

ФИЗ  КА
ФОНДОВОГО
РЫНК 

Краткая история предсказаний
непредсказуемого

ДЖЕЙМС УЭЗЕРОЛЛ

James Weatherall

The Physics of Wall Street

A Brief History of Predicting
the Unpredictable

Houghton Mifflin Harcourt
Boston New York, 2013

Джеймс Уэзеролл

Физика фондового рынка

Краткая история предсказаний
непредсказуемого

Издательство «Манн, Иванов и Фербер»
Москва, 2014

УДК 336.76
ББК 65.264
У97

Издано с разрешения James Owen Weatherall,
c/o The Zoe Pagnamenta Agency, LLC
и Andrew Nurnberg Literary Agency
На русском языке публикуется впервые

Уэзеролл, Дж.

У97 Физика фондового рынка. Краткая история предсказаний непредсказуемого / Джеймс Уэзеролл; пер. с англ. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014. — 295 с.

ISBN 978-5-91657-946-8

Научно-популярная книга о роле физики и математики в мировой финансовой системе. О том, как ученые из этих областей науки продолжили путь к Уолл-стрит, какие математические модели и почему используются для накопления состояний.

УДК 336.76
ББК 65.264

Все права защищены.
Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.
Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая фирма «Вегас-Лекс».

VEGAS LEX

ISBN 978-5-91657-946-8

© James Owen Weatherall, 2013. All rights reserved
© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2013

Оглавление

Введение: О квантах и других демонах	9
Глава 1. Начало начал	19
Глава 2. Против течения	47
Глава 3. От береговых линий до цен на хлопок	75
Глава 4. Победы крупье	107
Глава 5. Физика выходит на улицу	141
Глава 6. Prediction Company	171
Глава 7. Тирания Короля-дракона	203
Глава 8. Новый Манхэттенский проект	229
Эпилог. Дашь физику, математику и деньги!	257
Библиография	283
Благодарности	297
Об авторе	299

Посвящается Кайлин

Введение

О квантах и других демонах

Уоррен Баффет — не лучший специалист по управлению денежными средствами в мире. И Джордж Сорос, и Билл Гросс — тоже. Лучший в мире специалист по управлению денежными средствами — человек, о котором вы, возможно, никогда не слышали — если, конечно, вы не физик. Если же вы физик, то наверняка знаете его имя. Это Джим Саймонс — соавтор замечательного явления в математике, которое называется «трехмерная модель Черна—Саймонса» — одна из самых важных составляющих теории струн. Модель это абстрактная, трудная для понимания, тяжеловесная. Некоторые говорят, что она даже слишком абстрактна и созерцательна. Но именно она сделала Саймонса живой легендой, чье имя произносят вполголоса на отделениях физики не только Гарварда и Принстона.

Саймонс привлекает внимание профессорским видом — седые волосы, борода*. В редких случаях, когда он появляется на публике, Саймонс обычно бывает в мятой рубашке и спортивной куртке — он не признает отутюженных костюмов и галстуков, которые носит большинство элитарных трейдеров. Его вклад в физику и математику скорее сугубо теоретический. В центре его внимания — классификация

* Саймонс отказался давать интервью для этой книги. Материалы о Саймонсе и истории Renaissance подобраны из разных источников, включая работы Пельца (2008 г.), Грира (1996 г.), статьи в журнале «Seed» (2006 г.), работы Цукермана (2005 г.), Люкса (2000 г.) и Паттерсона (2010 г.). Саймонс необычайно многословен (по сравнению с его обычной сдержанностью), рассказывая о том, как он стал математиком, а затем — как он перешел от математики и физики к финансам (публичная лекция, прочитанная им в 2010 г. в МТИ; в работе 2009 г. он описывает свой вклад в математическую физику и геометрию. [Здесь и далее, если не отмечено отдельно, примечания автора. Автор ссылается на работы из списка литературы в конце книги. *Прим. ред.*]

признаков сложных геометрических форм. Его трудно назвать ученым, работающим с конкретными числами: как только вы достигаете уровня абстрактного мышления Саймонса, числа и все остальное, что являет собой математика в ее традиционном понимании, превращается в далекие воспоминания. Он явно не тот человек, который сломя голову бросается в бурлящие воды управления хедж-фондами.

Но тем не менее совершенно неожиданно он основал чрезвычайно успешную инвестиционную компанию — Renaissance Technologies. В 1988 году Саймонс вместе с еще одним математиком, Джеймсом Аксом, создали именной фонд Renaissance. Назвали они его Medallion* в честь престижных премий, которые вручаются за заслуги в области математики и которые Акс и Саймонс получали в 1960–1970-е годы. В последующее десятилетие фонд получил беспрецедентный доход в 2478,6%, оставив далеко позади все остальные хедж-фонды мира**. Чтобы пояснить, насколько это результат выдающийся, напомним, что доход Фонда Quantum Джорджа Сороса, занимавшего в то время второе место среди наиболее успешных фондов, составил 1710,1%. Успех сопутствовал Medallion и в следующее десятилетие — в целом за время существования фонда его доходы составляли почти 40% годовых после оплаты комиссионных и иных сборов, размер которых вдвое превышал средний показатель по отрасли. (Сравните с Berkshire Hathaway, доход которой с момента, когда в 1967 году Баффет превратил ее в инвестиционную компанию, и до 2010 года включительно составлял в среднем 20%***. Сегодня Саймонс — один из самых богатых людей в мире. Согласно рейтингу Forbes, в 2011 году его чистые активы составляли 10,6 миллиарда долларов****. Текущий банковский счет Саймонса сопоставим с капиталом некоторых влиятельных инвестиционных компаний.

Штат сотрудников Renaissance — около двухсот человек, работающих в основном в головном офисе компании в городке Ист-Сетокет, напоминающем крепость. Треть из них имеет докторскую степень — и не в сфере финансов, а, подобно самому Саймонсу, в физике, мате-

* Акс удостоился Премии Коула в 1967 году, а Саймонс — Премии Веблена в 1976 году.

** Показатели доходов Medallion из работ Люкса (2000 г.) и Цукермана (2005 г.).

*** Эти показатели взяты из годового отчета Berkshire Hathaway за 2010 год (Баффет, 2010 г.). 2010 год — это самый последний год, за который имеются данные.

**** Журнал Forbes (2011 г.).

матике, статистике. По словам математика из Мичиганского технологического института (МТИ) Изадора Зингера, Renaissance — лучшее в мире физико-математическое отделение — и именно поэтому фирма процветает*. Renaissance не берет на работу никого, на ком есть даже малейший «налет Уолл-стрит». Кандидаты с докторской степенью в области финансов могут даже не подавать сюда свои резюме, впрочем, как и трейдеры, начинавшие карьеру в традиционных инвестиционных банках или хедж-фондах. Секрет успеха Саймонса заключается в том, что он избегает профессиональных экспертов в области финансов. И небезосновательно. Как говорят сами эти эксперты, людей, подобных Саймонсу, не должно быть по определению. Условно говоря, он совершил невозможное — предсказал непредсказуемое и сколотил на этом состояние.

Предполагается, что хедж-фонды создают уравновешенные инвестиционные портфели**. Самый простой вариант — купить один актив и одновременно продать другой — своего рода страховой полис. Часто в роли одного из активов выступает так называемый дериватив. Деривативы — это контракты, основанные на обеспечении иного рода. В их качестве могут выступать акции, облигации, товары. Например, один из видов деривативов — так называемый «фьючерсный контракт». Если вы покупаете фьючерсный контракт, например, на поставку зерна, это означает, что вы соглашаетесь купить зерно в определенный установленный момент времени в будущем по цене, установленной сегодня. Стоимость зернового фьючерса зависит от стоимости зерна: если цена на зерно растет, то растет и стоимость ваших зерновых фьючерсов. Но если цены на зерно упадут, вы можете оказаться в проигрыше, поскольку контракт обязывает вас заплатить за зерно больше, чем его рыночная цена. Часто (хотя и не всегда) по истечении срока действия контракта обмен реального зерна на реальные деньги не происходит; вместо этого производится денежный расчет в размере, соответствующем разнице между ценой, которую вы согласились уплатить, и текущей ценой.

* Зингер сделал это замечание во введении к публичной лекции Саймонса в МТИ в 2010 году (Саймонс, 2010 г.).

** Подробнее об истории хедж-фондов и их роли в кризисе 2008 года см. у Маллаби (2010 г.). Историю внутренних механизмов финансовых учреждений вообще см. у Мишкина и Икинса (2009 г.).

В последнее время о деривативах много говорят, преимущественно в негативных тонах. Но деривативы — это порождение не сегодняшнего дня. И не вчерашнего. Деривативы существуют уже не менее четырех тысяч лет, о чем свидетельствуют глиняные таблички, обнаруженные в древней Месопотамии на территории современного Ирака*. На них задокументированы конкретные фьючерсные контракты. Цель фьючерсных контрактов проста: они нивелируют неопределенность. Представьте, что Анумпиша и Намраншарур, два сына Санеддина, — шумерские хлеборобы. Они стоят перед дилеммой, засеять ли им свои поля ячменем или пшеницей. Между тем жрица Илтани знает, что следующей осенью ей понадобится ячмень, но она знает и то, что цены на ячмень могут непредсказуемо колебаться. На основании самой свежей информации, полученной от местного купца, Анумпиша и Намраншарур предлагают Илтани купить фьючерсный контракт на их ячмень; они согласны продать Илтани определенное количество ячменя по заранее согласованной цене после того, как соберут урожай. Таким образом, Анумпиша и Намраншарур могут спокойно сажать ячмень, поскольку уже нашли на него покупателя. Тем временем Илтани знает, что она приобретет достаточное количество ячменя по фиксированной цене. В этом случае дериватив несет в себе определенный риск для продавца, связанный с производством товара, и ограждает покупателя от неожиданного скачка цен. Всегда существует риск того, что сыновья Синеддина не смогут исполнить свои обязательства по поставке зерна, например им помешает засуха или неурожай. В этом случае им, скорее всего, придется купить зерно у кого-либо еще и перепродать его Илтани по заранее согласованной цене.

Хедж-фонды используют деривативы практически таким же образом, как и древние месопотамцы. Купить акции и продать фьючерсы фондового рынка — это как посадить ячмень и продать фьючерсы на него. Фьючерсы — что-то вроде страховки от падения стоимости акций.

Однако хедж-фонды, которые в 2000-е годы вступили в эпоху зрелости, затмили сыновей Синеддина. Этими фондами управляли специалисты по биржевому анализу, которых еще называют квантами. Они представляли собой новый вид элиты Уолл-стрит. У многих из

* Детали ранней истории срочных контрактов взяты у Суона (2000 г.). Имена, используемые в тексте, взяты из настоящих месопотамских табличек.

