

Содержание

Пролог	11
Глава 1 Эффект бабочки	21
Глава 2 Революция	47
Глава 3 Взлеты и падения жизни	79
Глава 4 Геометрия природы	107
Глава 5 Странные аттракторы	156
Глава 6 Универсальность	199
Глава 7 Экспериментатор	239
Глава 8 Образы хаоса	266
Глава 9 Группа динамических систем	303
Глава 10 Внутренние ритмы	343
Глава 11 Хаос. Что лежит за ним?	374
Послесловие	393
<i>Примечания</i>	401
<i>Благодарности</i>	427

Синтии

*Человеческое — мелодия,
природное — дисгармония...*

Джон Апдайк

Пролог

В 1974 году полицию небольшого городка Лос-Аламос, штат Нью-Мексико, задержали сообщениями, что после наступления темноты по глухим улочкам бродит странный человек¹. Из ночи в ночь огонек его сигареты проплывал в темноте. Не ведая цели, он часами блуждал в свете звезд, легко пронизавшем разреженный горный воздух. Недоумевала не только полиция. Некоторые ученые из Национальной физической лаборатории также удивлялись экспериментам новоиспеченного коллеги с 26-часовыми сутками. Такой распорядок выбивался из расписания всех остальных людей, живущих в нормальном суточном ритме. Даже для группы теоретической физики это граничило с чудачеством.

За тридцать лет, прошедших с тех пор, как Роберт Оппенгеймер выбрал пустынное плато в штате Нью-Мексико для создания центра разработки атомного оружия, Национальная лаборатория в Лос-Аламосе превратилась в крупнейший научный институт, который располагал ускорителями, газовыми лазерами, химическими лабораториями, обеспечивал работой тысячи специалистов: физиков, инженеров, администраторов, а кроме того, стал одним из мировых центров, владеющих самыми мощными компьютерами. Некоторые из старейших сотрудников лаборатории еще помнили деревянные здания, наспех возведенные среди скал в начале 1940-х годов, однако для следующего поколения ученых Лос-Аламоса — молодых муж-

чин и женщин в потертых вельветовых штанах и форменных рубашках — крестные отцы первой атомной бомбы были чем-то вроде привидений. Средоточием “чистой” мысли в лаборатории служил теоретический отдел, или отдел *T* (компьютерная служба и сектор вооружений маркировались соответственно литерами *K* и *X*). Более сотни опытных физиков и математиков трудились в нем на хорошо оплачиваемых позициях, свободных от “академических нагрузок” — преподавания и публикации научных трудов. Эти люди уже имели дело с натурами гениальными и эксцентричными, а потому удивить их было нелегко.

Но Митчелл Фейгенбаум составлял исключение из правил. За всю свою научную карьеру он опубликовал лишь одну статью и продолжал работать над чем-то совершенно бесперспективным. Выглядел он весьма примечательно: открытый лоб, копна густых волос зачесана назад, как у немецких композиторов прошлого века, глаза большие, выразительные. Фейгенбаум изъяснялся скороговоркой, глотая на европейский манер артикли и местоимения, словно не был уроженцем Бруклина. Работал он с маниакальным упорством, но, если дело не спорилось, бросал все и бродил, размышляя, преимущественно ночью. Двадцатичетырехчасовые сутки казались ему слишком короткими. Тем не менее Фейгенбаум был вынужден свернуть свой эксперимент по персональной квазипериодичности, когда понял, что не может больше проспать на закате (а такое при его распорядке дня случалось частенько).

К двадцати девяти годам Фейгенбаум снискал репутацию признанного эксперта, и многие сотрудники лаборатории прибегали к его советам, если, разумеется, ухитрялись застать коллегу на месте. Однажды, придя вечером на работу, Фейгенбаум столкнулся в дверях с директором лаборатории Гарольдом Эгнью. Тот был заметной личностью: ученик самого Оппенгеймера, он находился на борту самолета-наблюдателя, сопровождавшего бомбардировщик *Enola Gay* во время атаки на Хиросиму, и заснял весь процесс доставки первого детища лаборатории к земле.

“Наслышан о ваших талантах, — бросил директор Фейгенбауму. — Почему бы вам не заняться чем-нибудь стоящим? Скажем, термоядерной реакцией, управляемой лазером?”²

Даже друзья Фейгенбаума задавались вопросом, способен ли он оставить свое имя в веках. Человек, шутя разрешавший трудности коллег, казалось, был равнодушен к тому, что сулило славу. Ему, например, нравилось размышлять о турбулентности в жидкостях и газах. Раздумывал он и о свойствах времени: непрерывно оно или дискретно, как чередование сменяющих друг друга кадров киноленты. Еще его занимала способность человеческого глаза отчетливо различать цвет и форму предметов во Вселенной, пребывающей, по мнению физиков, в состоянии квантового хаоса. Он размышлял об облаках, наблюдая за ними с борта самолета, а затем, когда в 1975 году ему урезали финансирование на поездки, с утесов, обступивших лабораторию.

