



Michael Critt

Посвящается Кэролин Конгер

А вот что меня действительно интересует — был ли у Бога, когда он творил мир, какой-то выбор?

Альберт Эйнштейн

При хаотическом состоянии даже минимальные изменения в структуре почти всегда порождают существенные изменения в поведении системы. Управляемость поведения приводит систему к статике.

Стюарт Кауфман¹

Последствия в принципе непредсказуемы.

Ян Малкольм

¹ Стюарт Кауфман (род. в 1939) — американский биолог-теоретик, известный своими работами по проблеме происхождения жизни на Земле. Утверждает, что сложность биологических систем и организмов может быть как результатом самоорганизации, так и результатом естественного отбора. (Здесь и далее — примечания переводчика и редактора.)

ПРЕДИСЛОВИЕ



Вымирание видов на рубеже К-Т периодов

Конец двадцатого столетия ознаменовался значительным ростом интереса научной общественности к вопросу о вымирании видов.

Вопрос этот не нов — в 1786 году, вскоре после Американской революции, барон Жорж Кювье¹ первым заявил о вымирании видов. Правда, ученые согласились с фактом вымирания лишь спустя три четверти века, когда Дарвин выдвинул свою знаменитую теорию эволюции. А после Дарвина возникало множество противоречивых опровержений его теории, но все они, как правило, не касались вопроса вымирания видов.

Напротив, ученый мир дружно согласился, что вымирание — неопровержимый факт, такой же, как то, что машины движутся, сжигая бензин. Вид вымирал, когда не мог приспособиться к изменяющимся условиям жизни. Ученые тщательно исследовали и горячо спорили о том, каким же образом виды приспособлялись к окружаю-

¹ Жорж Леопольд Кювье (1769—1832) — французский естествоиспытатель, натуралист. Считается основателем сравнительной анатомии и палеонтологии.



Предисловие

щей среде. Но никто даже под сомнение не ставил утверждение, что некоторые виды вымерли безвозвратно. Что тут можно еще добавить? Тем не менее, в начале семидесятых годов двадцатого века два открытия пролили новый свет на этот вопрос.

Первое заключалось в том, что человечество стало многочисленным и очень быстро распространилось по всему земному шару — вытесняя коренных обитателей животного мира, вырубая тропические леса, загрязняя воздух и воду, а возможно, и изменяя климат на всей планете. Вследствие чего многие виды начали вымирать. Некоторые ученые забили тревогу; остальные сильно обеспокоились. Кто знает, насколько устойчива экосистема Земли? Насколько уязвима? Что, если люди зайдут слишком далеко и мир изменится так, что это приведет к их собственному вымиранию?

На эти вопросы никто не мог дать точного ответа. Поскольку никто не задавался целью изучать проблему вымирания видов, то сведений о гибели видов в прошлые геологические периоды было чрезвычайно мало. Потому ученые принялись внимательно исследовать причины вымирания в прошлом, чтобы ответить на вопросы, волнующие их в настоящее время.

Второе открытие касалось гибели динозавров. Давно было известно, что все виды динозавров вымерли в кратчайшие сроки, в конце мелового периода, примерно шестьдесят пять миллионов лет назад. Собственно, по поводу этих сроков тоже ломалось множество копий: одни палеонтологи считали, что все произошло катастрофически быстро. Другие полагали, что динозавры вымирали постепенно, в течение десяти тысяч — десяти миллионов лет, а это уже немалый срок.

Потом в 1980 году физик Луис Альварес¹ с тремя кол-

¹ Луис Уолтер Альварес (1911—1988) — американский физик-экспериментатор. Участник Манхэттенского проекта, лауреат Нобелевской премии по физике 1968 года.



Предисловие

легами обнаружили повышенное содержание иридия в отложениях конца мелового — начала третичного периодов, на так называемом рубеже М-Т. (Англичане использовали аббревиатуру К-Т, чтобы не путать Cretaceous (меловой) и Cambrian (кембрийский) периоды.) На Земле иридий встречается редко, зато его часто находят в осколках метеоритов. Группа Альвареса предположила, что отложения рубежа М-Т богаты иридием потому, что в то время на планету рухнул огромный метеорит диаметром во много километров. Они выдвинули гипотезу, что поднявшиеся тучи пыли и мелких обломков закрыли небо, помешали фотосинтезу, погубили растения и животных и положили конец владычеству динозавров.

Эта драматическая гипотеза потрясла воображение прессы и широкой публики. Тотчас же посыпались опровержения, и спор длился еще много лет. Где же находится кратер этого гигантского метеорита? Выдвигались разные предположения. История планеты насчитывает пять основных периодов вымирания видов — что, все они вызваны метеоритами и падали с регулярностью в двадцать шесть миллионов лет? Не ждет ли Землю новый опустошающий удар?

И десять лет спустя эти вопросы остались без ответа. Страсти бушевали до августа 1993 года, когда на еженедельной конференции института Санта-Фе выступил нетрадиционный математик Ян Малкольм. Он заявил, что эти вопросы беспредметны, поскольку гипотеза о падении огромного метеорита — «не относящийся к делу вымысел».