них были докторские степени в области финансов, они обучились ультрасовременным теориям, знание которых никогда раньше не требовалось для работы на Уолл-стрит. Их же коллеги, получившие образование в таких областях знаний, как математика и физика, оказались «во втором эшелоне». Кванты были вооружены формулами, которые должны были точно сказать, каким образом цены на деривативы соотносятся с ценными бумагами, лежащими в основе этих деривативов. Они пользовались самыми быстрыми, самыми современными компьютерными системами в мире, запрограммированными на расчет возможных рисков, чтобы поддерживать свои портфели идеально уравновешенными. Стратегия этих фондов, казалось, была выверена до мельчайших деталей. Что бы ни случилось, они всегда должны получать пусть небольшую, но прибыль, и практически никогда не допустят значительных убытков. По крайней мере, предполагалось, что фонды будут работать именно таким образом.

Но когда в понедельник 6 августа 2007 года открылись рынки, началось настоящее светопреставление*. Портфели хедж-фондов, сформированные с целью зарабатывания денег, отказались работать. Позиции, которые обязаны были идти вверх, пошли вниз. Станным образом и те позиции, которые должны были идти вверх, если все остальные пойдут вниз, тоже пошли вниз. Практически все основные «квантовые фонды» потерпели тяжелое поражение. Какую бы стратегию они ни пытались использовать, она неожиданно оказывалась уязвимой — будь то акции, облигации, валюта или товары. Миллионы долларов вылетели на ветер.

Один день сменялся другим, а странный кризис только усугублялся. Несмотря на все свои знания, ни один из трейдеров квантовых фондов не понимал, что происходит. К среде 8 августа ситуация стала отчаянной. В этот день один только крупный фонд Morgan Stanley под названием Process Driven Trading потерял 300 миллионов долларов. Другой фонд, Applied Quantitative Research Capital Management, лишился 500 миллионов долларов. Огромный, строго засекреченный

* Рассказ о квантовом кризисе 2007 года, включая указанные ниже цифры, взят из работы Скотта Паттерсона [Издана на русском языке: Кванты. Как волшебники от математики заработали миллиарды и чуть не обрушили фондовый рынок. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. Прим. ред.], из газетных статей за август–сентябрь 2007 года (Паттерсон и Рагхаван, 2007 г.; Лахарт, 2007 г.; Носера, 2007 г.; Аренс, 2007 г.), а также из научного труда на эту тему (Горгон, 2010 г.; Хандани и Ло, 2011 г.).

фонд Goldman Sachs под названием Global Alpha за месяц по состоянию на тот момент ушел в минус на 1,5 миллиарда долларов. А индекс Доу-Джонса между тем поднялся на 150 пунктов, поскольку все акции, против которых ставили квантовые фонды, оживились. Что-то пошло совсем не так.

Рынок продолжало лихорадить до конца недели. Наконец это закончилось за выходные дни, когда Goldman Sachs вбросил новый капитал в 3 миллиарда долларов, чтобы стабилизировать свои фонды. Это помогло остановить кровопролитие, паника стихла как минимум до конца августа. Однако вскоре слухи о потерях дошли до журналистов, специализирующихся на освещении событий в мире бизнеса, и они попытались разобраться в причинах того, что уже начали называть квантовым кризисом. Но даже после того, как помощь Goldman Sachs выправила положение, найти объяснение происходящему было трудно. Управляющие фондами нервничали и надеялись, что безумная «адская неделя» была каким-то стихийным провалом, вихрем, который уже миновал. Многим приходила на ум одна фраза. Еще в XVII веке во время краха рынка в Англии Исаак Ньютон в отчаянии сказал: «Я могу рассчитать движение звезд, но не действия сумасшедших людей»*.

Влача жалкое существование, квантовые фонды ожидали наступления конца года. Но в ноябре и декабре они опять были атакованы августовским призраком. Некоторым из них, хотя далеко не всем, удалось-таки к концу года погасить убытки. В среднем в 2007 году хедж-фонды вернули около 10% — меньше чем для многих других, менее изощренных инвестиций**. А фонд Джима Саймонса Medallion вернул 73,7%***.

Но даже Medallion ощутил на себе «августовскую жару». Когда наступил 2008 год, кванты надеялись на то, что худшее позади. Но это было не так.

* Хотя известно, что Ньютон потерпел определенные убытки в «пузыре» South Seas, эта цитата иногда оспаривается. Похоже, ссылка на источник берет начало в работе Спенсера (1820 г., с. 368).

** Указанные цифры взяты из работы Сурд (2008 г.).

*** Показатели выручки Medallion взяты у Уиллоуби (2008 г.). Стоит отметить, что другой важный фонд Renaissance, Renaissance Institutional Equities Fund, стратегия которого сходна со стратегией других квантовых фондов и который предназначен для значительно более высокой капитализации, чем Medallion Fund, действительно понес убытки около 1% в 2007 году (Страсбург и Бертон, 2008 г.).

Я задумался о написании этой книги осенью 2008 года. В том году экономика США вошла в мертвую петлю — инвестиционные банки с вековой историей Bear Stearns и Lehman Brothers обрушились вместе с рынком. Мое внимание, как и многих других, было приковано к новостям об обвале рынка. В освещении этих событий меня особенно поражало одно: я постоянно сталкивался с тезисом, что физики и математики, которые пришли на Уолл-стрит, навсегда изменили ее. Подтекст этих статей был очевиден: ответственность за коллапс, в котором оказалась Уолл-стрит, лежит на физиках. Они, подобно Икару, поднялись в своем полете слишком высоко и упали. Их крыльями из воска были сложные математические модели, заимствованные из физики, инструменты, обещавшие безграничное благополучие в учебных аудиториях, которые расплавились, столкнувшись с превратностями реалий Уолл-стрит. И теперь все расплачиваются за это.

Как раз в то время я заканчивал диссертацию на соискание степени по физике и математике, и мысль о том, что за обвалом рынка стоят именно физики, меня буквально шокировала. Безусловно, я был знаком с людьми, которые обучались по специальностям «физика» и «математика», а затем стали инвестиционными банкирами. Я слышал рассказы о талантливых студентах, которых переманили из науки на Уолл-стрит обещаниями несметных богатств. Но я также знал и банкиров, которые учились по специальности «философия» и «английская филология».

Полагаю, что физики и математики привлекали инвестиционные банки тем, что хорошо владели логикой и профессионально работали с цифрами. Но я никогда и подумать не мог, что физики могли представлять для кого-либо особый интерес просто потому, что они немного знали физику. Все это было похоже на загадку. Что общего между физиками и финансами?

Ни в одном отчете об обвале рынка ничего не говорилось о том, почему физика или физики стали такими важными персонами для мировой экономики или почему вообще кому-то пришло в голову, что концепции, взятые из физики, могут иметь какое-то отношение к рынкам. Общеизвестна мудрость, пропагандируемая Нассимом Талебом*, автором бестселлера «Черный лебедь. Под знаком

* См. работы Талеба (2004 г., 2007 г.).

непредсказуемости»^{*}, а также некоторыми сторонниками поведенческой экономики, что глупо использовать сложные модели для предсказания поведения рынка. В конце концов, люди, действующие на рынке, — это вам не кварки. Но это как раз и смущало меня. Выходит, тысяча мошенников с калькуляторами в руках одурачила такие банки Уолл-стрит, как Morgan Stanley и Goldman Sachs? Выходило, что беда заключалась в том, что физики и прочие кванты управляли фондами, терпящими миллиардные убытки? Но если все их усилия были так очевидно неразумны, почему им доверяли деньги? Безусловно, что кто-то, смыслящий в бизнесе, был убежден в том, что кванты действительно о чем-то догадывались. Но именно эта часть истории «потерялась» в публикациях прессы. И мне захотелось докопаться до истины.

Я начал «раскопки». Будучи физиком, я полагал: начинать надо с поиска людей, которым первым пришло в голову, что для того, чтобы понять рынки, нужно использовать физику. Я хотел выяснить, какая, по их мнению, существует связь между физикой и финансами. Но мне также хотелось узнать, как эти идеи прижились на практике, каким образом физикам удалось стать силой на Уолл-стрит. История унесла меня из Парижа начала XX века в государственные лаборатории времен Второй мировой войны, от столов Лас-Вегаса для игры в блэкджек в общины радикальных хиппи на Тихоокеанском побережье. В общем, связь между физикой и современной теорией финансов (и экономикой в более широком смысле) оказалась на удивление многогранной.

Эта книга — о физиках в сфере финансов. Недавний кризис составляет часть этой истории, но во многих отношениях — незначительную ее часть. Эта книга не об обвале рынка. Книг на эту тему было написано предостаточно, в том числе и о роли, которую сыграли в этом кванты. Моя книга — о чем-то большем. Она о том, каким образом возникли кванты, как сложные математические модели стали во главе современных финансов. И что еще важнее, это книга о будущем финансов, почему мы должны ориентироваться на новые концепции из физики и смежных областей знаний при решении существующих мировых экономических проблем. Это — история, которая призва-

^{*} Издана на русском языке: Талеб. Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. — М.: Колибри, 2013. *Прим. ред.*

на навсегда изменить наши взгляды на современную экономическую политику.

То, о чем я рассказываю в этой книге, убедило меня — и, надеюсь, убедит вас — в том, что в наших нынешних экономических трудностях виноваты вовсе не физики со своими моделями. Но это и не означает, что в части математического моделирования в сфере финансов все обстоит благополучно. Концепции, которые могли помочь избежать недавнего финансового обвала, сформировались за много лет до кризиса. (Некоторые из них я описываю в этой книге.) Тем не менее немногие банки, хедж-фонды и государственные чиновники подавали признаки того, что готовы прислушаться к физикам, чьи предложения могли бы что-то изменить. Даже самые многоопытные квантовые фонды полагались на технологии первого или второго поколения, в то время как уже были созданы инструменты третьего и четвертого поколения. Если мы собираемся продолжать использовать физику на Уолл-стрит, как использовали ее в течение тридцати последних лет, мы должны чрезвычайно точно улавливать момент, когда инструменты, имеющиеся в нашем распоряжении, начинают не справляться с задачами, которые мы перед ними ставим. Мы должны быстро реагировать на появление новых инструментов, которые смогут помочь нам лучше делать то, что мы делаем сейчас. Если вы думаете о финансовых моделях так, как рекомендовали физики, это совершенно очевидная вещь. В конце концов, финансы не исключение — пристальное внимание к слабым сторонам сложившихся моделей крайне важно во всех прикладных науках. Опасность возникает тогда, когда мы используем концепции из физики, но сами при этом перестаем мыслить как физики.