На гористом американском западе облака мало похожи на ту темную бесформенную дымку, что низко стелется над восточным побережьем. Над Лос-Аламосом, лежащим на дне большой вулканической впадины-кальдеры, облака кочуют в беспорядке, но структура их в каком-то смысле упорядоченна. Они принимают формы горных цепей или изрытых глубокими морщинами образований, похожих на поверхность мозга. Перед бурей, когда небеса мерцают и дрожат от зарождающегося в их недрах электричества, эти пропускающие и отражающие свет облака видны за тридцать миль. А весь небесный купол являет взору человеческому грандиозное зрелище, безмолвный укор физикам, которые обходят своим вниманием облака — феномен, хоть и структурированный и доступный наблюдению, но слишком расплывчатый и совершенно непредсказуемый. Вот о подобных вещах и размышлял Фейгенбаум — тихо, незаметно и не очень продуктивно.

Физику ли думать про облака? Его дело — лазеры, тайны кварков, их спин, цвет и аромат, загадки зарождения Вселенной. Облаками же пусть занимаются метеорологи. Эта про-

блема из разряда “очевидных” — так называются на языке физиков-теоретиков задачи, которые опытный специалист способен разрешить путем анализа и вычислений. Решение “неочевидных” проблем приносит исследователю уважение коллег и Нобелевскую премию. Самые сложные загадки, к которым нельзя подступиться без длительного изучения первооснов и главных законов мироздания, ученые именуют “глубокими”. Немногие коллеги Фейгенбаума догадывались о том, что в 1974 году он занимался действительно глубокой проблемой — хаосом.

С началом хаоса заканчивается классическая наука. Изучая природные закономерности, физики почему-то долго пренебрегали хаотическими проявлениями: формированием облаков, турбулентностью в морских течениях, скачками численности популяций растений и животных, колебаниями пиков энцефалограммы мозга или сокращений сердечных мышц. Порождаемые хаосом природные феномены, лишенные регулярности и устойчивости, ученые всегда предпочитали оставлять за рамками своих изысканий.

Однако начиная с 1970-х годов некоторые исследователи в США и Европе начали изучать хаотические явления. Математики, физики, биологи, химики принялись искать связи между различными типами беспорядочного в природе. Физиологи обнаружили присутствие некоего порядка в хаотических сокращениях сердечных мышц, что является основной причиной внезапной и необъяснимой смерти. Экологи исследовали колебания численности популяций шелкопряда. Экономисты раскопали старые биржевые сводки, опробовав на них новые методы анализа рынка ценных бумаг. В результате выяснилось, что обнаруженные закономерности имеют прямое отношение ко множеству других природных явлений — очертаниям облаков, формам разрядов молний, конфигурации сеточек кровеносных сосудов, кластеризации звезд в Галактике.

Когда Митчелл Фейгенбаум приступил к исследованию хаоса, он был одним из немногих энтузиастов, разбросанных

по всему миру и почти незнакомых друг с другом. Математик из Беркли, штат Калифорния, собрал вокруг себя небольшую группу и трудился над созданием теории так называемых динамических систем. Биолог из Принстонского университета начал готовить к публикации проникновенный меморандум с призывом к коллегам заинтересоваться удивительно сложным поведением биологических популяций, наблюдаемым в некоторых простых моделях. Математик, работающий на компанию ИВМ, искал термин для описания семейства новых форм: зубчатых, запутанных, закрученных, расколотых, изломанных, которые, по его мнению, являлись неким организующим началом в природе. Французский специалист по математической физике набрался смелости заявить, что турбулентность в жидкостях, возможно, имеет некоторое отношение к необычному, бесконечно запутанному абстрактному объекту, который он назвал “странным аттрактором”.

Десять лет спустя понятие “хаос” дало название стремительно развивающейся дисциплине, которая перевернула всю современную науку. Хаос стал предметом обсуждения для множества конференций и научных журналов. Ведомства, отвечающие за государственные программы военных исследований, ЦРУ и министерство энергетики выделили крупные суммы на изучение хаоса³. В любом большом университете и в исследовательских лабораториях любых корпораций есть ученые, занятые прежде всего проблемой хаоса, а затем уже своей основной профессиональной областью. В Лос-Аламосе был создан Центр нелинейных исследований для координации работ по изучению хаоса и связанных с ним проблем; подобные учреждения появились также в университетских городках по всей стране.

Хаос вызвал к жизни новые способы использования компьютеров и новые типы графиков, которые способны воспроизводить фантастические и тонкие структуры, лежащие в основе сложности. Новая наука дала миру особый язык и новые понятия: фрактал, бифуркация, перемежаемость, периодич-