

Сергей Деменок

ДИНАМИЧЕСКИЙ

# ХАОС



УДК 514:515.1+330

Д 30

Д 30 **Деменок С. Л.** Динамический хаос. — СПб.:  
ООО «Страта», 2015. — 300 с.

ISBN 978-5-906150-33-2

Настоящая книга представляет собой упрощённое изложение основных представлений теории динамического хаоса. Она не предназначена для специалистов в этой области. Эта книга для дилетантов в теории хаоса – для тех, кто живёт в самой гуще интенсивного настоящего и вынужден динамично и адекватно реагировать на тенденции и тренды, просматривая следующие за ними метаморфозы реальных событий.

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельцев.

All rights reserved. No parts of this publication can be reproduced, sold or transmitted by any means without permission of the publisher.

ISBN 978-5-906150-33-2

© Деменок С. Л., 2015, текст

© ООО «Страта», 2015

<b>Введение</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>Глава 1.</b>	
<b>Хаос: сдвиг парадигмы</b> . . . . .	<b>9</b>
Побег в Самарканд . . . . .	11
Алеаторный детерминизм . . . . .	13
Креативный хаос . . . . .	20
Элегантный хаос . . . . .	26
Взмах крыльев бабочки . . . . .	33
Эффект Бернса . . . . .	37
<b>Глава 2.</b>	
<b>Регулярный хаос</b> . . . . .	<b>41</b>
Чёрт в сапогах и чернильное пятно . . . . .	43
Фазовый портрет . . . . .	52
Динамическая система . . . . .	56
Странный аттрактор . . . . .	60
Фрактал — «царапина на поверхности всего». . . . .	66
Динамический хаос . . . . .	74
<b>Глава 3.</b>	
<b>Хаос — суть дела</b> . . . . .	<b>81</b>
Хаос и Фауст . . . . .	83
Устойчивая неустойчивость . . . . .	104

Турбулентность и когерентность . . . . .	121
Эффект Лоренца . . . . .	135
Каскад бифуркаций . . . . .	153
Универсальность Фейгенбаума . . . . .	166

#### Глава 4.

#### **Геометрия свёрнутого, смятого и скрученного . . . . .173**

Мишель де Нотр-Дам . . . . .	175
Ошибка в толщину волоса . . . . .	195
Квазипериодическое повторение . . . . .	200
Сдвиги на символах . . . . .	208
«Ламинарное» перемешивание . . . . .	216
Геометрия на резиновом листе . . . . .	238
Дискретная математика: теории графов и узлов . . . . .	246
Геометрия сфер . . . . .	254
Лента Мёбиуса и бутылка Клейна . . . . .	272
Размерность — нить Ариадны . . . . .	282
Топология облаков и пены . . . . .	292



## **ГЛАВА 1.**

# **ХАОС: СДВИГ ПАРАДИГМЫ**

**Побег в Самарканд**  
**Алеаторный детерминизм**  
**Креативный хаос**  
**Эlegantный хаос**  
**Взмах крыльев бабочки**  
**Эффект Бернса**

## ПОБЕГ В САМАРКАНД

**Ж**ан Бодрийяр написал притчу «Смерть в Самарканде». Это история про солдата, встретившего Смерть по пути с базара и вообразившего, будто та подаёт ему какой-то угрожающий знак. Он спешит во дворец и просит у царя лучшего коня, чтобы ночью бежать куда подальше, в далекий Самарканд. Затем царь, встретив Смерть во дворце, упрекает Её в угрозах одному из лучших его солдат. Но удивлённая Смерть отвечает царю, что вовсе не хотела его напугать. Жест, который так напугал солдата, сложился от неожиданности встречи с тем, кто назавтра должен быть в Самарканде. Конечно: чем отчаянней мы пытаемся избежать своей судьбы, тем вернее она нас настигает. Неисповедимы пути знаков, неисповедимы наши трактовки знаков.

Однако, вся интрига в одной допустимой возможности: это неизбежное свидание солдата со Смертью могло и не состояться. Нет никаких оснований полагать, что солдат явился бы на него, не произошёл эта случайная встреча, усугублённая случайностью «наивного жеста» Смерти, который «вопреки её воле оборачивается манящим жестом». Если бы смерть просто призвала солдата, то история лишилась бы своего магнетизма. Вся интрига построена на одном невольном движении — знаке. Знак смерти вступает в игру без всякого ведома игроков (не только солдата, но и самой смерти). Ни сознательной стратегии, ни даже бессознательной уловки в поведении смерти не заметно, именно это вдруг раскрывает то, что случай зажат в «двойной клешне» предрасположенности и преднамеренности. Иначе откуда Смерти знать, что солдат назавтра будет в Самарканде?

Все персонажи ведут себя безупречно свободно (смерть вольна сделать некий жест, солдат волен бежать, царь волен дать коня), но за этой кажущейся свободой выясняется, что каждый следовал какому-то правилу, которое по-настоящему никому не было известно, и даже Смерти.

Самое интригующее во всей этой притче — игра, у которой нет определённых правил, но правила все-таки есть. Точнее есть набор всевозможных правил, которые выбираются по случаю, но так, что они никогда не нарушают горизонты возможного.

Великолепная идея для реалити шоу.

Было сказано Крезу: «Если ты перейдёшь Галис, ты разрушишь великое царство». Какое царство? Своё собственное. Но оракул этого не сказал. Крез об этом даже и не думал. *Alea jacta est* — жребий брошен, Галис перейдён. Великое царство Креза разрушено, акрополь пал под натиском персов. Случилось так, как тому следовало случиться. Оракул ничего не добавил к знанию Креза. Крез сам все решил.

Открытие, какое делали шаманы, волхвы, жрецы, оракулы и пифии и все пророки состояло в том, что толкование есть «отражатель смыслов», с помощью которого вопрошающий сам находит ответ на свой вопрос. Пророчество оракула всегда прерывисто, всегда оставляет место для интерпретации его вопрошающим. Да и нужен ли оракул для отражения смыслов? «Книга Перемен» доказывает, что в оракуле нет нужды. Необходима отражающая поверхность, заслуживающая доверия (например, «Книга перемен», гексограмма типовых 64 ситуаций) и необходим алеаторный акт — бросание монеты или слепой выбор бамбуковой палочки. Дальше происходит «автоматическая сборка» — автореференция интерпретаций даёт ответ на вопрос, который вопрошающий обращает, по сути, к самому себе. Интерпретация создаёт вектор желания — «нулевой вектор» в том смысле, что этот вектор не имеет протяжённости, но имеет направленность. Направленность желания стимулирует эмоцию, энергия которой придаёт вес желанию. Эмоций нет в прошлом, нет их и в будущем. Эмоция, как и случай, есть качества настоящего состояния. В этом состоянии под влиянием случая стираются границы между порядками и хаосом, а под влиянием эмоций реальное перестаёт отличаться от иллюзорного.

**В свете таких представлений формируется новая парадигма, согласно которой в коллизии предрасположенного и преднамеренного случается то, что становится реальностью.**



Случай — вот то, что оказывается в центре внимания. Борхес в эссе «Лотерея в Вавилоне» рассказал притчу, ко-



тору пересказал Бодрийяр. Я перескажу Бодрийяра. Вот эта притча. Лотерея появилась и стала существенным элементом реальности в Вавилоне. Первоначально то была не более чем плебейская по характеру забава, в которую можно было лишь выиграть. Скоро она наскучила, так как «не была обращена ко всей гамме душевных способностей человека, только к надежде». Тогда игру попытались реформировать: в список счастливых номеров внесли небольшое количество несчастливых, и невезучему жребий присуждал уплату значительного штрафа. Именно это новшество радикально изменило ситуацию, развеяло иллюзию рациональной целесообразности игры. Отныне игра явилась в чистом своём виде, и умопомрачение, завладевшее вавилонским обществом, не знало более границ. Теперь по жребию могло выпасть все что угодно, лотерея сделалась тайной, бесплатной и всеобщей, всякий свободный человек автоматически становился участником священных жеребьёвок, совершавшихся каждые шестьдесят ночей и определявших судьбу игроков вплоть до следующего розыгрыша. Счастливый розыгрыш мог сделать любого богачом, магом, даровать обладание желанной женщиной, несчастливый мог накликать на любого увечье или смерть.