— Обратимся к числам, — сказал Малкольм, облокотившись о кафедру и пронзая взглядом притихшую аудиторию. — На нашей планете в настоящий момент существует пятьдесят миллионов видов растений и животных. Нам кажется, что это необычайное многообразие, но мы забываем о том, что было раньше. С момента появления жизни на Земле животный и растительный мир насчи-



Предисловие

тал пятьдесят миллиардов видов. Отсюда следует, что из всех когда-либо существовавших видов уцелел лишь один из тысячи. Другими словами, девяносто девять и девять десятых процента всех видов вымерли. Поголовные истребления составляют от этого числа всего пять процентов. Остальные исчезли сами по себе.

Малколм объяснил, что жизнь на Земле отмечена непрерывным, последовательным процессом вымирания. В целом средняя продолжительность жизни отдельно взятого вида составляет четыре миллиона лет. У млекопитающих — один миллион. Затем вид гибнет. Так и выходит, что за несколько миллионов лет каждый вид формируется, множится и процветает, а потом вымирает в свой срок. В среднем за всю историю жизни на планете в день погибало по одному виду.

— Но почему? — спросил ученый. — Что приводит земные виды к вымиранию с регулярностью в четыре миллиона лет? Во-первых, мы до сих пор не уяснили, насколько активна наша планета. За последние пятьдесят тысяч лет — геологическое мгновение ока — тропические леса успели сильно сократиться, а потом снова разрастись. А тропические леса — форма жизни сравнительно недавняя. Какие-то десять тысяч лет назад, когда на Американском континенте уже обитали племена охотников, оледенение доползло до современного Нью-Йорка. Тогда погибло множество животных.

Итак, как мы видим, — продолжил Ян Малколм, — виды животных живут и умирают в очень изменчивой окружающей среде. Этим, вероятно, объясняются девяносто процентов всех случаев вымирания. Если море обмелеет или в нем повысится концентрация соли, океанский планктон, конечно, погибнет. Но такие сложные существа, как динозавры, дело другое. Сложные животные обособились — в прямом и переносном смысле — от перемен окружающей среды. Почему же они вымерли? В физиче-



Предисловие

ском плане у них были все шансы выжить. Они не должны были погибнуть — и все-таки погибли.

Я решился предположить, что сложные животные вымирают не из-за неспособности адаптироваться к изменившимся условиям жизни, а из-за собственного поведения. Позднейшие разработки в теории относительности¹ и нелинейной динамике² позволяют примерно представить себе, как это происходит. Из них следует, что сложные существа могут быстро меняться, причем не всегда в лучшую сторону. Предположим, что их поведение может изменить окружающую среду, что и приведет к упадку и смерти. Предположим, что в какой-то момент животные могут перестать приспосабливаться. Не случилось ли все это с динозаврами? Не это ли истинная причина их вымирания? Мы никогда не узнаем. Но не случайно люди так сильно заинтересовались этим вопросом. Закат владычества динозавров позволил млекопитающим — включая и нас — встать на ноги. А отсюда мы напрямую переходим к вопросу: не повторится ли трагедия вымирания динозавров, но на этот раз с нами в главной роли? Не кроется ли на самом деле причина в нашем с вами поведении, а не в слепой судьбе или каком-то огненном метеорите с небес? На данный момент у нас ответа нет. — Малкольм усмехнулся:— Но у меня есть пара предположений.

¹ Теория относительности — физическая теория пространства-времени, описывающая универсальные свойства физических процессов. Термин был введен в 1906 г. Максом Планком, основные принципы теории относительности были разработаны А. Эйнштейном.

² Н е л и н е й н а я д и н а м и к а — междисциплинарная область знания, изучающая свойства нелинейных динамических систем (систем, в которых протекают процессы, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями). Примером нелинейной динамической системы могут служить зоны турбулентности в атмосфере.

ПРОЛОГ



Жизнь на грани хаоса

Институт Санта-Фе размещается в нескольких строениях вдоль проспекта Каньон, которые прежде принадлежали монастырю. А институтские конференции проводятся в бывшей молельне. Сейчас, стоя на подиуме, в водопаде солнечного света, Ян Малкольм на мгновение театрально умолк, прежде чем продолжить лекцию.

Ему исполнилось сорок лет, и был он притчей во языцех во всем институте. Малкольм одним из первых начал разрабатывать теорию хаоса¹, но его многообещающую карьеру нарушило ранение во время путешествия по Коста-Рике. Ранение было весьма опасным, так что многие газеты поспешили объявить Малкольма погибшим. «Прошу прощения, что прерываю празднования в математических факультетах по всей стране, — позже съязвил он, — но оказалось, что я был мертв лишь слегка. Хирурги сотворили чудо и первыми же готовы распространяться об этом. Так что я снова здесь — так сказать, вторая производная».

¹ Теория хаоса — область исследований, связывающая математику и физику. Теория хаоса гласит, что сложные системы чрезвычайно зависимы от первоначальных условий, и небольшие изменения в окружающей среде могут привести к непредсказуемым последствиям.