В Нью-Йорке есть одно учреждение, которое не забыло о своих научных корнях. Это — Renaissance, финансовая компания, которая не берет на работу финансовых экспертов. 2008 год разнес многие банки и фонды в пух и прах. Помимо Bear Stearns и Lehman Brothers закрылись или оказались на краю пропасти страховая гигант AIG, множество хедж-фондов, сотни банков, тяжеловесы из числа квантовых фондов, обладающих миллиардами долларов, такие как Citadel Investment Group. Пострадали даже сторонники традиционного подхода: Berkshire Hathaway понес самые крупные за всю свою историю убытки, составившие 10% балансовой стоимости с каждой акции, —

тогда как стоимость самих акций уменьшилась вдвое*. Но убытки в тот год понесли не все. Фонд Джима Саймонса Medallion заработал 80% даже при том, что финансовый сектор вокруг рухнул**. Должно быть, настоящие физики что-то делают правильно.

* Цифры взяты из годового отчета Berkshire Hathaway за 2010 год (Баффет, 2010 г.).

** Цифры по Medallion взяты у Уиллоуби (2009 г.).

Глава 1

Начало начал

Конец XIX столетия, «прекрасная эпоха». Париж гудел от происходящих в нем событий. Новая башня Гюстава Эйфеля, которую парижане, жившие в ее тени, считали скандальным явлением, возвысилась над территорией Всемирной ярмарки в 1889 году. На севере, у подножия Монмартра, только что открылось новое кабаре — «Мулен Руж». Открылось с помпой, принц Уэльский специально приехал из Британии, чтобы посмотреть шоу. По городу бродили слухи о каких-то необъяснимых происшествиях в новом здании городской оперы в Пале-Гарнье, о том, что там упала часть канделябра и кого-то убила, что в опере поселился призрак.

Всего в нескольких кварталах к востоку от Пале-Гарнье билось сердце французской империи — Парижская фондовая биржа, главная финансовая биржа столицы.

Она расположилась во дворце Пале-Броньяр, построенном Наполеоном как храм денег. По бокам наружной лестницы находились статуи его богов: Правосудия, Торговли, Земледелия и Трудолюбия. Величественные колонны в стиле неоклассицизма высились у входа во дворец. Внутри располагался похожий на пещеру центральный зал, достаточно большой, чтобы вместить сотни брокеров и сотрудников биржи. Они собирались каждый день на один час под пышными резными рельефами и массивной застекленной крышей, чтобы торговать бессрочными государственными облигациями — «рентными бумагами», целое столетие финансируя глобальные амбиции Франции.

Величественный и внушительный, Пале-Броньяр был не только центром Парижа, он был центром мира. По крайней мере, так пока-

залось Луи Башелье, когда в 1892 году он впервые подошел к дворцу*. Ему, сироте-провинциалу, было чуть больше двадцати. Он только что демобилизовался из армии и приехал в Париж, рассчитывая продолжить обучение в университете. Луи твердо решил стать математиком или физиком. Но дома оставались сестра и младенец-брат, которым надо было помогать. Луи незадолго до этого продал семейный бизнес, который приносил вполне приличный доход. Но он понимал, что деньги, вырученные за него, не вечны. И пока его сокурсники с головой погружались в учебу, Башелье работал. К счастью, благодаря математическому складу ума и некоторому практическому опыту ведения бизнеса ему удалось получить место на Бирже. Луи убеждал себя, что это только временно. Финансами он занимался днем, ночи оставались для занятий физикой.

Башелье нервно поднимался по лестнице к колоннам Биржи.

Внутри царил настоящий бедлам**. Трейдеры и брокеры собирались в центральном зале Пале-Броньяр и криком сообщали о своем намерении что-то купить или продать; когда это не срабатывало, подавали сигналы руками. Залы были заполнены снующими туда и сюда людьми, заключающими сделки, передающими друг другу контракты и векселя, подающими заявки на покупку акций и продающими акции и «рентные бумаги». Башелье обладал, может быть, чуть больше, чем элементарными знаниями в сфере французской финансовой системы. Биржа не казалась ему подходящим местом для тихого школяра-

* История, изложенная в данном разделе, рассказана вольно, поскольку некоторые детали жизни Башелье не очень хорошо известны. В частности, я придерживаюсь версии французского историка статистики Бернара Брю, который утверждал, что Башелье почти наверняка работал на бирже, чтобы зарабатывать себе на жизнь, пока учился в университете. Это началось в 1892 году и продолжалось, даже когда у него уже была степень доктора философии, но еще не было постоянной работы в сфере науки (Таккю, 2001 г.). Однако, как признает Брю, конкретные свидетельства работы Башелье на бирже отсутствуют. Другая вольность связана с идеей о том, что Башелье успокаивал себя, приближаясь к бирже, представляя себе, что это — гигантское казино. Все остальные представленные здесь детали — возраст Башелье, год его приезда в Париж, ситуация в семье — тщательно задокументированы. Приведенные здесь подробности биографии взяты из документов, собранных Курто и Кабановым (2002 г.), Диманом и Бен-Эль-Мечайеком (2006 г.), Сулливаном и Уэйзерсом (1991 г.), Йовановичем (2000 г.), Дэйвисом и Этериджем (2006 г.), Мандельбротом (1982 г.), Мандельбротом и Хадсоном (2004 г.), Маккензи (2006 г.) и Паттерсоном (2010 г.).

** Биржа была разновидностью системы торга голосом и жестом, и когда брокеры собирались в здании для совершения сделок, создавалось впечатление, что торг становился абсолютно беспорядочным. Современные биржи, работающие по принципу торга голосом и жестом, безусловно, похожи на «абсолютный бедлам». Также об истории биржи см. у Уолкера (2001 г.) и Леманна (1991 г., 1997 г.).

математика. «Это — просто игра», — мысленно успокаивал он себя. Теория вероятности, математика случая (и, если на то пошло, азартная игра) всегда приводила Башелье в восторг. Если представить, что французский финансовый рынок — это игорный дом, в котором игра идет по определенным правилам, которые он узнает, возможно, все не будет казаться ему таким ужасным. Протискиваясь сквозь толпу, Башелье повторял мантру: «Это просто усовершенствованная игра случая».

«Кто этот парень?» — во второй раз за две минуты задал себе вопрос Пол Самуэльсон. Он сидел в своем офисе на отделении экономики МТИ. Шел 1955-й год или около того. Перед ним лежала диссертация на соискание степени доктора, около полувека назад написанная неким французом, о котором, по твердому убеждению Самуэльсона, он никогда не слышал*. Бакалавр Башелье... Что-то вроде этого. Он еще раз посмотрел на главную страницу: Луи Башелье. Это имя ни о чем ему не говорило**.

Работа, лежавшая открытой на столе Самуэльсона, буквально потрясла его. Оказывается, еще пятьдесят пять лет назад Башелье описал математику финансовых рынков. Первой мыслью Самуэльсона было то, что его собственная работа на эту тему, которой он занимался последние семь лет, работа, которая, как предполагалось, ляжет в основу диссертации одного из его студентов, утратила претензию на оригинальность. Но что потрясло еще больше, так это то, что еще в 1900 году этот тип, Башелье, очень хорошо разобрался в той математике, которую Самуэльсон и его ученики только сейчас пытались приспособить к экономике, — в математике, которая, как полагал Самуэльсон, была разработана значительно позднее. Технологии Вейнера, уравнения Холмогорова, мартингалы Дуба... Самуэльсон был убежден, что все это — истинные новации, которым не более двух десятков лет. А выясняется, они все уже были описаны Башелье. Как получилось, что Самуэльсон ни разу о нем не слышал?

* Это диссертация Башелье (Башелье, 1900 г.), представленная как на французском, так и на английском языках, — Дэйвис и Этеридж (2006 г.).

** Самуэльсон часто рассказывал историю своего повторного открытия работы Башелье, в том числе в предисловии к работе Дэйвиса и Этериджа (2006 г.) и в своей работе 2000 г. В последней Самуэльсон предполагает, что он, скорее всего, слышал о Башелье еще до получения открытки Сэвиджа. Обратите внимание, что хотя версия о том, что о Башелье никто не помнил до тех пор, пока Сэвидж не наткнулся на его учебник 1914 года, является стандартной, некоторые утверждают, что на самом деле Башелье никогда не был неизвестным в англоговорящем мире. См. работу Ивановича (2000 г.).

Интерес к Башелье возник у Самуэльсона несколько дней назад, когда он получил открытку от своего друга Леонарда «Джимми» Сэвиджа, профессора статистики из Университета Чикаго. Сэвидж только что закончил работу над учебником по теории вероятности и статистике. По ходу работы у него возник интерес к истории. Копаясь в университетской библиотеке в поисках работ по теории вероятности начала XX века, Сэвидж случайно натолкнулся на учебник 1914 года*, который он никогда раньше не встречал. Полистав его, Сэвидж обнаружил, что помимо некоего новаторского взгляда на теорию вероятности книга содержала несколько глав, посвященных явлению, которое автор назвал «биржевой игрой», — буквально, теории вероятности применительно к игре на бирже. Сэвидж догадался (и был прав), что раз он сам никогда раньше ничего не слышал об этой книге, скорее всего, и его друзья-экономисты тоже ее не видели. Он разослал им письма с вопросом, знают ли они что-нибудь о Башелье. Самуэльсон никогда не слышал этой фамилии. Но он интересовался математическими финансами — областью науки, которую, как он считал, в настоящее время изобретает, — и ему было любопытно узнать, что сделал этот француз. В библиотеке МТИ не оказалось ни одного экземпляра никому не известного учебника 1914 года. Но Самуэльсон нашел другой труд Башелье — его диссертацию «Теория игры на бирже». Он взял книгу в библиотеке и принес в свой офис.

Башелье, конечно, был не первым, у кого возник математический интерес к азартным играм. Одним из них был представитель итальянского Ренессанса Джероламо Кардано**. Кардано родился в Милане где-то в начале XVI века и считался одним из самых образованных врачей своих дней. За медицинским советом к нему обращались священники и короли. Он был автором сотен эссе на самую разнообразную тематику — от медицины до математики и мистики. Но его настоящей страстью были азартные игры. Он постоянно играл — в кости,

* Сэвидж нашел работу Башелье (1914 г.).

** Многие из того, что мы знаем о Кардано, известно из его автобиографии 1929 г. [1576]. Было написано несколько его биографий, включая работы Морлея (1854 г.), Ора (1953 г.) и Сирэзи (1997 г.), в которых совершена попытка проанализировать его труды как по математике, так и по медицине. Подробнее историю теории вероятности в целом см. у Бернштайна (1998 г.), Хэкинга (1975 г., 1990 г.), Дэвида (1962 г.), Штиглера (1986 г.) и Хальда (2003 г.).

карты, шахматы. В своей автобиографии он признает, что прожил годы, каждый день играя в азартные игры. Азартные игры в Средние века и в эпоху Возрождения строились на простом принципе вероятности выигрыша и проигрыша, схожем с тем, на котором строится современный тотализатор на скачках. Если вы были букмекером, предлагавшим кому-либо сделать ставку, вы могли рекламировать вероятность выигрыша в форме пары цифр, например, «10 к 1» или «3 к 2», которые отражали бы, как велика вероятность, того, что то, на что вы ставите, выиграет (если вероятность выигрыша составляла 10 к 1, это означало бы: вы ставите 1 доллар, фунт или гульден, и если выигрываете, ваш выигрыш составит 10 долларов, или фунтов, или гульденов, плюс вашу первоначальную ставку. Если проигрываете, вы теряете свой доллар). Называя эти цифры, букмекер в значительной степени полагался на интуицию. Кардано же считал, что есть какой-то научный способ понять, как делать правильные ставки, по крайней мере в несложных играх. Он хотел поставить математику того времени на службу своему любимому занятию.