Игра вводила случай во все щели социального миропорядка. И даже ошибки лотереи — «правильны», поскольку лишь укрепляют логику случая. Собственно уже неважны сами правила лотереи, коль скоро они не нарушают «алеаторную инстанцию лотереи». Уловки и махинации с правилами никак не устраняют неопределённость. Случай невозможно обмануть. Впрочем, манипулируя правилами, можно исключить себя из игры, но это равносильно исключению себя из реальности. За этой чертой — Смерть. И это ведёт из притчи, рассказанной Борхесом, прямо в гущу реальности. Реальность не лишена правил, но они никому не известны. Они даже не могут быть известны. При таком положении дел любая симуляция, уловка, обман в процессе сборки реальности перерабатывается легко и естественно вместе с интенсивным потоком случайных флюктуаций. В этом смысле «эффект лотереи универсален». Лотерея встроена в миропорядок. Теперь даже гипотеза о существовании организаторов лотереи ничего не меняет, ведь устанавливаемые ими правила отражают их представления о реальности, которая изменяет-

ся тут же по провозглашению правил. Этот вывод Бодрийяр делает в самом конце своего рассказа:

*«Одной этой гипотезы достаточно, чтобы всю реальность, какова она есть и каковой всегда и неизменно была, превратить в гигантский симулякр. Реальность, какой симуляция меняет её внутри неё самой, есть не что иное, как реальность».*



Осознание роли алеаторной симуляции — вот что радикально меняет картину мира. Наше бытовое представление признает «игру случая». Игра случая видится по обыкновению не слишком весомой надстройкой в сравнении с надёжным базисом, добротной инфраструктурой законов. «Лабиринт» Борхеса все переворачивает «с ног на голову и неопределённость делает определяющей инстанцией». Отныне законы и участь индивидов определяются уже не только объективными условиями (предрасположенностью), не только тотальным индетерминизмом (игрой случайных флуктуаций), но ещё и преднамеренными манипуляциями. Это означает,

**что случай в реальности зажат в «двойной клешне» предопределённости и преднамеренности.**



Такое представление не столь ново, как это может показаться. В XVII веке французский живописец Жорж де Латур увлекался предсказаниями будущего и азартными играми, в особенности теми, в которых случай играет несколько меньшую роль, чем считают участники. На картине «Шулер с бубновым тузом» он изобразил игру в покер. Безупречно одетый, холеный молодой человек справа занят тщательными расчётами, несомненно, каким-то вероятностным прогнозом. В настоящее время перед ним на столе уже собрана приличная горсточка золотых монет. Главную роль играет сдающая карты женщина, без неё не было бы игры. Она, кажется, взглядом общается со служанкой. Роль служанки менее ясна. Возможно, она не имеет прямого отношения к игре в покер. Но она имеет отношение к результату. Пода-



*Жорж де Латур. Шулер с бубновым тузом. (1633—1639)*

ча вина повлияет на игру, и она сама выступает как отвлекающий момент. Парень жуликоватого или плутоватого вида в далеко не новой одежде, у которого даже не все ленты завязаны, а просто свисают, определённо из реального мира.левой рукой он достаёт из-за пояса несколько бубновых тузов, которые собирается ввести в игру. И тогда чего стоят «вероятности», рассчитанные молодым человеком? И насколько глубоко понимание и сильна интуиция нашего плута? Его взгляд направлен на нас, это предполагает, что он знает, что мы видим его действия. Возможно, он даже понимает, что он в картине, а мы только смотрим на картину, не касаясь игры, но создавая отвлекающий момент.

Любой прогноз лежит в области пространства наших представлений, но в равной мере — в поле влияния чужих намерений. И на этом основании мы не можем полностью доверять нашим моделям и нашим расчётам. Как отмечал Уайтхед, опасно интерпретировать расчёты так, словно они каким-либо образом управляют реальным миром. В современном мире расчёт и реальность, эмпирический факт и виртуальную фантазию разделить почти невозможно. Они, разнообразные и разнонаправленные, сливаются в реальности в одно единое и согласованное целое. Соеди-

нение, сопряжения или отторжения предрасположенностей и намерений случается в коллизии фактов и фикций. Именно случается. Случай играет конструктивную роль в процессе становления реальности. В каждый момент времени происходит создание, склеивание и стирание физических объектов и эффектов. Все происходит по случаю, но не как попало.

Научная мысль пытается изучить случай. Во времена Паскаля и Ферма сформировались представления о том, что случай бывает «ручной», а бывает случай «дикий». Первый случай связан с ошибками измерений и с неполнотой наших знаний о поведении динамических систем. Второй случай — это «чистая» случайность. Он — бросок игральной кости на зелёное сукно. Такой случай называют алеаторным. Таков «клинамен» Лукреция. Иногда, считал Лукреций, в самое неопределённое время и в самых неожиданных местах, вечное и всеобщее падение атомов испытывает слабое непроизвольное отклонение — «клинамен». Надежда и страх, вера и фатализм, азарт и расчёт — все вовлечено в сферу влияния клинамена. Клинамен — это алеаторная флуктуация. У неё нет причин, но есть ограничения. Случай ничего не может изменить в прошлом и случай не может изменить горизонт будущих возможностей.

**Суть алеаторного детерминизма в том, что случай синхронизирует то что есть с тем, что будет в пределах того, что уже произошло и того, что может произойти.**



Событие зависит от причин, предшествующих событию. Событие также зависит от намерения и цели. Энтелехия, по Аристотелю, есть сущность вещи через её цель. Догма Аристотеля повторялась с завидной настойчивостью и регулярностью. «Предустановленная гармония» Лейбница; «мировая душа», «самодвижущее начало», «внутренняя динамика природы» в традиции неоплатонизма; «elan vital» («жизненный порыв») у Спинозы, Шеллинга, Бергсона; «порыв сознания» и «точка Омега» у Пьера Тейяра де Шардена; «эквивинальность» у Людвиг фон Берталанфи. Все это об одном: наряду с причиной преданной, событие имеет причину пост-данную — post hoc

ergo antem hoc. Эдмунд Гуссерль говорил о протекциях — о нитях, тянущихся из будущего, а его ученик Мартин Хайдеггер — о том, что



*«Собственная временность временим себя из собственного будущего, а именно она будит настоящее».*

Будущее притягивает, «временит» настоящее. Настоящее чревато будущим. Сегодня становится через завтра. То, что будет потом есть причина случившемуся прежде. Предвестники — будь то голубь или радуга, будь то пророк или провидец, будь то холод или зной — они не предвещают, но определяют будущее. При такой трактовке неосведомлённость не в прошлом (там все предопределено) и даже не в будущем (сценарии прогнозируемы), но только в настоящем, где выбор предпочтений определяется случаем.

Алеаторный случай — это неотъемлемое качество поведения хаотических систем. Все, что есть возникает по случаю из хаоса шаг за шагом, фрагмент за фрагментом. Хаос — первопричина любого действия, любого события. Гесиод знал и говорил:



*«Космос возникает из Хаоса».*

Айзек Азимов в «Занимательной мифологии» пишет о том, что древние греки сравнивали «хаос» с «морским заливом с широким входом». За Геркулесовыми столпами нет ничего, кроме хаоса. На обширном пространстве может легко затеряться все что угодно, особенно в утренние часы с клубящимся туманом. Так можно представить себе первобытный хаос, в котором пока нет ни звёзд, ни планет с определёнными очертаниями, а есть нечто подобное клубящемуся туману. Из этого тумана возникает все и может возникнуть все, что угодно.

Современное понимание хаоса начинает отличаться от греческого. Прежде всего, из хаоса возникает не все, что угодно, но только то, что возможно. Из хаоса возникает только то, что согласовано со всем уже бывшим и с тем, что может быть. Современная наука вынуждена отказаться от предска-

заний и точных прогнозов на сколько-нибудь длительный период и ограничится анализом вероятных событий и степени их вероятности. Современная теория хаоса вводит в круг такого понимания мира, в котором существующий порядок вещей можно изменить посредством малого вмешательства, несоизмеримого с теми силами, которые этот порядок поддерживают. Такое представление служит основанием для творческого или креативного применения тех возможностей, которые есть в хаосе. Изучение хаоса склоняет нас к позиции третьего рефери из старой притчи, в которой трое судей говорят за жизнь, обсуждая игру. Первый судья заявляет: «Я говорю то, что вижу». Второй судья заявляет: «Я говорю то, что есть». Наконец третий судья заявляет: «Ничего нет, пока я об этом не скажу».

