот о чем пойдет речь в этой книге. Однако, в отличие от Шредингера, я поставил этот вопрос исключительно в рамках физики — науки обо всем.

В книге 2012 года «Дизайн в природе» [1] я писал о феномене организации и его физическом принципе, который еще в 1996 году назвал «конструктивным законом» [2]. Согласно конструктивному закону, жизнь — это движение, которое развивается свободно в живой и в неживой природе. Живую природу составляют все свободно изменяющиеся конфигурации потоков и ритмы, которые облегчают поток и дают возможность лучше двигаться. Когда движение останавливается, жизнь заканчивается. Когда движению не хватает свободы, чтобы изменяться и находить лучшие возможности, жизнь заканчивается.

В конструктивном законе феномен жизни повсеместен. Жизнь объединяет область неодушевленного (реки, молнии, снежинки, турбулентность воздуха) с областью одушевленного, или анимированного (животные, растительность, общество и технологии). В таком широком свете представляется, что феномен жизни намного старше биосферы, ведь геофизические системы неодушевленных потоков существовали на Земле задолго до биосистем потоков одушевленных.

Жизнь, организация и эволюция — это физика (естественные вещи, *physika* по-гречески), и регулируют их собственные физические законы [3]. Я знаю не понаслышке, как трудно ученому мужу читать, что жизнь — это явление природы, объединяющее все системы потоков — неоду-

шевленные, одушевленные и созданные человеком — и все они свободно преобразуются и развиваются в сторону большей и лучшей доступности. В конце концов, слово «биология» означает «изучение жизни» (по-гречески *bios*). Разницу между движением животных и другими объектами движущегося мира (рек, ветра, океанических течений, вулканов, снега, дождя, молнии и землетрясений) знает даже ребенок.

Физика, то есть естественные тенденции всех этих движущихся вещей, одна. В то время как в XIX веке ребенок ассоциировал телегу с живой лошастью, сегодня он ассоциирует ее с неживым бензином, двигателем и деньгами, которые платят родители на автозаправочной станции. Прочитав эту книгу, завтра ребенок свяжет деньги с бензином, лошастью и овсом, которым заправляется лошадь.

Именно так и развивается знание — через науку, технику и власть закона оно становится культурой. То, что было очевидно и понято по частям, становится по сути единым, но намного больше и проще. С каждым новым поколением ребенок вырастает во все более осведомленного родителя и учителя, но все более безразличного к давно минувшему и разобщенному прошлому. Знание заражает и легко распространяется. Я не вижу разницы между искусством и наукой. И то и другое — изображения в движении. Человек получает одинаковое внутреннее удовлетворение, и когда создает произведение искусства, которое вдохновляет зрителя, и когда выдвигает научную идею, которая рождает многочисленные образы в мозгу того же зрителя. Ученые и художники — представители одного вида.

Свободно преобразующееся движение — макроскопическое явление. Объект, который движется, делает это относительно всего остального — своего окружения, которое остается в покое. Движение — это контраст, и контраст видимый. Мы, наблюдатели, даем этому явле-

нию разные названия: организация, конфигурация, дизайн, архитектура, изменение, эволюция, — названия, которые понятны нам, так как существуют давно и употребляются так же часто, как часто возникают образы, бомбардирующие наши чувства. Тем не менее какой бы интерес ни вызывали у нас невидимые молекулы, атомы и субатомные частицы, они не являются макроскопическим феноменом жизни эволюционирующей организации. Описания их случайного беспорядочного броуновского движения не совпадают с описаниями течения рек, движения воздуха в легких, равно как и городского и воздушного транспорта.

В «Физике жизни» я выхожу за пределы параметров «Дизайна в природе». Я привожу целый комплекс примеров, чтобы помочь читателям понять значение принципа жизни в их собственной жизни и в нашей культуре сегодня. Эти примеры я беру как из геофизики, так и из биологии, как из старого, так и из нового времени. Они соединяются не как яблоки и апельсины, а как нечто единое, потому что феномен жизни в природе один. Я покажу, как конструктивный закон одушевляет эволюционные дизайны, которые поддерживают жизнь: производство и использование энергии, транспорт, технологии и эволюция; распространение новых идей, устройств, знаний, богатства и лучшего управления.

Когда я заканчивал «Дизайн в природе», одно из самых интересных открытий для меня (и именно оно подтолкнуло меня к тому, чтобы написать «Физику жизни») состояло в том, что транзит (перемещение) воздушных масс на земном шаре имеет четкую иерархическую географию (рис. 1.1). Несмотря на то что движение воздуха соединяет все населенные зоны земного шара (подобно коре головного мозга), большая часть движения воздуха происходит над Северной Атлантикой.