В 1526 году, когда Кардано еще не было тридцати лет, он написал книгу*, в которой попытался систематизировать теорию вероятности. Он сосредоточился на игре в кости. Его главная догадка заключалась в том, что если допустить, что кость с одинаковой вероятностью может упасть как на одну сторону, так и на другую, можно разработать точные вероятности всевозможных комбинаций, в сущности, просчитать их. Так, например, есть шесть возможных вариантов выпадения кости. Соответственно, есть и точный способ получить в результате цифру 5. Математическая вероятность получения пятерки — 1 из 6 (что соответствует коэффициенту 5 к 1). А как насчет получения суммы 10, если бросать две кости? Существует $6 \times 6 = 36$ возможных результатов, три из которых в сумме соответствуют 10. Таким образом, вероятность получения в сумме десятки составляет 3 из 36 (что соответствует коэффициенту 33 к 3). Эти вычисления кажутся элементарными, даже в XVI веке они не удивили бы — у любого, кто провел достаточно времени за игрой в кости, развилось интуитивное чувство вероятности. Но Кардано был первым, кто объяснил с математической точки зрения, почему вероятность была такой, какой ее все уже знали.

* Книга, которую я имею в виду, — это то, что позднее стало посмертным произведением Кардано, — «Liber de ludo aleæ» (Кардано, 1961 г. [1565]).

Кардано так и не опубликовал свою книгу — в конце концов, зачем раскрывать свои секреты игры? После его смерти рукопись нашли среди его бумаг и спустя сто с лишним лет, в 1663 году, опубликовали. К тому времени другие авторы уже предприняли самостоятельные попытки разработать полноценную теорию вероятности. Наиболее серьезная из них появилась с подачи другого азартного игрока, французского писателя, известного под псевдонимом Шевалье де Мере*. Его интересовало несколько вопросов, наиболее актуальные из которых касались стратегии игры в кости, которую он очень любил. Игра предполагала, что кости кидали несколько раз подряд, и игрок делал ставку на то, как они лягут. Например, вы могли держать пари, что если бросите одну и ту же кость четыре раза подряд, хотя бы один раз выпадет 6. Опыт показывал, что это было пари с равными шансами, игра сводилась к чистой случайности. Но де Мере инстинктивно чувствовал, что если вы заключите пари, что обязательно выпадет 6, и будете делать на это ставку каждый раз, со временем вы станете выигрывать немного чаще, чем проигрывать. Это легло в основу стратегии игры де Мере, и с ее помощью он выиграл немалые деньги. Однако у де Мере была и вторая стратегия, которую он считал не хуже первой, но которая по какой-то причине приносила ему только огорчение. Эта вторая стратегия заключалась в следующем: всегда держать пари, что если бросать две кости двадцать четыре раза, то хотя бы один раз выпадет двойная 6. Но похоже, эта стратегия не срабатывала, и де Мере хотел знать почему.

Де Мере был завсегдатаем парижских салонов, светских встреч французской интеллигенции, которые проводились в промежутках между приемами и научными конференциями. В салонах собирались образованные парижане всех мастей, в том числе математики. Де Мере начал их расспрашивать об этой задаче. Ни у кого не было ответа на его вопрос, никто не проявлял большого интереса к его поиску до тех пор, пока де Мере не задал этот вопрос Блезу Паскалю. Паскаль — вундеркинд, самостоятельно разработавший большую часть классической геометрии, рисуя в детстве картинки. Еще подростком он стал завсегдатаем влиятельного салона священника-иезуита Марена Мерсена. Именно там де Мере встретился с Паскалем.

* Подробнее о де Мере, Паскале и Ферма см. у Делвина (2008 г.), помимо работ об истории теории вероятности, указанных выше.

Паскаль тоже не знал ответа на вопрос де Мере, но он его заинтриговал. Паскаль согласился с мнением де Мере, что эта задача должна иметь математическое решение.

Паскаль стал работать над задачей де Мере. Он позвал на помощь другого математика, Пьера де Ферма. Ферма был юристом, всесторонне образованным человеком, свободно владевшим полудюжиной иностранных языков, одним из самых способных математиков тех дней. Ферма жил приблизительно в шестистах километрах к югу от Парижа, в Тулузе. Паскаль не был с ним знаком лично, но слышал о нем от своих знакомых из салона Мерсена. В течение 1654 года в ходе длительной переписки Паскаль и Ферма нашли решение задачи де Мере. А попутно разработали основные положения современной теории вероятности.

Одним из результатов переписки между Паскалем и Ферма был способ точного расчета вероятности выигрышных ставок при игре в кости, который интересовал де Мере (система Кардано тоже учитывалась в такого рода играх в кости, но никто об этом не знал, когда де Мере заинтересовался этими вопросами). Им удалось показать, что первая стратегия де Мере была успешной, поскольку вероятность того, что выпадет 6, если кидать кость четыре раза, была чуть выше 50% — скорее 51,7747%. Вторая же стратегия де Мере была не так хороша, поскольку вероятность того, что выпадут две цифры 6, если кидать две кости двадцать четыре раза, составляла всего около 49,14% — менее 50%. Это означало, что со второй стратегией победа была немного менее вероятна, чем проигрыш, в то время как первая стратегия имела чуть больше шансов на выигрыш. Де Мере был в восторге от того, что теперь он мог положиться на аналитические наработки двух великих математиков, и стал придерживаться только первой стратегии.

Интерпретация аргументов Паскаля и Ферма была очевидна для де Мере. Но что эти цифры означают на самом деле? Большинство людей интуитивно понимают, что это означает, когда какое-то явление имеет ту или иную вероятность, но на самом деле на кону глубокий философский вопрос*. Предположим, я говорю: вероятность, что выпадет орел, когда подбросят монетку, составляет 50%. То есть если

* Сложные, но читабельные описания философских вопросов, связанных с интерпретацией теории вероятности, см. у Хаека (2012 г.), Скирмса (1999 г.) или Хокинга (1990 г.).

я буду подбрасывать монетку снова и снова, приблизительно в половине случаев она ляжет орлом вверх. Но это не означает, что монетка гарантированно упадет орлом вверх ровно в половине случаев. Если я подброшу монетку 100 раз, она может упасть орлом вверх 51, или 75, или все 100 раз. Может быть любое количество орлов. Почему же де Мере все-таки обратил внимание на расчеты Паскаля и Ферма? Они отнюдь не гарантировали, что его первая стратегия будет успешной в каждом случае. Де Мере мог всю оставшуюся жизнь биться об заклад, что 6 будет выпадать каждый раз, когда кто-либо бросит кость четыре раза подряд, и больше никогда не выиграть, несмотря на расчет вероятности. Это покажется нелепым, но ничто в теории вероятности (или в физике) не исключает такого поворота событий.

Так о чем же говорит нам теория вероятности, если она ничего не гарантирует в отношении того, как часто то или иное событие может иметь место? Если бы де Мере задал этот вопрос, ему долго пришлось ждать на него ответа. Полвека. Первым, кто в 1705 году незадолго до смерти понял, как надо воспринимать зависимость между вероятностью и частотой событий, был швейцарский математик Якоб Бернулли. Бернулли показал, что если вероятность падения монетки орлом составляет 50%, то вероятность того, что процент «орлов», которые действительно выпадут, будет отличаться от 50% на какой-то процент, но эта разница будет становиться все меньше и меньше, чем больше раз вы подбросите монетку. Вероятность падения монетки орлом в 50% случаев будет выше, если вы подбросите монетку 100 раз, чем если вы подбросите ее всего два раза. В рассуждениях Бернулли есть нечто сомнительное, поскольку он использует идеи из теории вероятности, чтобы объяснить, что означает сама вероятность. Бернулли не осознавал (это было полностью обосновано только в XX веке), что можно доказать: если вероятность падения монетки орлом составляет 50% и подбрасывать монетку бесконечное число раз, то (практически) наверняка в половине случаев выпадет орел. Или в случае со стратегией де Мере, если бросать кости бесконечное число раз, в каждой игре ставя на 6, практически гарантирована победа в 51,7477% игр. Это закон больших чисел, и он подтверждает одно из наиболее важных толкований теории вероятности*.

* Подробнее о законе больших чисел см. у Каселла и Бергера (2002 г.) и Биллингсли (1995 г.). См. также работу Башелье (1937 г.).

Паскаль не был поклонником азартных игр, поэтому даже забавно, что один из главных его вкладов в математику связан именно с этим. Еще более иронично то, что чуть ли не самую большую известность ему принесло... пари, пари Паскаля. В конце 1654 года с Паскалем случилось нечто мистическое, и этот случай изменил его жизнь. Он перестал заниматься математикой, стал адептом индивидуалистических принципов голландского теолога Корнелия Янсения, противоречивого христианского движения в католицизме в XVII веке. И начал активно писать о вопросах теологии. Пари Паскаля, как это теперь называется, впервые появилось в его религиозных работах. Поверить в Бога, писал Паскаль, — это как сделать ставку на то, есть ли Бог или нет. Убеждения же человека сводятся к тому, что он ставит на одно или на другое. Но прежде чем сделать ставку, человек хочет знать, каковы его шансы и что его ожидает, если он выиграет или проиграет. Паскаль рассуждал так: если вы делаете ставку на то, что Бог есть, соответствующим образом проживаете жизнь, и оказывается, что вы были правы, то обретете бессмертие в раю. Если окажется, что вы не правы, то просто умрете и ничего не произойдет. Вы также просто умрете, если поставите на то, что Бога нет, и выиграете. Но если поставите на то, что Бога нет, и проиграете, то будете осуждены на вечные муки. Решение этой дилеммы простое: христианская вера рациональная, а оборотная сторона атеизма слишком пугающая.

Несмотря на увлеченность теорией случая, Луи Башелье не слишком везло в жизни. Своей работой он внес фундаментальный вклад в физику, финансы, математику. Но так и не вышел за рамки академической респектабельности. Всякий раз, когда на пути Башелье начинала маячить удача, она ускользала от него в самый последний момент. Родившись в 1870 году в Гавре, шумном портовом городе на северо-западе Франции, молодой Луи был перспективным студентом. Он блистал знаниями математики в старших классах лицея, в октябре 1888 года получил степень бакалавра естественных наук. У него был достаточно хороший аттестат, с которым он вполне мог рассчитывать на учебу в одном из элитных французских университетов, дипломы которых служили залогом того, что их обладателям уготована судьба стать государственными чиновниками высшего ранга или учеными. Он вырос в купеческой семье, в которой были ученые-любители, художники. Учеба в Гранд-Эколь открывала перед

Башелье двери к профессиональному занятию интеллектуальным трудом, двери, которые были плотно закрыты для его предков.