Старая парадигма заключается в том, что хаос превращает предсказания в бесполезное дело. Однако, наша способность понять, описать и даже предсказать поведение нестабильных систем значительно расширилась благодаря исследованиям хаоса. Эти исследования выявили, что такие черты поведения хаотических систем как нестабильность и нелинейность присущи большому классу детерминированных систем. Такое поведение детерминированных систем получило название регулярного или детерминированного хаоса.

Ещё 1927 году сэр Артур Эддингтон в обратился к сути проблемы: некоторые вещи легко предсказать, в то время как другие вещи только иногда кажутся предсказуемыми:



*«Предсказывают, что полное солнечное затмение, которое можно будет увидеть в Корнуолле, произойдёт 11 августа 1999 года... Я могу отважиться предсказать, что  $2 + 2$  будет равняться 4 в 1999 году... Предсказание погоды на этот период следующего года... вероятно никогда не станет практичным... Нам потребуется очень подробная информация о нынешних условиях, поскольку маленькое местное отклонение может привести к все усиливающемуся влиянию. Мы должны исследовать состояние солнца... иметь предупреждения об извержениях вулканов..., забастовке горняков..., зажжённой спичке, которую поленились затушить и просто бросили...»*

Фон Нейман создал свой первый компьютер с твёрдым намерением использовать вычислительную машину и для управления погодой. Он полагал, что сложная динамическая система имеет точки неустойчивости — критические моменты, в которые слабый толчок может привести к огромным последствиям, как это происходит с мячиком, балансирующим на вершине холма. Вопрос заключался в том, чтобы определить эти точки, воздействовать на систему в нужный момент и рассчитать её дальнейшее поведение на компьютере.

На практике это должно было выглядеть так: если центральный комитет метеорологов считает нужным изменить погоду, в небо поднимутся самолёты, чтобы оставить за собой дымовую завесу или разогнать облака. Прекрасная перспектива! Однако Нейман не обратил внимания на вероятность хаоса, при котором неустойчива каждая точка.

В 1970-х сформировалось понимание миропорядка не столько сквозь призму порядка, сколько сквозь призму хаоса. Работы Эдварда Лоренца и Ильи Пригожина сыграли в этом процессе решающую роль. Теория утверждала:

**Малое вмешательство может вызвать большие перемены, если система находится в состоянии динамического хаоса.**



Эти идеи согласуются с убеждением Маркса в том, что протесты, бунты и революции — эффективные механизмы исторического развития общества. Основным субъектом таких механизмов является мягкая и пластичная организация людей, которая может называться толпой либо массой. В 1992 году в журнале Национального военного колледжа в Вашингтоне появилась статья Стивена Манна «Теория хаоса и стратегическая мысль». Среди прочего он писал:

*«Конечно, для нас, как стратегов, важно одержать триумф над хаотической природой происходящего и навязать своё искусство дипломатии или войны, но прежде нужно воспринимать мир таким, каков он есть, а не таким, каким нам бы хотелось его видеть».*



Однако, чтобы эти стратегические намерения могли быть реализованы, потребовалось развитие технической базы. Технологии достигли требуемого уровня в начале 2000-х годов. Благодаря беспроводной связи 3 G/4 G, Skype, Facebook, Google, LinkedIn, Twitter, iPad и дешёвым смартфонам с поддержкой выхода в интернет социум стал не просто взаимозависимым, но гиперсвязанным и «прозрачным» в полном смысле слова. Новые возможности манипуляции социальными процессами появились благодаря новым технологиям,



которые породили совершенно новый формат социальной активности — флешмоб.

В 2002 году вышла книга Говарда Рейнгольда «Умная толпа: новая социальная революция». Самая «простая» и самая распространённая «умная толпа» — flashmob — «толпа-вспышка»:



### **«ФЛЕШМОБ ВНЕ РЕЛИГИИ, ВНЕ ПОЛИТИКИ, ВНЕ ЭКОНОМИКИ».**

Это просто лозунг. Флешмоб только создаёт впечатление, что участниками никто не манипулирует. Это, конечно, иллюзия. На самом деле флешмоб — рекламный инструмент и политическая акция. Это заранее спланированная массовая акция, организованная через социальные сети: большая группа людей внезапно появляется в общественном месте, в течение нескольких минут выполняет заранее оговорённые действия, называемые сценарием, и затем быстро расходится.

Вторая разновидность «умной толпы», по Рейнгольду, — shopping-riot — «шопинг-бунт». Это организуемые через социальные сети массовые беспорядки с грабежами, поджогами зданий и автомобилей с целью развлечения. Лондон, лето 2011 года. Дэвид Гудхарт, основатель журнала «Перспект», вспоминает:



*«[Происходящее вылилось] в постполитические мятежи, мятежи наслаждения, мятежи в стиле look-at-me, мятежи конца истории. Возникало ощущение, что люди просто устали от «цивилизации»».*

На пустом месте появлялись «криминальные флешмобы», состоящие из 50—300 человек в возрасте от 11 до 29 лет, мотивированные прежде всего желанием грабить магазины, торгующие спортивной одеждой, электротоварами, мобильными телефонами, сигаретами и алкоголем. Это был настоящий «криминальный карнавал» (сами слова «восстание», «бунт», «протест» вводят в заблуждение, поскольку они подразумевают наличие определённого градуса протеста против правящей власти). Однако «бунтовщики» не имели

никакой цели, кроме протеста как такового. Многие погромщики в интервью признавались, что участвовали в этих акциях, поскольку было весело. Свидетели событий рассказывают о «карнавальной атмосфере» в местах погромов, где подростки развлекались вовсю. Бунтующие были близки к экстазу. Они были возбуждены, смеялись, наслаждались происходящим.

Третья разновидность «умной толпы», по Рейнгольду, — «мирный бунт», или управляемая смута. Это организуемые через социальные сети политические акции, ставящие своей целью удар по действующей власти. Здесь используется асимметрия, которую Владимир Соловьёв сформулировал следующим образом:

*«Никакое действие преступника не может  
упразднить безусловных прав человека».*



Это значит, что бунтующие отказывают государству в повиновении, но не ожидают отказа государства от исполнения его обязательств: полиция по-прежнему обязана будет защищать их от грабителей, «скорая помощь» придет по вызову и т. д. Эта разновидность «умной толпы» имеет сложную структуру: примерно 10 процентов составляют организаторы, координирующие деятельность остальных участников в режиме реального времени; около 30 процентов — рекруты, то есть нанятые за плату участники. Не менее половины рекрутов — боевики, задачей которых является провоцирование силовых конфликтов с представителями власти и правоохранительных органов. Остальные 60 процентов — любопытные члены интернет-сообществ, в которых обсуждалась подготовка данной акции, и их знакомые — «пушечное мясо».

**«Умная толпа» не может существовать без сетевых ресурсов — это её воздух, её пространство, её инструмент.**



Попытки лобового решения проблемы — нейтрализация «умной толпы» путём технического отключения сетевых ресурсов в государстве — удалась в Китае, Иране и отчасти в Белоруссии. Уже во время «арабской весны» 2011 года эта

тактика оказалась бесплодной. Причина одна: мировым сообществом во главе с США доступ граждан к сетевым ресурсам был объявлен одним из фундаментальных прав человека. Государственный секретарь США Хиллари Клинтон заявила в своей речи 15 февраля 2011 года:



*«Соединённые Штаты продолжают помогать людям, живущим в условиях зажима интернета, обходить фильтры, всегда на шаг опережать цензоров, хакеров и бандитов, которые избивают их или сажают в тюрьму за высказывания в Сети».*

В техническом плане были разработаны и использованы стелс-станции, похожие на чемоданы с антеннами, которые предназначены для моментального доступа в Мировую паутину в районах массовых беспорядков. Правительства не смогут перекрыть протестующим информационный «кислород», лишив их сотовой связи и интернета, и те смогут координировать действия друг с другом. Другой проект опирается на технологии Mesh Network: мобильные телефоны, смартфоны и персональные компьютеры объединяются для создания невидимой беспроводной сети без центрального концентратора. Проводятся эксперименты и с использованием Bluetooth-технологий: рассылка сообщений по всем телефонам такой альтернативной сети, минуя официального интернет-провайдера. При большой плотности телефонов в городах это позволит координировать протестующих, даже если мобильную сеть в районе беспорядков власти отключат вовсе. Такие технологии никто не может контролировать, даже тот, кто их применяет. Столь смелое вмешательство в социальные процессы таит высокие риски, но сулит большие дивиденды. Природа риска неустраима.