Весь в черном, опирающийся на трость, Малкольм казался воплощением строгости. В институте его знали как нешаблонного аналитика и неисправимого пессимиста. Лекция, которую он прочел в этом августе, под названием «Жизнь на грани хаоса» являла его типичный образ мысли. В ней Малкольм представлял свои выкладки по теории хаоса применительно к эволюции.

Он и мечтать не мог о более компетентной аудитории. Институт Санта-Фе был основан в середине восьмидесятых годов нашего столетия группой ученых, которые решили досконально разработать теорию хаоса. Сюда съехались представители всех направлений науки — физики, экономисты, биологи, программисты. Объединяла эту разношерстную братию вера в то, что сложная структура мира скрывает от науки глобальный закон, который возможно вывести лишь с помощью теории хаоса, получившей теперь новое название — теория сложности¹. Одним словом, теория сложности была объявлена «наукой двадцать первого века».

Институт исследовал огромное число сложных систем — ярмарки, нейроны в мозгу человека, движение ферментов в одной-единственной клетке, поведение перелетных птиц в стаях — и систем настолько запутанных, что изучение их было бы невозможно без компьютерной обработки. Ученые приступили к исследованиям недавно, но успели к этому времени получить ошеломляющие результаты.

Уже на первом этапе они обнаружили, что в сложных системах проявляются определенные общие модели поведения. И пришли к выводу, что эти модели характерны для всех сложных систем. Исследователи поняли, что эти модели нельзя объяснить, анализируя каждый отдельно

¹ Теория сложности изучает системы непредсказуемые, управляемые случаем, находящиеся в хаотическом состоянии. С помощью обычных научных методов поведение таких систем не объяснить.



взятый компонент системы. Проверенный временем научный подход редукционизма¹ (чтобы понять работу часов, нужно разобрать их по винтикам) не сработает в случае со сложными системами, поскольку интересующие науку модели поведения, похоже, возникают именно из-за взаимодействия различных компонентов этих систем. Поведение систем нельзя назвать ни запланированным, ни направленным, оно просто существует — и все. Поэтому эти модели поведения получили названия «самопроизвольные».

— Что касается самопроизвольных моделей поведения, — продолжил Ян Малкольм, — то для изучения эволюции показательны две из них. Первая — это адаптация. Мы наблюдаем эту модель повсеместно. Группы людей приспосабливаются к условиям ярмарки, клетки мозга приспосабливаются к сигнальной системе, иммунная система приспосабливается к инфекции, животные приспосабливаются к среде обитания. Мы пришли к выводу, что способность к адаптации характерна для сложных систем. Возможно, именно благодаря ей эволюция продвигается к созданию все более сложных организмов.

Оратор переступил с ноги на ногу и перенес вес на трость.

— Но более важно понять, каким способом сложные системы балансируют между необходимостью упорядоченности и императивом к переменам. Сложные системы стремятся к местоположению, которое мы называем «грань хаоса». Представим себе точку, достаточно нестабильную, чтобы поддерживать перемены живой системы, и достаточно стабильную, чтобы не дать ей скатиться в хаос анархии. Это зона конфликта, где новое и старое

¹ Р е д у к ц и о н и з м (от лат. *reductio* — возвращение) — методологический принцип, согласно которому сложные явления могут быть объяснены с помощью законов, свойственных более простым явлениям.



находятся в состоянии постоянной войны. Отыскать эту грань очень сложно. Если живая система подойдет слишком близко к краю, она рискует смешаться и распасться, а если отодвинется слишком далеко, то замрет, застынет и закоснеет. Оба состояния ведут к вымиранию. Слишком много или слишком мало перемен ведут к гибели. Сложная система может процветать только на грани хаоса. — Он помолчал. — Можно сделать вывод, что вымирание — это неизбежный результат той или иной стратегии: слишком мало или слишком много изменений.

В зале закивали. Большинство исследователей придерживались именно этой точки зрения. Вообще-то концепция грани хаоса считалась в институте едва ли не догмой.

— К сожалению, — продолжал Малкольм, — между этой теоретической схемой и фактом вымирания лежит пропасть. У нас нет возможности проверить правильность этих выводов. Окаменелые останки животных свидетельствуют о том, что они вымирали в определенные периоды истории, но не объясняют почему. Компьютерные версии эволюции не слишком достоверны. На живых организмах мы тоже не можем поставить эксперимент. Потому мы вынуждены признать, что вымирание нельзя объяснить ни теорией, ни практикой, а значит, оно не может быть предметом научных исследований. Возможно, именно поэтому между учеными и священниками разгорались такие споры по этому поводу. Вспомните, до сих пор еще никогда не возникало религиозных дебатов из-за числа «пи», или постоянной Планка¹, или функционирования поджелудочной железы. А вот по вопросу вымирания уже двести лет идет постоянная война. Не знаю, как решить проблему, если... Да? В чем дело?

¹ Постоянная Планка — основная константа квантовой теории. Любые энергетические обмены могут происходить порциями, пропорциональными постоянной Планка.