Но не успел Башелье подать заявление в Гранд-Эколь, как его родители скончались. Он остался с незамужней старшей сестрой и трехлетним братом на руках. Два года Башелье занимался семейным винодельческим бизнесом, пока в 1891 году его не призвали на военную службу. Год спустя, уволившись с нее, Башелье смог вернуться к учебе. Ему было чуть больше двадцати лет, у него не было ни дома, ни семьи, которая бы его поддержала. Выбор был ограниченный. По возрасту поступать в Гранд-Эколь было уже невозможно. Башелье выбрал менее престижный Парижский университет.

В аудиториях Сорбонны, конечно, тоже можно было получить превосходное образование. В профессорско-преподавательский состав этого университета входили некоторые из самых замечательных умов Франции того времени. Это был один из немногих университетов во Франции, в котором профессорско-преподавательский состав имел возможность заниматься еще и научно-исследовательской работой, а не только преподавать предметы студентам. Башелье быстро выделился на фоне сверстников, хотя его оценки и были не самыми лучшими. В числе небольшой группы студентов, которая превзошла его, были сокурсники Башелье — Поль Ланжевен и Альфред-Мари Лиенар, известные физикам и математикам так же, как и сам Башелье, если не больше. Находиться в такой компании было очень полезно. Получив диплом бакалавра, Башелье остался в университете в докторантуре и начал работу над диссертацией — той самой, о спекуляциях на финансовых рынках, которую позднее выудил с библиотечных полок Самуэльсон. Курировал его работу Анри Пуанкаре — наверное, самый известный французский математик и физик того времени.

Пуанкаре был идеальным наставником для Башелье*. Он обогащал каждую область знаний, с которой ему приходилось иметь дело: математику, астрономию, физику, инженерию. Окончив Гранд-Эколь, научной и исследовательской работой Пуанкаре занимался, как и Башелье, в Парижском университете. Но большую часть своей жизни он проработал профессиональным горным инженером, став в конечном итоге главным инженером Французского шахтерского

* Подробнее о Пуанкаре см. у Мавина (2005 г.) или Галисона (2003 г.), а также в их списках использованных источников.

корпуса. Так что он в полной мере смог оценить важность прикладной математики — даже в такой нетрадиционной (для того времени, разумеется) области, как финансы. Башелье наверняка не написал бы свою диссертацию, не оказись у него научного руководителя, который обладал такими обширными знаниями, как Пуанкаре. Кроме того, Пуанкаре был влиятельной фигурой в научных и политических кругах Франции, а стало быть, его авторитет служил хорошей защитой для студента, чья исследовательская работа могла быть неоднозначно встречена научным сообществом того времени.

Башелье работал над диссертацией вплоть до 1900 года. Основная его идея состояла в том, что теорию вероятности, область математики, которую первыми «вытянули на свет» Кардано, Паскаль и Ферма в XVI–XVII веках, можно использовать для понимания работы финансовых рынков. Другими словами, рынок можно представить как огромную игру случая. Сегодня, конечно, сравнивать фондовые рынки с казино уже не оригинально, но это только подтверждает силу идеи Башелье.

Диссертация Башелье была огромным интеллектуальным достижением, и, похоже, Башелье это осознавал. Но с профессиональной точки зрения это была катастрофа.

Проблемой стала неподготовленность аудитории. Башелье пребывал на волне приближающейся новой эры (в конце концов, он только что изобрел финансовую математику). Но никто из его современников не оценил то, что он совершил. Заслуги Башелье, бесспорно, могли бы по достоинству оценить математики, физики, работающие с математическими моделями. Но в 1900 году европейская математика пребывала в застое. В математических кругах было ощущение, что наука еще только начинает выходить из кризиса, в который она погрузилась в начале 1860-х годов, когда выяснилось, что многие традиционные теоремы ошибочны, и математики начали опасаться, что начинают рушиться основы их научной дисциплины. Нерешенным, в частности, оставался вопрос, можно ли предложить достаточно строгую методологию, которая убедит в том, что результаты новых исследований, наводнившие научные журналы в ту пору, также несовершенны. Резкий крен в формализм настолько отравил кладезь математики, что на прикладную математику и даже на математическую физику математики-конформисты

глядели с нескрываемым подозрением. Идея перенесения математики на совершенно новое для нее поле и, хуже того, использования знаний, основанных на интуиции, почерпнутых из сферы финансов в целях стимулирования развития новой математики вызывала у ортодоксов отвращение, пугала их.

Влияние Пуанкаре было достаточно сильным, чтобы помочь Башелье с защитой диссертации, но даже он был вынужден констатировать, что реферат Башелье слишком далеко выходит за рамки господствовавших во французской математике тенденций, и поэтому не заслуживает высшей оценки «с отличием»*. Диссертация получила оценку «достойно», даже не «весьма достойно». В заключении диссертационной комиссии, написанном самим Пуанкаре, он выразил Башелье глубокую признательность за его труд — как за новую математику, так и за глубокое проникновение во внутренний механизм финансовых рынков. Но высшую оценку за диссертацию по математике, которая по стандартам того времени не была посвящена какому-то определенному разделу классической математики, поставить было невозможно. А без нее перспективы Башелье как профессионального математика были ничтожными. Благодаря Пуанкаре Башелье остался в Париже, получил несколько небольших грантов от Парижского университета, независимых фондов. Они позволяли ему оплачивать свои скромные повседневные расходы. В 1909 году Башелье разрешили читать лекции в университете, правда, бесплатно.

Самый жестокий сюрприз судьба преподнесла Башелье в 1914 году. В начале года Совет университета поручил декану факультета естественных наук создать постоянную должность для Башелье. Научно-преподавательская карьера, о которой он всегда мечтал, становилась реальностью. Но до того как должность была окончательно утверждена, злой рок снова отбросил Башелье назад. В августе германские войска вторглись во Францию. В стране была объявлена мобилизация. Девятого сентября сорокачетырехлетний математик, совершивший никем не замеченную революцию в области науки о финансах, был призван на службу в армию.

Представьте себе картину: солнце светит в окно пыльного чердака. Если правильно сфокусировать зрение, можно увидеть, как мельчай-

* Отчет Пуанкаре о диссертации Башелье можно найти у Курто и Кабанова (2002 г.), а также в переводе Дэйвиса и Этериджа (2006).

шие пылинки пляшут в луче света. Кажется, что они висят в воздухе. Но если присмотреться внимательнее, можно увидеть, как они время от времени совершают судорожные движения, меняют направление, перемещаясь то вверх, то вниз. Если бы вам удалось посмотреть на эту картину в достаточном приближении, например через микроскоп, вам удалось бы увидеть, что частицы постоянно вибрируют. Это на первый взгляд беспорядочное движение, по словам римского поэта Тита Лукреция, написанным приблизительно в 60 году до нашей эры, говорит о том, что, должно быть, существуют некие мелкие невидимые частицы — он назвал их «первичными тельцами», — которые с разных сторон наносят удары по пылинкам и толкают их то в одном направлении, то в другом*.

Через двести лет Альберт Эйнштейн привел аналогичный аргумент в пользу существования атомов. Только он превзошел Лукреция и сформулировал математическое обоснование, позволившее ему точно описать, какими будут траектории движения частицы, если ее судорожные движения и вибрации действительно вызваны столкновениями с еще более мелкими частицами. В течение последующих шести лет французский физик Жан Батист Перрен разработал экспериментальный метод слежения за частицами, свободно плавающими в жидкости, обеспечивающий достаточную точность. Он подтвердил, что частицы и в самом деле движутся по траекториям, предсказанным Эйнштейном. Эксперимент убедил скептиков, что атомы действительно существуют**. Вклад в это дело Лукреция остался недооцененным.

Траектории Эйнштейна являли собой образец броуновского движения, получившего название по имени шотландского ботаника Роберта Броуна***, который в 1826 году отметил хаотичное движение цветочной пыльцы, свободно плавающей в воде. Математическую

* См. у Лукреция (2008 г. [60 г. до н. э.], с. 25).

** История «атомарной теории» и ее противников начала XX века очень интересна и играет важную роль в современных дебатах о том, как следует понимать математические и физические теории, чтобы они представляли невидимый мир. Например, см. работы Мэдди (1997 г., 2001 г., 2007 г.), Чалмерса (2009 г., 2011 г.) и ван Фраассена (2009 г.). Хотя обсуждение этих дебатов выходит далеко за рамки предмета настоящей книги, должен заметить, что предложенные здесь аргументы относительно того, как следует воспринимать статус математических моделей в финансах, тесно связаны с дискуссиями более общего характера о статусе математических или физических теорий.

*** Наблюдения Броуна были опубликованы в 1828 г.

трактовку броуновского движения* часто называют случайным блужданием, а иногда и более выразительно — «блужданием пьяницы». Представьте себе человека, выходящего из бара с открытой бутылкой в заднем кармане, из которой капает недопитая им выпивка. Он делает несколько шагов вперед, затем возникает большая вероятность, что он споткнется, покачнется. Пьяница пытается удержать равновесие, делает еще шаг, затем опять спотыкается. Направление, в котором этот человек споткнется, по сути, случайно, по крайней мере, оно никоим образом не связано с общим направлением движения, которое пьяница себе наметил. Если этот человек будет спотыкаться достаточно часто, то траектория его движения, нарисованная каплями на земле, пока он зигзагами плетется по направлению к своему отелю (или, что не менее вероятно, в абсолютно противоположном направлении), будет похожа на траекторию движения пылинки в луче солнечного света.

В сообществе физиков и химиков Эйнштейн получил признание за математическое объяснение броуновского движения потому, что его труд 1905 года оказался в руках Перрена**.

Но на самом деле Эйнштейн опоздал со своим открытием на пять лет. Башелье описал математику случайных блужданий в своей диссертации еще в 1900 году. В отличие от Эйнштейна Башелье не интересовало случайное движение частичек пыли, возникающее от столкновения с атомами. Башелье интересовали случайные изменения цен на бирже.

Представьте себе, что пьяница добрал до своего отеля. Он выходит из лифта, перед ним длинный коридор. В одном конце коридора — номер 700; в другом конце — номер 799. Сам пьяница находится где-то посередине и не имеет представления, в какую сторону ему следует идти, чтобы попасть в свой номер. Он проходит, спотыкаясь и качаясь из стороны в сторону, полкоридора в одном направлении, затем

* В более общем смысле броуновское движение является примером случайного, или схоластического, процесса. Обзор математики схоластических процессов см. у Карлина и Тейлора (1975 г., 1981 г.).