### **В режиме хаоса неустойчива каждая точка.**

Реальность изменяется хаотически. Изменения реальности невозможно предвидеть и невозможно точно предсказать. Неточность в наблюдениях сложным образом сливается с ошибкой в модели, заставляя нас переоценивать то, что считается хорошим прогнозом. Приходится жить в режиме

интенсивного настоящего, постоянно сверяя и корректирую модель с реальностью.

### **Прогноз изменяется в режиме реального времени.**



Такая стратегия поведения есть один из результатов исследования хаоса. Хаос постоянно разрушает порядок. Он же постоянно порядок и производит.

Порядок появляется из хаоса как результат формирования устойчивых петель обратного влияния. Такие петли возникают из «отклика» на случайный «клик». И, если происходит сцепление, то возникает повтор «отклика» на «клик». Появляется петля, которая синхронизирует себя со своим случайным окружением. И, если такая синхронизация наступает, то петля встраивается в структуру уже существующих петель обратного влияния. Случай рвёт и склеивает устойчивые связи. Он создаёт элегантный хаос из строго детерминированных и алеаторных эффектов. Такой хаотический режим называют ещё «детерминированным хаосом».

В XVIII веке Пьер-Симон Лаплас писал:



«Физическая астрономия, область знания, которая делает величайшую честь человеческому уму, даёт нам представление, хотя и неполное, чем был бы такой разум. Простота законов, по которым движутся небесные тела, и соотношения между их массами и расстояниями позволяют проанализировать их движение до определённой точки, и чтобы определить состояние системы этих крупных тел в прошлых или будущих веках, математику достаточно того, чтобы их положение и скорость были получены из наблюдений в любой момент времени. Человек обязан этим мощности приборов, которыми он пользуется, и небольшому числу соотношений, которые он применяет в своих расчётах. Однако незнание различных причин, вызывающих те или иные события, а также их сложность в сочетании с несовершенством анализа мешает нам достичь той же уверенности по отношению к огромному большинству явлений. Таким образом, существуют вещи, которые для нас неопределённые, вещи, более или менее вероятные, и мы стараемся компенсировать невозможность их узнать, определяя различные степени их достоверности. Получается, что слабости человеческого разума мы обязаны появлением одной из самых тонких и искусных математических теорий — науки о случае, или о вероятности».

Успехи классической механики в XVII—XIX вв. были столь впечатляющими, что стало казаться возможным представлять себе всю Вселенную как одну гигантскую динамическую систему, которая определена и теоретически предсказуема. В 1776 году Лаплас сформулировал принцип детерминизма:



«Состояние природы в настоящем есть, очевидно, следствие того, каким оно было в предыдущий момент, и если мы представим себе разум, кото-

*рый в данное мгновение постиг все связи между объектами Вселенной, то он сможет установить соответствующие положения, движения и общие воздействия этих объектов в любое время в прошлом или в будущем».*

Согласно принципу Лапласа непредсказуемость есть следствие неполноты знания. Поведение динамической системы должно быть полностью предопределённым и предсказуемым, коль скоро точно известны начальные условия и законы эволюции динамической системы. Древняя китайская мудрость гласит:

*«Ошибка на толщину волоса может сбить с пути на тысячу миль».*



Гипотетическое существо, которому все точно известно, интерпретаторы Лапласа стали называть «демоном Лапласа». Кстати, Лаплас не называл это существо демоном. Скорее, он считал его некой божественной сущностью. Божественный демон Лапласа знает начальное состояние любой системы и может рассчитать все последующие её состояния. Вот только на каждом шаге эволюции он будет вынужден непрерывно уточнять параметры начального состояния, поскольку по мере развития системы её чувствительность к точности начальных параметров возрастает и возрастает сверхбыстро. Выдержать этот дьявольский марафон без финишной черты даже демону Лапласа не под силу.

Детерминизм Лапласа доминировал в научной среде вплоть до начала XX века. Представления о том, что малые усилия могут совершить титаническую работу было вполне в духе индустриального общества. Даже людям далёким от техники такие идеи представлялись естественными. Так, например, Фёдор Михайлович Достоевский писал:

*«Гомеопатические доли самые, быть может, сильные».*



Вполне естественно, что Анри Пуанкаре в начале своей научной карьеры следовал традиции детерминизма в духе Лапласа и Декарта:



«Если бы законы природы и состояние Вселенной были точно известны к моменту начала, мы могли бы точно определить состояние материи в более поздний период. Но даже если бы законы природы открыли нам все свои тайны, мы и тогда могли бы знать начальное положение лишь приближённо. Если бы это позволило нам предсказать последующее положение с тем же приближением, это было бы всё, что нам требуется, и мы могли бы сказать, что явление было предсказано, что оно управляется законами. Но это не всегда так; может случиться, что малые различия в начальных условиях вызовут очень большие различия в конечном явлении. Малая ошибка в первых порождает огромную ошибку в последнем. Предсказание становится невозможным, и мы имеем дело с явлением, которое развивается по воле случая».

Однако, начиная с 1892 года Пуанкаре постепенно изменяет своё отношение к детерминизму Лапласа. Рассчитывая орбиты планет с учётом их взаимодействия Пуанкаре обнаружил, что некоторые детерминированные механические системы, подчиняясь уравнениям Гамильтона, могут вести себя непредсказуемо. Эти системы следовало отличать от привычных линейных систем. В линейной системе близко расположенные точки фазового пространства остаются близкими в процессе эволюции системы. Такие системы предсказуемы: начальное измерение содержит информацию, которой можно воспользоваться для прогноза будущего поведения системы. Но большинство систем нелинейны: сколь угодно близко расположенные точки в фазовом пространстве расходятся в процессе эволюции. В 1903 г. Пуанкаре пишет:



«Совершенно ничтожная причина, ускользающая от нас по своей малости, вызывает значительное действие, которое мы не можем предусмотреть. Может случиться, что малые различия в начальных условиях вызовут очень большие различия в конечном явлении. Предсказание становится невозможным, и мы имеем дело с явлением, которое развивается по воле случая».

## Поведение динамической системы предопределено, но непредсказуемо.



29

Изучая стабильность солнечной системы Пуанкаре обнаружил весьма важное обстоятельство. Он назвал его «теоремой возвращения». Эта теорема утверждает, что система из материальных точек, обладающих массами и движущихся по законам механики Ньютона, через некоторое время обязательно должна вернуться в состояние, весьма близкое к первоначальному. Эта теорема справедлива для многих дифференциальных уравнений, решения которых представляют собой квазипериодически повторяющиеся траектории. Теорема, однако, ничего не говорит о характере траектории таких динамических систем. Пуанкаре, вероятно, напряжённо размышлял о таких странных и запутанных траекториях. Заключительный том «Новых методов небесной механики» Пуанкаре вышел в свет в 1899 году. В нем Пуанкаре пишет:

*«Фигуру, образованную бесконечно многими пересечениями, причём сами пересечения формируют своего рода решётку, ткань или сетку с бесконечно малыми ячейками, через каждую из которых проходит кривая, изогнутая столь сложным образом, чтобы не пересечь саму себя».*



Пуанкаре не дал графических примеров. Он просто отметил в конце книги, что эта картинка слишком сложна, чтобы её нарисовать. И он добавил, что во многих случаях нет никаких шансов предсказать следующий поворот кривой, если только не провести расчёт её траектории с самого начала. Иногда и этого оказывалось мало. Расчёты динамических траекторий часто оказывались столь чувствительны к начальным условиям, что точные предсказания становились практически невозможными. Таким образом, траектории кривых Пуанкаре, будучи полностью предопределёнными, оказывались непредсказуемыми. Пуанкаре вплотную подошёл к области между порядком и хаосом, но черту все-таки не переступил, хотя оставил множество оговорок.

В середине XX века в известных лекциях по физике Ричард Фейнман пишет:





«Обычно думают, что индетерминизм — это особенность квантовой механики. Но аналогичные представления следуют из классических законов. Конечно, с точки зрения классики, узнав местоположение и скорость всех частиц в мире, можно точно предсказать, что будет дальше. В этом смысле классический мир детерминирован. Но представьте теперь, что наша точность ограничена и что мы не знаем точно положение только одного из атомов; знаем, скажем, его с ошибкой в одну миллиардную. Тогда, если он столкнётся с другим атомом, неопределённость в знании его координат после столкновения возрастёт. Следующее столкновение ещё сильнее увеличит ошибку. Так что если сначала ошибка и была еле заметной, то все равно вскоре она вырастает до огромнейшей неопределённости. Правильнее будет сказать, что для данной точности (сколь угодно большой, но конечной) можно всегда указать такой большой промежуток времени, что для него становится невозможным сделать предсказания. И этот промежуток (в этом вся соль) не так уж велик».

Американское издание фейнмановских лекций вышло в 1963 г. В том же году в «*Journal of the Atmospheric Sciences*» появилась статья американского метеоролога Эдварда Нортон Лоренца, положившая начало новому направлению в естествознании — исследованию хаоса в детерминированных системах. Лоренц столкнулся с чрезвычайно необычным объектом — «странным аттрактором». Но Лоренц был готов к такому столкновению. Он смог рассмотреть некий точный порядок, выдающий себя за случайность. Джулиан Клинтон Спротт в своей книге «Элегантный хаос» пишет:



«Когда в 1959 году Эд Лоренц обнаружил хаос в простой системе обыкновенных уравнений, он открыл миру новую область... Сам факт наличия у простых уравнений невероятно сложных решений продолжает удивлять учёных и даёт на-

*жду, что явления, которые раньше считались слишком сложными для понимания, можно свести к очень простым и понятным уравнениям».*

Странный аттрактор, описанный Лоренцем, занимает ограниченное пространство. Образующая его траектория предопределена настолько строго, что, будучи бесконечной, никогда не пересекает себя. Геометрическая интерпретация этого феномена нетривиальна: очень непросто слить две поверхности, если каждая содержит спираль, и траектории не стыкуются. Лоренц предложил решение: когда спирали начинают соединяться, поверхности должны делиться, образуя отдельные слои, словно слоёный пирог. Лоренц писал:

*«мы видим, что каждая поверхность состоит на самом деле из двух поверхностей, так что, когда они сходятся, появляется уже четыре, затем возникает восемь поверхностей и далее так, что в итоге образуется бесконечное множество поверхностей, каждая из которых находится чрезвычайно близко к одной из двух соединяющихся поверхностей».*



Такую чувствительность динамической системы к начальным и внешним условиям создаёт возможность для регулярного хаоса. Вообще-то хаосу присуще нерегулярность и непредсказуемость. Однако, существует такой специальный режим функционирования динамических систем, в котором поведение системы предопределено, но не предсказуемо. Это так называемый регулярный или динамический хаос.

Динамический хаос ассоциируется с наличием странных аттракторов — распределённых в пространстве центров притяжения траекторий динамической системы. Попав в область странного аттрактора близкие траектории демонстрируют быстрое «разбегание» при том, что динамическая система не распространяется в пространстве, а скорее стягивается в область странного аттрактора. При этом в пределах странного аттрактора фрагменты динамической системы со временем «перемешиваются» и «распыляются» по всей области странного аттрактора. Происходит своего рода стирание памяти о начальном состоянии системы. Об-

ратной стороной этого процесса является невозможность предсказания поведения системы в будущем, в силу сверхчувствительной зависимости режима к сколь угодно малым отклонениям начальных условий. Именно это ведёт к потере предсказуемости. Поэтому динамическая система, будучи полностью предопределённой, ведёт себя непредсказуемо. Это и есть элегантный хаос. С его появлением представления о мире радикально изменились. В фильме «Матрица» Морфеус обращается к Нео со словами:



*«Это твой последний шанс. После этого пути назад не будет. Примешь голубую таблетку — и конец истории. Ты просыпаешься в своей постели и веришь в то, во что хочешь верить. Примешь красную таблетку — и остаёшься в Стране Чудес, и я показываю тебе, насколько глубоко уходит кроличья нора. Помни: все, что я предлагаю, — это правда. Ничего больше».*



**Элегантный хаос — это красная таблетка.**

Когда в 1959 году Эд Лоренц обнаружил хаос в простой метеорологической модели, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями, он открыл нам глаза. И в этом случае как нельзя кстати слова Артура Эддингтона:

*«После того, как наши глаза открылись, мы можем перейти к новому взгляду на мир, но мы никогда не можем вернуться к старому взгляду».*



Изменились представления о хаосе.

Выражение «эффект бабочки» стало символом новых представлений о хаосе. Это название произошло из научного доклада Лоренца, который он сделал на заседании Американской ассоциации содействия развитию науки в 1972 году. Доклад назывался «Прогнозируемость: может ли взмах крыльев бабочки в Бразилии вызвать смерч в Техасе?». Лоренц никогда не ставил это название себе в заслугу. Он говорил, что его предложил один из организаторов конференции, поскольку Лоренц позабыл указать название своего доклада. Более того, Лоренц использовал в качестве метафоры агента перемен «крылья чайки», или «крылья мотылька»:

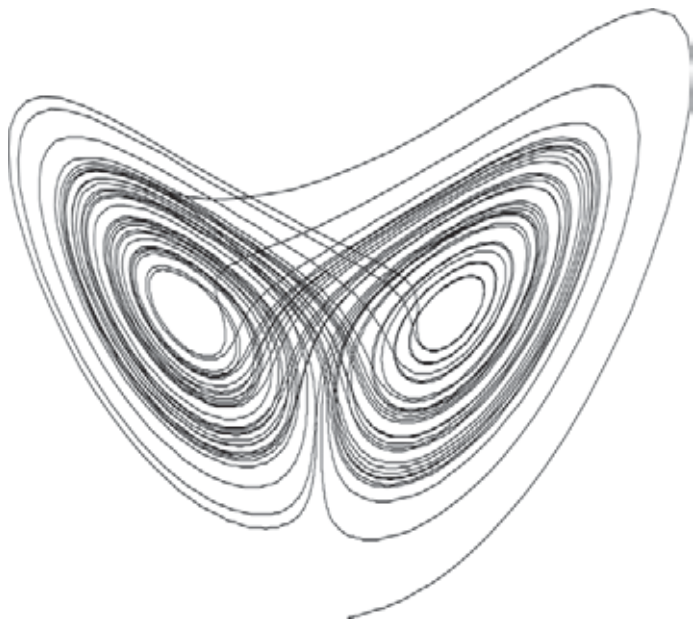
*«... сегодняшнее трепетание крыльев мотылька в Пекине через месяц может вызвать ураган в Нью-Йорке...».*



Однако прижился именно термин «эффект бабочки». Быть может отчасти потому, что в статье Лоренца на страницах «Метеорологического журнала» появилось что-то похожее на два крыла бабочки или на двойную спираль в трёхмерном пространстве. И эта форма свидетельствовала о полной непредсказуемости, поскольку ни одна из точек или их комбинаций не повторялась.

**Это изображение, напоминающее маску совы или крылья бабочки, стало эмблемой первых исследователей хаоса.**





Символическое выражение «эффект бабочки» указывало на самую главную ассоциацию — чувствительную зависимость поведения динамической системы к мельчайшим деталям. Зависимость эту превосходно иллюстрирует старинный стишок:

*«Не было гвоздя — подкова пропала,  
Не было подковы — лошадь захромала,  
Лошадь захромала — командир убит,  
Конница разбита, армия бежит,  
Враг вступает в город, пленных не щадя,  
Оттого что в кузнице не было гвоздя».*

Это знаменитый перевод С. Я. Маршака популярного стишка, опубликованного в «Альманахе Бедного Ричарда», который выпускал Бенджамин Франклин, в 1758 году. Его каноническая версия звучит так:

*«Из-за отсутствия гвоздя была потеряна подкова,  
Из-за отсутствия подковы была потеряна лошадь,*

*Из-за отсутствия лошади был потерян всадник,  
Из-за отсутствия всадника была проиграна битва,  
Из-за проигранной битвы было потеряно королевство».*

На самом деле, конечно, гвоздь или был, или его не было. Но бедный Ричард говорит нам, что если бы гвоздь не потерялся, то и королевство не было бы потеряно. Жизнь учит, что цепь событий может иметь критическую точку, в которой небольшие изменения приобретают особую значимость. В рассказе Рея Брэдбери «И грянул гром» (1952) охотники за крупной дичью, путешествующие во времени, случайно убивают бабочку:

*«Бабочка лежала в грязи, поблёскивая зелёным, золотым и чёрным цветами, очень красивая и мёртвая. Это экзотическое создание упало на пол — то крошечное существо, которое может нарушить равновесие и развалить выстроенную из маленьких костей домино линию, а затем и из больших костей, а затем гигантских домино, и влияние это может проявляться долгие годы и во все времена».*



Будущее становится другим. Последствия смерти бабочки несёт за собой через поколения череду пропавших мышей, лис и львов, а также

*«... все виды насекомых, стервятников, бесконечные миллиарды форм жизни погружаются в хаос, идёт их уничтожение... Наступишь на мышшь — и оставляешь отпечаток, подобный Большому Каньону, по всей Вечности. Королева Елизавета могла не родиться, Вашингтон мог никогда не перейти Делавэр и вообще могло не быть никаких Соединённых Штатов Америки. Поэтому будь осторожен. Оставайся на Тропе. Никогда с неё не сходи!»*



Не нужно говорить, что кто-то все-таки сходит с тропы и оставляют след. Ещё Лаплас утверждал, что можно рассчитать продвижение «импульса» от взмаха рук, его распростра-

нение и даже изменение, которое он вызовет вызванное в состоянии атмосферы в далёком будущем. Через двадцать лет после Лапласа Эдгар Аллан По писал, что простое движение наших рук может повлиять на атмосферу, окружающую всю планету. По сравнению со взмахом рук исчезновение бабочки — это апокалипсическое событие.