** Эйнштейн опубликовал в 1905 году четыре труда. Один из них был как раз тем, на который я ссылаюсь здесь (Эйнштейн, 1905b), но и три других были в равной степени незаурядными. В своей работе (1905a) Эйнштейн впервые делает предположение о том, что свет поступает дискретными пучками, которые теперь называются квантами или фотонами; в другой работе (1905c) он представляет свою особую теорию относительности; а в четвертой работе (1905d) предлагает известное уравнение $e = mc^2$.

полкоридора — в противоположном. Предположим, что каждый шаг, который делает пьяница, дает ему 50%-ную вероятность того, что он немного приблизится к своему номеру 700, что в одном конце длинного коридора, или 50%-ную вероятность того, что он немного приблизится к своему номеру 799 — в другом конце. Какова вероятность того, что, пройдя, скажем, сто или тысячу шагов, он окажется перед нужным номером?

Чтобы понять, как математика соотносится с финансовыми рынками, надо понять, что цена акции очень похожа на нашего пьяницу. В любой момент существует возможность того, что цена пойдет вверх, равно как и возможность того, что она пойдет вниз. Эти две возможности соответствуют действиям спотыкающегося пьяницы, бредущего к номеру 700 или 799, направляясь то в одну сторону, то в другую. Таким образом, вопрос, на который в данном случае может ответить математика, звучит следующим образом: если торги начинаются с определенной цены и эта цена совершает случайное блуждание, какова вероятность того, что она дойдет до какого-то определенного уровня через какой-то установленный промежуток времени? Другими словами, до какой двери, спотыкаясь, добредет цена через сто или тысячу разовых изменений на бирже?

Это — вопрос, на который Башелье ответил в своей диссертации. Он показал, что если цена акций совершает случайные блуждания, вероятность того, что она дойдет до какого-то установленного значения через определенный промежуток времени, будет соответствовать графику, известному сегодня как нормальная обобщенная функция (распределение Гаусса), или кривая нормального распределения (гауссова кривая)*. Эта кривая имеет форму колокола, закругленного в верхней части и расширяющегося книзу. Верхняя часть кривой располагается в районе стартовой цены, что означает, что, по наиболее вероятному сценарию, цена окажется где-то в районе стартовой. От центрального максимума кривая резко идет вниз, указывая на то, что существенные изменения цены менее вероятны. По мере того как цена на акции делает больше шагов случайного блуждания, кривая расширяется, становится в целом менее высокой. Это указывает на то, что со временем степень вероятности, что цена изменится по срав-

* Подробнее о распределении вероятностей и о распределении Гаусса, в частности, см. у Касселла и Бергера (2002 г.), Биллингсли (1995 г.), Форбс и др. (2011 г.).

нению с первоначальной, повысится. В данном случае наглядное изображение просто бесценно, поэтому посмотрим на рисунок 1, чтобы понять, как это работает.

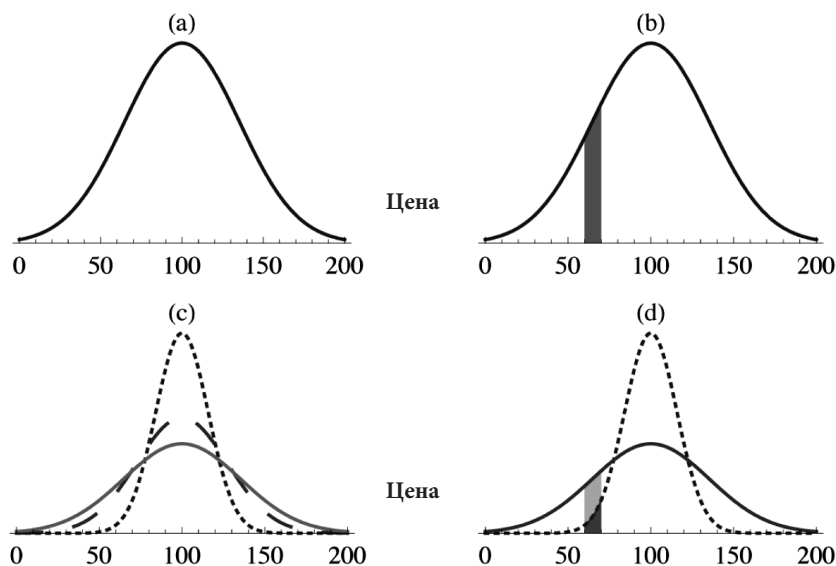


Рис. 1. Вероятность в модели Башелье

Рисунок 1. Башелье обнаружил, что если цена на акции совершает случайные блуждания, вероятность того, что она достигнет определенного показателя в будущем, можно рассчитать по графику, известному как нормальная обобщенная функция. На представленных графиках показано, как это происходит в случае с акциями, цена которых в настоящий момент составляет 100 долларов. График (а) — это пример нормальной обобщенной функции, рассчитанной для конкретного момента времени в будущем, скажем, через пять лет. Вероятность того, что через пять лет цена на акции будет где-то в указанном диапазоне, обеспечивает область под графиком — так, например, заштрихованная область графика (b) соответствует вероятности того, что через пять лет акции будут стоить где-то в районе 60–70 долларов. Форма графика зависит от того, насколько отдаленное будущее вас интересует. На графике (c) пунктирная линия — это график на год с настоящего момента, линия, обозначенная штриховым пунктиром — на три года, а сплошная линия — на пять лет с настоящего

момента. Вы можете заметить, что со временем графики становятся ниже и шире. Это означает, что вероятность того, что цена на акции будет сильно отличаться от своей начальной цены в 100 долларов, повышается, что видно на графике (d). Обращаем ваше внимание на то, что заштрихованная область под сплошной линией, соответствующая вероятности того, что через пять лет цена акции будет составлять 60–70 долларов, значительно больше, чем заштрихованная область под пунктирной линией, что соответствует одному году с настоящего момента.

Воспринимать динамику цен на акции в контексте случайного блуждания — это очень современно. Создается впечатление, что Башелье беспрецедентен в своем постижении тонкостей рынка*. Тем не менее в определенные моменты эта идея кажется сумасшедшей (что, возможно, объясняет, почему ее никто и не оценил). Вы можете сказать, что я просто чересчур верю в математику. Если изменение цен на акции носит случайный характер, то теория случайных блужданий прекрасна. Но почему вы, автор, считаете, что рынки блуждают случайно? Цены идут вверх в ответ на хорошие новости и вниз — в ответ на плохие. В этом нет ничего случайного. Основное предположение Башелье заключается в том, что степень вероятности того, что цена пойдет вверх в заданный момент, всегда равна степени вероятности того, что она пойдет вниз. А это — полный вздор.

Как человек, на практике знакомый с внутренними механизмами Парижской биржи, Башелье знал, как сильно информация может влиять на стоимость ценных бумаг. Оглядываясь в прошлое, легко указать на хорошие, равно как и на плохие новости и воспользоваться ими для объяснения динамики рынка. Башелье же было интересно понять, какова вероятность того, какими будут цены в будущем, когда вы не знаете, какие в тот момент будут новости. Некоторые будущие новости можно предсказать исходя из того, что уже известно. Профессиональные игроки достаточно хорошо умеют предсказывать такие вещи, как исход спортивных мероприятий, политических

* Как по степени сложности теорий, так и (в конечном счете) по оказанному влиянию Башелье нет равных. Но были люди, которые или некоторым образом предвосхитили Башелье (особенно Жюль Реньо), или же проделали аналогичную работу через несколько лет после Башелье (например, Винцент Бронзен). Подробнее о таких пионерах в сфере финансов см. у Пуатра (2006 г.) (особенно в работах Иовановича [2006 г.], и Циммермана и Хафнера [2006 г.]) и Гирлиха (2002 г.).

выборов. Это можно назвать умением прогнозировать степень вероятности того или иного исхода рискованных мероприятий, зависящих от воли случая. Но как прогнозируемость влияет на состояние рынка? Башелье размышлял следующим образом: любые прогнозируемые события уже отражены в текущей цене акции или облигации. Другими словами, если у вас есть основания полагать, что в будущем произойдет что-либо, в результате чего акция Microsoft станет стоить дороже (скажем, Microsoft изобретет новый компьютер или выиграет крупный иск), вы, вероятно, заплатите сейчас за акцию Microsoft больше, чем тот, кто не думает, что с Microsoft произойдет что-нибудь хорошее. Информация, благодаря которой позитивные события в будущем выглядят вероятными, повышает цены сейчас; и информация, благодаря которой негативные события в будущем выглядят вероятными, понижает цены тоже сейчас.

Но если эти аргументы справедливы, возражал Башелье, то цены на акции должны быть случайными. Представьте себе ситуацию: сделка совершена по установленной цене. Вот тут все и начинается. Осуществление сделки означает, что два человека — покупатель и продавец — сумели договориться о цене. И покупатель, и продавец ознакомились с имеющейся информацией и решили, насколько, на их взгляд, ценна для них акция. Но с важной оговоркой: покупатель, по крайней мере, в соответствии с логикой Башелье, покупает акцию по этой цене, так как думает, что, вполне вероятно, в будущем она вырастет. Тем временем продавец продает акцию по этой цене, потому что думает, что цена снизится. Забегая на шаг вперед: если на рынке множество информированных инвесторов, которые постоянно договариваются о ценах, по которым должны проводиться сделки, то текущая цена акции может интерпретироваться как цена, установленная с учетом всей возможной информации. Эта цена — итог спора информированных покупателей, считающих, что она будет повышаться, и продавцов, полагающих, что она будет понижаться. Другими словами, текущая цена в любой момент времени — это цена, при которой вся имеющаяся информация говорит, что вероятность того, что акции пойдут вверх и вниз, составляет 50%. Если рынки работают так, как утверждал Башелье, то гипотеза о случайных блужданиях совсем не сумасшедшая. Это — неотъемлемая часть того, что заставляет рынки функционировать.

Этот взгляд на рынки сейчас известен как гипотеза об эффективности рынка. Основная идея заключается в том, что рыночные цены всегда отражают истинную стоимость вещей, выставляемых на торги, поскольку в этих ценах учтена вся имеющаяся информация. Башелье был первым, кто озвучил ее, но, как случилось со многими его глубочайшими выводами на тему финансовых рынков, мало кто оценил ее важность. Позднее, в 1965 году, гипотеза об эффективности рынка была заново предложена экономистом из Чикагского университета Юджином Фама*. Сегодня, конечно, эта гипотеза считается в высшей степени противоречивой. Некоторые экономисты, в особенности представители так называемой «чикагской школы», придерживаются ее как главной и неоспоримой истины. Но вам не понадобится прилагать слишком большие умственные усилия, чтобы понять, что она, мягко говоря, несколько неубедительна. Например, одним из следствий этой гипотезы является вывод, что на рынках не может быть никаких «пузырей», потому что «пузырь» может возникнуть, только если рыночная цена на некую вещь оказывается не привязанной к ее истинной цене. Любой, кто помнит бум и спад доткомов в конце 1990-х — начале 2000-х годов, кто пробовал, начиная примерно с 2006 года, продать свой дом, знает, что динамика цен не так рациональна, как уверяет нас «чикагская школа». На самом деле большинство обычных трейдеров, занимающихся этим бизнесом изо дня в день, с которыми я беседовал, находят эту идею попросту смехотворной.