Суть метафоры такова. Невозможно учесть каждый взмах крыла каждой бабочки на Земле. Но даже самые мелкие погрешности быстро перерастают в огромные различия. В результате, несмотря на то что погода обусловлена, она кажется случайной, потому что невозможно все знать про бабочек.

Мы оказались в мире, где бабочки взмахивают крыльями. Мир, в котором нет взмаха крыльев бабочек, мы никогда не сможем вернуть.

Динамический хаос — это название, данное механизму, который допускает такой быстрый рост неточности в наших расчётах, что реальный результат легко соскакивает с верного прогноза. Неточность из-за ошибок в наблюдениях или в расчётах порождает неопределённость. Неточность — характерная черта прогнозов погоды.

Со времён Ньютона физики были астрономами и метеорологами. Несмотря на все усилия, прогнозы погоды остаются ненадёжными по прошествии почти двух столетий. Это происходит из-за того, что мы упускаем мелкие детали в сегодняшней погоде, которые затем оказывают серьёзное влияние на завтрашнюю погоду. Ещё в 1874 году физик Джеймс Клерк Максвелл заметил, что ощущение пропорциональности склонно сопровождать успех в науке:

*«Правда, что небольшие вариации в изначальных условиях дают только небольшие вариации в конечном состоянии системы. Во множестве физических явлений это условие соблюдается; но есть и другие случаи, при которых небольшая изначальная вариация может дать очень большое изменение в конечном состоянии системы, как когда смещение железнодорожных стрелок приводит к столкновению поездов вместо того, чтобы каждый из них шёл своим правильным курсом».*



В 1785 году Роберт Бернс написал стишок «К полевой мыши, чьё гнездо я разорил своим плугом». Вот он:

*«Ах, мышка, ты не одинока,  
В приготовленьях нету прока:  
Прекрасный план по воле рока  
Не преуспеет,  
А мыши, люди — все до срока  
Мечты лелеют.  
Но мыслю: жизнь твоя счастлива!  
Насущным занят хлопотливо;  
А мне из прошлого глумливо*





Газета «Таймс» пишет:

*«На следующий день после урагана в день рождения Бернса. Министры обещают помощь после того, как по югу страны ударили порывы ветра скоростью 110 миль в час.*

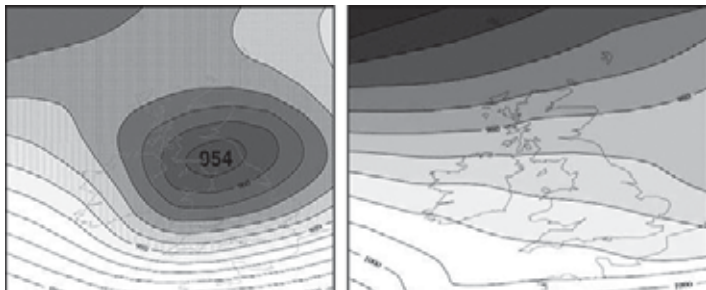
*Разрушительные ветры убивают 38 человек. Автомобильные дороги заблокированы, Лондон встал»*

*Звучат укоры,  
И в тень грядущих бед пугливо  
Вперяю взоры».*

В стихотворении Бернса воздаётся хвала полевой мышке за её умение жить в настоящем и только настоящим. Она не знает боли неудовлетворённых ожиданий или страха перед неуверенностью в том, что ещё должно случиться. Бернс писал в XVIII веке. Но и сегодня ничего не изменилось.

Метеорологи каждый день стараются предсказать вероятную погоду на завтра. Иногда это срывается. 25 января 1990 года праздновалась годовщина со дня рождения Бернса. В этот день по Северной Европе пронёсся ураган, захвативший и Британские острова. Он принёс значительные разрушения и унёс человеческие жизни. Наиболее сильные порывы ветра наблюдались над родным городом Бернса в Шотландии, и поэтому ураган назвали «Ураганом в День рождения Бернса».

В Северной Европе погибло девяносто семь человек, примерно половина из них в Великобритании. Это самые большие потери, если брать любой шторм за последние десятилетия. Были вырваны с корнем или упали около 3 млн. деревьев, страховые выплаты в целом достигли 2 млрд. фунтов стерлин-



Современная метеорологическая карта, показывающая ураган в день рождения Бернса, представленный через метеорологическую модель (рис. справа), и прогноз на два дня вперёд на то же время, на котором показан вполне хороший день (рис. слева).

FC + 48 h — прогноз + 48 ч

(Leonard A. Smith. CHAOS. A Very Short Introduction. Oxford University Press)

гов. Тем не менее, ураган в День рождения Бернса не включён в список известных ошибок в прогнозах погоды: метеорологическая служба его предсказала заблаговременно.

Ранним утром 24 января 1990 года два корабля, находившиеся в центре Атлантического океана, отправили результаты обычных наблюдений с мест, которые вскоре накроет шторм. Эти наблюдения ввели в прогностические модели и был выдан точный прогноз — шторм неизбежен. Ураган в День рождения Бернса ударил в дневное время, и если бы не было предупреждения, погибло бы значительно больше людей. Впоследствии эти модели проверили ещё раз, но исключили из моделирования «случайные» наблюдения двух кораблей в Атлантическом океане. При этом модели предсказали более слабый шторм и не в том месте. Так что в данном случае мы имеем пример, когда несколько наблюдений, если бы они не были сделаны, изменили бы прогноз и, следовательно, ход событий.

В отличие от «урагана в День рождения Бернса», прогноз Большого Шторма 1987 года был менее удачным. Тогда людям сказали, что не нужно беспокоиться из-за слухов, идущих из Франции, о том, что ураган вот-вот ударит по Англии. Но он ударил со скоростью свыше 100 миль в час. Это привело к жертвам, которых можно было избежать.

Эффект бабочки противопоставляет различные миры: один мир со взмахом крыльев бабочки и другой мир без этого взмаха. Эффект Бернса сосредотачивает внимание

на наблюдениях и предсказаниях в мире со взмахом крыльев бабочки. Даже самая близкая к реальности модель реальности, если она чувствительна к исходным условиям, сильно зависит от исходных данных. При этом в самом процессе выбора и сбора исходных данных присутствует та степень случайности, которая достаточна для получения ошибочных предсказаний. Когда наши модели хаотические, то малые изменения в наших наблюдениях могут привести к серьёзным последствиям в качестве нашего предвидения. Эффект Бернса говорит именно об этом.



**Даже детерминированная система может быть непредсказуемой.**



## **ГЛАВА 2. РЕГУЛЯРНЫЙ ХАОС**

**Чёрт в сапогах  
и чернильное пятно**

**Фазовый портрет**

**Динамическая система**

**Странный аттрактор**

**Фрактал – «царапина  
на поверхности всего»**

**Динамический хаос**

## ЧЁРТ В САПОГАХ И ЧЕРНИЛЬНОЕ ПЯТНО

**Ч**ернильница, брошенная в чёрта, была тяжёлая, литого йенского стекла, и она разлетелась вдребезги. На облупленной стене Вартбургского замка осталась чернильная клякса. В этом замке Лютер скрывался от папистов и переводил Святое Писание на немецкий язык. Отрываясь от работы, Лютер всматривался в окрестные холмы и леса, словно хотел увидеть «сквозь них» божественное мироустройство. Но в этих пространствах взгляду не за что было зацепиться. Даже тончайшей паутинки не удавалось ему разглядеть. Страх пустоты лишал Лютера сна. Сон приходилось замещать молитвой. В состоянии полусна, сидя однажды у окна своей комнаты, Лютер увидел в саду напротив чёрного борова в окружении блуждающих огней. Огни в темноте будируют хаос. Предчувствие неустойчивости обостряет чувства.

И вот едва различимый скрип ступеней на лестнице перешёл в скрежет, где-то с грохотом опрокинулось ведро. Распахнулась дверь, и на пороге комнаты Лютера появился господин в сапогах. Голенница сапог были похожи на сморщенную гармошку. Улыбка — глумливая. Взгляд нахальный и даже дерзкий. Вместо руки с пальцами — лапа с когтями, как у хищной птицы. По этой-то примете Лютер и распознал чёрта. А распознав, открыл Лютер Книгу и прочел по ней вслух: «Семя жены сотрёт главу змия». Посетитель, раздосадованный таким оборотом дел, схватил бутылку с чернилами и швырнул её в Лютера — да об стену. Так описал эту встречу Ганс Дейзингер из Нюрнберга в 1602 году, через семьдесят лет после случившегося.

Впоследствии та же история будет рассказываться иначе. Лютер бросит чернильницу в чёрта. Такая инверсия имеет

объяснение. На современном техническом языке встреча Лютера с чёртом есть точка бифуркации, точка раздвоения. Система столь неустойчива, что ничтожное возмущение, малейшее сомнение, мысленный сдвиг могут сместить её к одной или другой модели поведения. Чёрт был дерзок как Лютер, Лютер был зол как чёрт. Лютер и чёрт, чёрт и Лютер в этот момент явили собой две стороны одной медали — чернильной кляксы на облупленной стене замка. Клякса стала знаком, стимулирующим воображение. Воображение необычайно объёмно. Оно может представить в один и тот же момент Лютера, бросившего чернильницу в чёрта, и чёрта, запустившего чернильницу в Лютера. Благодаря воображению след от чернильницы на стене появится одновременно в совершенно разных местах.

По меньшей мере, с конца XVII века чернильное пятно замечено также в комнате Лютера в Виттенберге. Здесь Лютер преподавал в университете, и 31 октября 1517 года он вывесил у дверей дворцовой церкви свои «95 тезисов», и здесь же он был погребён в 1546 году. Потом чернильное пятно появилось в крепости Фесте баварского города Кобург, ставшей для Лютера убежищем в 1530 году. Здесь Лютер редактировал составленное Филиппом Меланхтоном «Аугсбургское исповедание» и заочно участвовал в Аугсбургском рейхстаге Священной Римской империи. Так, благодаря силе воображения, в Вартбурге, в Виттенберге и Кобурге нашлись комнаты, на стенах которых были обнаружены пятна от чернильницы, пущенной Лютером в чёрта или чёртом в Лютера. Нет сомнений, ничто не мешало чёрту встретить Лютера в любом из этих мест.

На современном языке все три события — фрагменты одной фазовой траектории динамической системы. Эта траектория состоит из фиксированных фрагментов, разбросанных вокруг реальных событий по нормальному закону. Фрагменты могут привлечь внимание.

Уже в XVII веке пятна в комнатах Лютера стали туристскими достопримечательностями. В 1716 году Пётр I, посетивший Виттенберг, был приглашён посмотреть на чернильное пятно Лютера. Пётр всматривался в пятно, слюнил палец, тёр кляксу, пробовал на язык, нюхал и, по-солдатски сплюнув, заключил: «Это шарлатанство, герр комендант: чернила новёхонькие, химические». Оберкомендант сконфузился и не нашёлся, что ответить. А объяснение этому самое простое.



*В ВАРТБУРГЕ, ВИТТЕНБЕРГЕ И КОБУРГЕ  
НАШЛИСЬ КОМНАТЫ, НА СТЕНАХ КОТОРЫХ  
БЫЛИ ОБНАРУЖЕНЫ ПЯТНА ОТ ЧЕРНИЛЬНИЦЫ,  
ПУЩЕННОЙ ЛЮТЕРОМ В ЧЁРТА  
ИЛИ ЧЁРТОМ В ЛЮТЕРА*

Черти есть всегда и везде. Нет ничего удивительного, что один из них приставлен хранителем чернильных пятен на стенах в комнатах Лютера. Оттого чернила не выцветают и по сей день. Чернила эти никогда не выцветали.

И в тот день, когда Лев Толстой посетил комнату Лютера в Вартбурге, чернильное пятно было отлично видно на стене. После беглого его осмотра Лев Николаевич долго и пристально вглядывался в саксонский пейзаж и высказал нечто дерзкое о Боге и о народе, что, впрочем, зритель предпочёл сразу забыть. Жаль только, не было никакой возможности вывести запись в гостевой книге — «граф Лев Толстой». Так чернильное пятно на стене комнаты Лютера обрело имажинативную плоть, возбуждало воображение людей, причём людей далеко не последних. Эта чернильная клякса на стене служила центром притяжения к идеям Лютера. Верой, одной верой и только верой спасается человек. Эту благую весть Лютера понял и принял Толстой. Он, как и Лютер, отверг дела, даже самые благие и самые славные. Опору человеку даёт вера, и только вера. Лютер обнаружил пристанище неверия там, где люди в течение столетий видели самый могучий и надёжный оплот веры, — в католической церкви.

А через триста пятьдесят лет после Лютера в «Легенде о великом инквизиторе» Достоевский повторит Лютерову истину: католическая церковь была не с Христом, а с Его вечным врагом. И если «правда» — то, как всё должно быть, — в Христе, то истина — то, как всё есть, — может обойтись и без Христа. И это с арифметической обязательностью доказывает явление чёрта Ивану Фёдоровичу Карамазову. Чёрт этот всё-таки отличался, и довольно сильно, от того, который являлся Лютеру. Это был господин лет уже немолодых, с проседью в волосах и с острой бородкой. Одет он был от лучшего портного, но по моде вчерашнего дня. Сапоги он носил по большей части для эпатажа. Впрочем, видно, что пошиты они были из хорошей тонкой кожи со сморщенными голенищами. Он не то, чтобы добродушен, но учтив и всегда готов услужить. Быть может, он и был только что галлюцинацией, но когда Иван Фёдорович запустил в него стакан чаю, чёрт куда-то растворился, вскочил с дивана, смахивая пальцами с себя брызги чая и воскликнул: «Ах, это же глупо, наконец! Вспомнил Лютерову чернильницу! Сам же меня считает за сон и кидается стаканами в сон! Это по-женски! А ведь я так и подозревал, что ты делал только вид, что заткнул свои уши, а ты слушал...»

И ведь было что слушать. Чёрт был натурально философ. Чего только стоило его откровение о любви к земному реализму. Дескать, реалист он, а между тем не материалист. Дескать, фантазмы адские изрядно его утомили, устал чёрт от фантастического. И временами, переселяясь на землю, не может чёрт отказать себе в удовольствии насладиться строем человеческой мысли: тут формула, тут геометрия, а по ту сторону, на том свете, — всё какие-то неопределённые адские протуберанцы, спикеры и флоккулы. Чёрт был довольно осведомлён о современном состоянии естественных наук, хоть и был в сапогах. Знал он не только об атомах. Атомы-то и в древнем мире были. Знал он про «химическую молекулу», про «протоплазму», про восемь минут, которые идёт луч света от Солнца до Земли, и чёрт знает что ещё — не меньше выпускника Санкт-Петербургского университета. Так мог заключить Иван Фёдорович на том основании, что сам закончил естественный факультет Московского университета, а чёрт в сапогах имел знания похожие, но несколько отличные. Высказывания чёрта выдавали



ясный геометрический петербургский строй мысли, отличный от алгебраического нелинейного московского уклада мышления. У чёрта сводило ногу при попытке представить себя мнимым иксом в неопределённом алгебраическом уравнении. Иван Фёдорович же затруднялся свести идеи Лобачевского к треугольнику из трёх перпендикулярных друг другу линий. Тем не менее, оба соглашались в том, что представления Евклида о трёх измерениях пространства не заслуживают полного доверия. Ведь никто никогда не видел, что происходит с параллельными линиями в бесконечности. Для этого потребовалось бы прогуляться в эту самую бесконечность и вернуться обратно. Но это и чёрту не под силу. Иван Фёдорович с математической строгостью доказывал, что