Но даже если рынки не всегда эффективны, а это, конечно, так и есть, и даже если временами цены выходят далеко за рамки разумного, когда речь идет о стоимости торгуемых товаров (что тоже никем не оспаривается), гипотеза об эффективности рынка представляет собой исходную позицию в попытках понять, как работают рынки. Это — допущение, идеализация. Удачной аналогией здесь будет учебник по физике для старших классов школы, где в некоторых задачах

* См. работу Фама (1965 г.). Гипотеза об эффективности рынка теперь является главной составляющей современной экономической мысли; она подробно описана в любом крупном учебнике, таком как учебник Манкива (2012 г.) или Крюгмана и Уэлса (2009 г.). Историю гипотезы об эффективности рынка см. у Сьюелла (2011 г.) и Лима (2006 г.). Также см. множество недавно вышедших книг и статей, критикующих идею о том, что рынки действительно эффективны, таких авторов, как Талеб (2004 г., 2007а), Фокс (2009 г.), Кэссиди (2010а,б), Штиглиц (2010 г.) и Крюгман (2009 г.).

дается допуск на отсутствие трения и силы притяжения. Конечно, такого в природе не существует. Но некоторых упрощающих допущений бывает достаточно, чтобы найти решение задачи, которая, если бы не эти допущения, оставалась неразрешимой. А уже когда вы решили упрощенную задачу, можно задаться вопросом, сколько вреда причиняют упрощающие допущения. Если вы хотите понять, что происходит при столкновении двух хоккейных шайб на катке, допустив при этом, что трение отсутствует, большой беды от этого допущения не будет. Но если допустить, что трение отсутствует при падении с велосипеда, это закончится сильными ссадинами. Аналогичная ситуация складывается и в случае, когда вы пытаетесь моделировать финансовые рынки: Башелье начинает с допущения — гипотезы об эффективности рынка — и добивается поразительных успехов. Следующий шаг, который Башелье оставил сделать будущим поколениям, пытающимся понять мир финансов, заключался в том, чтобы разобраться, когда допущение об эффективности рынка терпит неудачу.

Создается впечатление, что Самуэльсон был единственным получателем открытки Сэвиджа, который потрудился заглянуть в труды Башелье. Они произвели на него сильное впечатление, а Самуэльсон был достаточно влиятельной фигурой, чтобы довести их до внимания общественности. Работа Башелье, посвященная игре на бирже, стала пользоваться спросом у студентов МТИ, которые, в свою очередь, сделали имя Башелье известным в самых отдаленных уголках мира. Башелье официально канонизировали в 1964 году, когда коллега Самуэльсона по работе в МТИ Поль Кутнер включил диссертацию француза в сборник научных трудов «Случайный характер цен на фондовом рынке»*. На момент выхода сборника в свет гипотеза случайных блужданий была уже независимо друг от друга исследована и усовершенствована рядом ученых, однако ее рождение Кутнер однозначно приписал Башелье. По словам Кутнера, «работа [Башелье] настолько выдающаяся, что мы можем сказать: наука о спекулятивных ценах обрела славу в момент своего зарождения»**.

Во многих отношениях Самуэльсон идеально подходил на роль человека, который должен был извлечь из забвения Башелье и эф-

* Это работа Кутнера 1964 г.

** Цитата из работы Кутнера (1964 г., с. 3).

фективно распространить его идеи. Самуэльсон — один из наиболее влиятельных экономистов XX века. В 1970 году он получил вторую Нобелевскую премию по экономике за «повышение уровня анализа в экономической науке» и «превращение экономики в математическую дисциплину». Несмотря на то что он изучал экономику в Университете Чикаго и Гарварде, огромное влияние на него оказал Э. Б. Уилсон, специалист в области математической физики и статистики*. Самуэльсон познакомился с Уилсоном, будучи еще студентом. Уилсон в то время был профессором демографической статистики на факультете здравоохранения Гарвардского университета, но в первые двадцать лет своей карьеры он занимался физикой и инженерией в МТИ. Уилсон был студентом Дж. У. Гиббса, великого американского физика-математика, первым в США получившего в 1863 году в Йельском университете степень доктора технических наук. Наибольшую известность Гиббсу принесло то, что он положил начало математической теории термодинамики и статистической механике, которые пытаются дать объяснение поведению обычных объектов типа бочонка воды или автомобильного двигателя в разрезе их микроскопических частей**.

Благодаря Уилсону Самуэльсон стал последователем традиции, заложенной Гиббсом. Его диссертация, написанная в 1940 году, была попыткой переложить экономику на язык математики, активно заимствуя идеи Гиббса из статистической термодинамики. Одна из основных задач термодинамики — дать описание того, как обобщить поведение отдельных частиц, чтобы описать крупные объекты. Основная часть этого анализа посвящена определению таких переменных, как температура или давление, которые не имеют смысла, когда речь идет об отдельных частицах, но могут использоваться для описания их коллективного поведения. Самуэльсон указал на то, что об экономике можно рассуждать подобным образом: экономика — это масса

* Уилсон был человеком энциклопедических знаний, он внес большой вклад во многие области знания, включая статистику, физику, технику, экономику и здравоохранение. Однако некоторым образом, его самый значительный вклад был педагогическим; его учебники по векторному анализу (Уилсон, 1901 г.) и продвинутому анализу (Уилсон, 1912 г.) стали стандартом для целого поколения американских ученых и инженеров. Подробности из его интеллектуальной биографии можно найти у Хансейкера и Лейна (1973 г.).

** Подробнее о Гиббсе и его работе см. у Хастингса (1909 г.), Руксейера (1988 г.) или Вилера (1988 г.). Его студент Э. Б. Уилсон, указанный выше, также писал мемуары о своем взаимодействии с Гиббсом (Уилсон, 1931 г.).

людей, которые общаются друг с другом и принимают решения. Чтобы понять крупномасштабную экономику (макроэкономику), следует определить переменные, характеризующие экономику в целом (уровень инфляции, например), а затем — зависимость между этими переменными и людьми. В 1947 году на основе своей гарвардской диссертации Самуэльсон опубликовал книгу. Она называлась «Основы экономического анализа»*.

В определенном смысле книга Самуэльсона стала революционной, что не удалось диссертации Башелье. Когда Башелье работал над ней, экономика как наука, по сути, была подразделом политической философии. Цифры в ней до 1880-х годов не играли большой роли, да и тогда были введены в научный оборот только потому, что некоторые философы заинтересовались количественной оценкой экономик разных стран мира, чтобы их можно было сравнивать. Когда Башелье писал свою диссертацию, по существу, не было ни одного экономиста, способного понять и оценить математические методы, которыми он пользовался.

В следующие сорок лет экономика как наука пережила свой расцвет**. Преждевременные попытки определить количественные показатели уступили место более сложным методам их сравнения — отчасти благодаря работе Ирвинга Фишера***, американского экономиста, еще одного студента Гиббса. В первые десятилетия XX века научные исследования в области экономики были единичными и проводились при поддержке европейских правительств, поскольку потребности военного строительства подталкивали их к тому, чтобы придать законную силу попыткам увеличить объемы производства. Но как научная дисциплина экономика полностью обрела свое лицо только в начале 1930-х годов, одновременно с началом Великой депрессии. Политические лидеры Европы и Соединенных Штатов тогда считали, что в мировой экономике произошла какая-то катастрофа, и обратились за советом к экспертам. Неожиданно резко увеличилось финансирование научных исследований, что

* Это работа Самуэльсона 1947 г. Учебник Самуэльсона по экономике (1948 г.) расширил его влияние на американскую экономическую мысль.

** Представленный взгляд на историю и особенно «математизацию» экономики во многом обязан Моргану (2003 г.).

*** Подробнее о жизни и работе Ирвинга Фишера см. у Аллена (1993 г.).

привело к образованию большого числа вакансий в университетах. Самуэльсон приехал в Гарвард на гребне этой интересной новой волны. Когда была опубликована его книга, уже сформировалось научное сообщество, способное понять истинное значение этой работы. Книга Самуэльсона и изданный впоследствии учебник, который со временем стал бестселлером всех времен среди книг по экономике, помогли остальным оценить, что же на самом деле совершил Башелье почти полвека назад.

Выражаясь современным языком, в своей диссертации Башелье представил модель того, как меняются рыночные цены со временем. Сейчас бы мы назвали ее моделью случайных блужданий. Термин «модель» вошел в экономику в 1930-х годах с работой еще одного физика, переквалифицировавшегося в экономиста, Яна Тинбергена (Самуэльсон был вторым человеком, получившим Нобелевскую премию по экономике; а Тинберген — первым)*. Этот термин уже использовался в физике, чтобы сказать о чем-то, немного меньшем, чем полноценная физическая теория. Теория — по крайней мере, как ее обычно представляют физики — это попытка полностью и точно описать какое-то свойство мира. Модель же — что-то вроде упрощенного изображения того, как работают определенные физические процессы или системы. Тинберген воспользовался этим термином в экономике, несмотря на то что его модели были предназначены для того, чтобы придумать способы прогнозировать зависимость между экономическими переменными, например, между процентными ставками и инфляцией или между зарплатами и производительностью труда (широко известно суждение Тинбергена о том, что компания менее продуктивна, если доход самого высокооплачиваемого работника будет более чем в пять раз превышать доход самого низкооплачиваемого работника — золотое правило, которое сегодня в значительной степени забыто). В отличие от физики, где люди работают с четко сформулированными теориями, математическая экономика имеет дело почти исключительно с моделями**.

* Заявление о происхождении термина «модель» исходит от Мэри Морган (2003 г.). Краткую биографическую справку о Тинбергене см. у Хендри и Морган (1996 г.); более подробное обсуждение его работы см. у Морган (1990 г.).

** Взаимосвязь между моделями и теориями и описание различий между моделями в экономике и теориями в физике — это предмет работы Дермана (2011b).

К моменту публикации книги Кутнера в 1964 году идея о том, что рыночные цены подвержены случайным блужданиям, уже хорошо укоренилась, и многие экономисты признавали, что ответственность за это лежала на Башелье. Но модель случайных блужданий не была кульминацией его диссертации. Он рассматривал ее как подготовительную работу, служащую его истинно главной цели — созданию моделей опционного ценообразования. Опцион — это вид дериватива, дающий владельцу опциона право купить (или иногда продать) конкретную ценную бумагу, например акцию или облигацию, по заранее установленной цене (которая называется «цена-страйк») в какой-то момент в будущем (дата истечения срока опциона). Когда вы покупаете опцион, вы не покупаете напрямую акции, вы покупаете право торговать этими акциями в какой-то момент в будущем, но по цене, на которую согласны в настоящий момент. Цена опциона должна соответствовать стоимости права на покупку чего-либо в определенный момент в будущем.