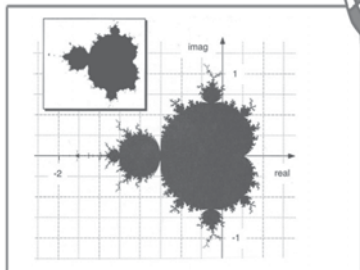
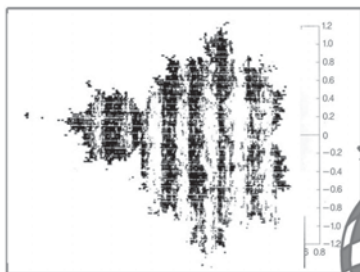
*«если есть бесконечность, а она есть несомненно, то есть Бог и мир другой, на иных законах, чем реальный мир».*



Единственное по его теории выходило, что мир этот где-то далеко. Чёрт с этим решительно не соглашался и трактовал «актуальную» бесконечность как множество бесконечно малых отрезков у нас перед самым носом. Это, мол, такие отрезки, которые, с одной стороны, имеют бесконечно малую длину а с другой стороны, их бесконечное суммирование даёт конечное число. Эти отрезки отказывался признать древнегреческий философ Зенон. Но совсем недавно немецкий математик, создатель теории множеств Георг Кантор построил из них так называемую шкалу трансфинитных чисел, которая представлялась ему своего рода лестницей к Богу. На этих высотах духа его не могли смутить парадоксы, ведь речь шла о божественной логике. Для человеческого же ума, пытающегося схватить эту божественную бесконечность, неизбежно было впадать в противоречия. Курьёзы теории множеств привели — и совсем скоро — к геометрии таких структур, как фракталы.

**Стоит ли удивляться, что символом фрактальной геометрии стало нечто, напоминающее чернильное пятно, — фрактал Мандельброта.**





ПЕРВАЯ  
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ  
МНОЖЕСТВА  
МАНДЕЛЬБРОТА

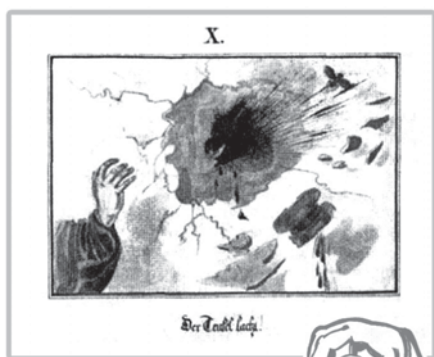
По признанию Бенуа Мандельброта, он был озадачен той чертовщиной, которая творилась 1 марта 1980 года при выводе на печать окончательного варианта расчёта границ связанных множеств Жюлиа. На листе появлялось нечто напоминающее кляксу, поставленную нерадивым школяром. Попытки улучшить качество расчётов ничего не давали. Контуры границ, вместо того, чтобы становиться всё определённое, всё более размывались. При дальнейшем увеличении точности вычислений контуры границ становились ещё более размытыми. Словно в издѣвку между двумя любыми чёрными точками на границе «кляксы» вдруг и всегда возникали пробелы. Увеличение масштаба погружало в мир пугающего разнообразия. Появлялись всё новые изгибы границы, которые приблизительно повторяли предыдущие формы, но всегда с некоторым искажением. По мере увеличения масштаба многие пятна на границе «кляксы» обнаруживали сложные структуры — винтовые завитки, усики и спирали; круги, усыпанные колючими шипами, завивающиеся наружу, молекулы, висящие, словно виноградины на лозе. В складках этой формы скрывалось ровно столько дьяволов, сколько ангелов ютились на кончиках её игл. Герман Уэлл писал о фрактале Мандельброта:

*«ангел геометрии и дьявол алгебры вместе вышли на сцену, оттеняя сложность друг друга».*



Это возвращает нас к старой аксиоме, что чёрт есть тот же ангел, только падший. Впрочем, если и был когда чёрт ангелом, то так давно, что не грешно и забыть. Пути их разошлись столь далеко, что истёрлась всякая память об их общем прошлом. У одного жизнь — есть вера без сомнений, один бесконечный молебен. Оно, конечно, свято, но скучновато. У другого — одна деятельная суета, здравый смысл, корысть и расчёт. Оно, быть может, и рационально, но абсолютно бессмысленно. А волшебство — вся окружающая нас действительность — играет на обеих сторонах сразу. Ангельское служение или чёртова служба — любой и каждый поступок — сотрясают миры и побуждают их к обратному действию. И этой петлёй обратного влияния связаны чистый случай и строгое предназначение так, что и отделить их друг от друга нет никакой возможности. Порядок встроен в хаос, хаос — в порядок. События, не успев ещё случиться, оказываются в поле их же собственных интерпретаций. В череде интенсивных комбинаций и рекомбинаций трактовок появляется захватывающая дух идея. Она вызывает ответный поступок или стимулирующие поступок галлюцинации. Массовые галлюцинации производятся в виртуальной реальности.

Например, чёрт в сапогах, сходящий с плазменного экрана, — всё тот же чёрт, но в ином, новом обличье. Теперь он носит «Prada» и сапоги «a la Camouflage». На среднем пальце правой руки его, непременно, массивный перстень с опалом. Часов у него может и не быть, но черепаховый лорнет на чёрной ленте всегда при нём, чтобы всматриваться в детали. И он всегда и во всём немного отстаёт — хоть на один показ мод, хоть на одну революцию. Таков его принцип. Он, как и прежде, привержен простому здравому смыслу. Ему, как и прежде, введено в обязанность губить тысячи, чтобы спастись один. Сегодня он искажает истину, скрывая её символическую природу. В любой популярной интерпретации, под предлогом замены формул и символов словами, он исполняет свою задачу — сместить фокус внимания от фантастики к фантазму, запятнать фрактал кляксой и свести понятие «странный аттрактор» к каламбуру, мол, странный аттрактор странен



ПОЛЬ-ЛУИ КУРЬЕ  
1772—1825

«ЧЕРТ СМЕЕТСЯ!»  
РИСУНОК  
БЕРНХАРДА ФОН  
АРНСВАЛЬДА  
1837



только для странника. Чёрт искренне потешается, оставляя кляксы то здесь, то там.

Стоит напомнить шумный курьёз, случившийся во флорентийской библиотеке 10 ноября 1809 года. Французский эллинист и знаменитый памфлетист Поль-Луи Курье копировал старинный манускрипт с приписываемым древнегреческого писателю Лонгу греческим романом «Дафнис и Хлоя». Он заложил копируемую им страницу, не заметив, что на него протекли чернила. Захлопнув фолиант, Курье придавил растёкшиеся чернила, а через несколько дней было обнаружено чернильное пятно на том самом месте рукописи, где был фрагмент, известный как «magna lacuna» — большая лакуна, отсутствовавший во всех других известных манускриптах этого романа. Если бы не оплошность Курье, флорентийская рукопись могла этот пропуск восполнить. Самое интригующее то, что Курье успел скопировать этот фрагмент. И теперь полный текст романа навсегда связан с именем Курье.

Как это часто случается, «геростратовский» акт Курье, испортившего древний текст «Дафниса и Хлои» чернильным пятном, обеспечил ему рекламу. Испорченные страницы

стали своеобразной достопримечательностью флорентийской библиотеки, привлекая множество любопытствующих.

Символично и то, что чернильное пятно само по себе давно стало символом необратимого торжества беспорядка. Напомним притчу, рассказанную в средневековом мидраше Танхума. В ответ на вопрос о доказательствах существования Бога Рабби Акива, один из законоучителей и основоположников раввинистического иудаизма, показал свиток чудесной каллиграфии и заявил, что этот свиток возник оттого, что он вчера разлил чернила, и чернильная клякса чисто случайно образовала данный текст. Понятно, что ему не поверили и сказали, что свиток исполнил искусный каллиграф.

*«Точно так же, – ответил Акива, – существование сложного прекрасного мира доказывает, что у него есть Творец».*



Сегодня мы всё чаще слышим обратное. Модный эффект самоорганизации состоит, по-видимому, в том, что «чернильное пятно превращается в свиток чудесной каллиграфии». Такое магическое превращение уже стало не просто реальностью, но реальностью осмысленной, математически точно описанной и обозначенной термином «регулярный» или «динамический хаос».