Даже в 1900 году любому интересующемуся торговлей ценными бумагами было очевидно, что стоимость опциона должна быть каким-либо образом связана со стоимостью ценной бумаги, лежащей в основе этого опциона, а также с ценой-страйк. Если акция Google торгуется по цене 100 долларов, а у меня есть контракт, дающий право на покупку акции Google за 50 долларов, этот опцион принесет мне не менее 50 долларов на акцию, поскольку я могу купить ее по льготному тарифу, а затем сразу же продать с прибылью. Напротив, если опцион дает мне право на покупку акции за 150 долларов, он не будет очень выгоден для меня, если, конечно, цена на акции Google резко не вырастет выше 150 долларов. Но вопрос о том, сколько право сделать что-либо в будущем должно стоить сейчас, в начале XX века оставался открытым.

Ответ Башелье строился на идее справедливого пари. Пари в теории вероятности считается справедливым, если средний результат для обоих участников равен нулю. Это означает, что в среднем через несколько повторных ставок оба игрока останутся при своих деньгах. Между тем несправедливое пари — это когда предполагается, что один из игроков в конечном итоге потеряет свои деньги. Башелье утверждал, что опцион сам по себе является чем-то вроде пари. Человек, продающий опцион, ставит на то, что с момента продажи

до момента окончания срока опциона цена лежащей в его основе ценной бумаги упадет ниже цены-страйк. Если это произойдет, продавец выиграет пари, то есть получит прибыль от опциона. Между тем покупатель опциона делает ставку на то, что в какой-то момент цена лежащей в его основе ценной бумаги превысит цену-страйк. В этом случае покупатель получает прибыль, исполнив опцион и немедленно продав лежащую в его основе ценную бумагу. Так сколько же должен стоить опцион? Башелье утверждал, что справедливой ценой опциона будет та, которая сделает его справедливым пари.

В целом, чтобы определить, справедливо ли пари, вам необходимо знать, какова вероятность каждого конкретного результата, а также сколько вы получите (или потеряете), если будет именно этот результат. То, сколько вы получите или потеряете, определить легко, поскольку это разница между ценой-страйк опциона и рыночной ценой лежащей в его основе ценной бумаги. Но, вооружившись моделью случайных блужданий, Башелье также знал, как рассчитать вероятность того, что конкретная акция превысит (или не превысит) цену-страйк в конкретном временном интервале. Объединив эти два элемента, Башелье продемонстрировал, как рассчитать справедливую цену опциона. Задача решена.

Здесь необходимо подчеркнуть важный момент. Мы часто слышим, что рынки непредсказуемы, потому что они случайны. В каком-то смысле это справедливо. Модель случайных блужданий Башелье указывает на то, что невозможно прогнозировать, пойдет ли какая-либо конкретная акция вверх или вниз и принесет ли ваш портфель прибыль. Но есть и другой смысл, в котором некоторые особенности рынков прогнозируемы именно потому, что они случайны. Именно потому, что рынки случайны, можно использовать модель Башелье для вероятностных прогнозов, которые благодаря закону больших чисел (математический результат, обнаруженный Бернулли, который увязывает вероятность с частотой) дают информацию о том, как будут себя вести рынки в долгосрочной перспективе. Такого рода прогнозы бесполезны для тех, кто играет на бирже напрямую, потому что это не позволяет игроку отобрать акции, которые будут выигрывать. Но это не означает, что статистические прогнозы бесполезны для инвесторов. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть на модель опционного ценообразования Башелье, где допущение о том,

что рынки для базовых активов случайны, является ключом к ее эффективности.

Но формула опционного ценообразования не гарантирует, что вам пора отпрапляться в банк. Нужен какой-то способ использования информации, предоставляемой формулой, чтобы принимать инвестиционные решения и получать конкурентное преимущество на рынке. Башелье не предложил никакого четкого понимания того, как включить модель опционного ценообразования в стратегию биржевой игры. В этом заключалась одна из причин, почему модели опционного ценообразования Башелье было уделено меньше внимания, чем его модели случайных блужданий, даже после повторного «открытия» его диссертации экономистами. Вторая причина состояла в том, что еще долгое время после написания им диссертации опционы оставались сравнительно экзотичными инструментами, так что даже когда экономисты в 1950–1960-е годы заинтересовались моделью случайных блужданий, модель опционного ценообразования казалась им замысловатой и нерелевантной. В Соединенных Штатах, например, большая часть опционных сделок считалась незаконной. Ситуация изменилась в конце 1960-х годов, а затем еще раз — в начале 1970-х. Тогда схемы опционного ценообразования в стиле Башелье позволили сколотить огромные богатства.

Башелье пережил Первую мировую войну. Он был демобилизован из армии в последний день 1918 года. Возвратившись в Париж, Башелье обнаружил, что его должность в университете ликвидирована. Но в целом послевоенные дела Башелье стали налаживаться. Многие перспективные молодые математики погибли на фронте, вакансии в университетах освободились. Первые послевоенные годы — с 1919 по 1927 год — Башелье работал приглашенным профессором сначала в Безансоне, затем в Дижоне и, наконец, в Ренне. Ни один из этих университетов не считался очень престижным, но все они предлагали Башелье оплачиваемые преподавательские должности, что тогда было большой редкостью во Франции. Наконец в 1927 году Башелье был назначен на профессорскую должность в Безансоне, где и преподавал до своего ухода на пенсию в 1937 году. Он прожил еще девять лет, редактируя и переиздавая труд, написанный им на более раннем этапе своей научной карьеры. С момента, когда он стал профессором, и до смерти Башелье опубликовал всего одну новую работу.

Событие, произошедшее в 1926 году (за год до того, как он наконец получил постоянную должность), омрачило последние годы преподавательской деятельности Башелье и может объяснить, почему он перестал издавать новые труды. В тот год Башелье подал заявление на постоянную должность в Дижоне. Одного из коллег, рецензировавших его труд, смутила система обозначений Башелье. Полагая, что обнаружил ошибку, он направил документ Полю Леви, молодому, но уже известному специалисту в области теории вероятности. Леви, взглянув только на ту страницу, на которой предположительно была ошибка, подтвердил подозрения дижонского математика, и Башелье внесли в «черный список» Дижонского университета. Позднее он узнал о роли Леви в своем фиаско. Башелье пришел в ярость. Он разослал письма с заявлением о том, что Леви сломал ему научную карьеру, не разобравшись в его работе*. Год спустя Башелье получил работу в Безансоне, но «дурная слава» о правомерности большей части трудов Башелье остались. По иронии судьбы, в 1941 году Леви прочитал последнюю работу Башелье, темой которой было броуновское движение**. Леви тоже работал над ней, и он нашел, что труд великолепен. Леви вступил в переписку с Башелье, вернулся к его более раннему труду и понял, что в тот раз ошибся он сам, а не Башелье, — из-за системы обозначений и вольного стиля Башелье его труд был сложен для внимательного прочтения, но по сути не содержал ошибок. Леви открыто написал об этом Башелье, они помирились примерно в 1942 году.

На труд Башелье ссылается ряд известных математиков, работавших в начале XX века над теорией вероятности. Но как показывает переписка Башелье с Леви, многие из наиболее влиятельных французских ученых либо не знали о нем, либо списывали со счетов его труд как несущественный и несовершенный. Учитывая значение, придаваемое его идеям сегодня, остается только заключить, что Башелье просто опередил свое время. Вскоре после смерти Башелье его

* Это письмо приводят Курто и Кабанова (2002 г.).

** Должно быть, это труд Башелье 1941 г. Версия истории, которую я здесь излагаю, взята у Такку (2001 г.). Она основана на написанных в тот же период заметках на экземпляре работы Башелье (1941 г.) Леви. Сам Леви в значительно более позднем письме Бенуа Мандельброту вспоминает немного другую историю: он встретил ссылку на Башелье у Колмогорова в 1931 году и сразу же вернулся к работе Башелье. Однако наличие работы 1941 года с аннотациями Леви, касающимися последних сверок, предполагает, что память изменила Леви. Подробнее о Леви см. Биографическую справку в работе Мандельброта (1982 г.).

идеи выплыли в трудах Самуэльсона, его учеников, других ученых, которые, как и Башелье, пришли в экономику из других областей знания: математика Бенуа Мандельброта и астрофизика М. Ф. М. Осборна. Перемены начались в академическом, финансовом мире, они принесли новым провидцам такое признание, какое Башелье не снилось.

Глава 2

Против течения

Мать Маури Осборна, Эйми, была страстным садоводом. К тому же она была женщиной практичной*. Вместо того чтобы покупать удобрения в магазине, она выходила в поле рядом с домом в Норфолке, на котором паслись лошади, и собирала навоз для своего сада. А еще она не одобряла безделье. Если Эйми заставляла своих сыновей слоняющимися без дела, она в срочном порядке находила им работу: покрасить крыльцо, подстричь траву, вырыть компостную яму. Когда Осборн был молод, он с готовностью выполнял задания матери. Покраска крыльца и рытье ямы были, по его мнению, достаточно увлекательным занятием, другие ее задания, то же подстригание газона, были скучными. Но все же лучше, чем сидеть без дела. Как только Маури становилось скучно, он шел к матери и спрашивал, чем может быть полезен, и она всегда находила ему работу.

Однажды она сказала, что мимо ворот только что проехала тележка для перевозки льда. Тележку тащила лошадь, что означало, что на дороге останутся чудесные кучи навоза. «Иди собери навоз, смешай его с водой и полей хризантемы», — сказала она ему**. Осборну не очень понравилось это задание. Была середина дня, его друзья гуляли на улице, и когда они увидели его, стали дразниться. Краснея и злясь, он собрал навоз в большое ведро и вернулся во двор.

* Об Осборне не написано почти ничего, хотя его вклад в начальный этап изучения случайности рынка общепризнан. О нем есть краткое упоминание у Бернштайна (1993 г.). Биографические материалы этой главы получены из многочисленных интервью, взятых у его двоих детей, Холли Осборн и Питера Осборна; из интервью с одним из его коллег, Джо Мерфи; и особенно из документов, предоставленных мне его семьей. Среди этих документов было две автобиографии, которые Осборн написал по просьбе своей семьи в 1987 году (Осборн, 1987a, b). Холли, Питер и их сестра Мелита Осборн Картер были достаточно великодушны: и прочитали ранний вариант этой главы и проверили ее на точность изложения фактов.

** Это цитата из более короткого из двух автобиографических документов, которые Осборн диктовал перед смертью (Осборн, 1987b).

Наполнил ведро водой из шланга, начал размешивать свежий навоз. Это была отвратительная работа, Осборн был раздражен. Жидкий навоз неожиданно выплеснулся из ведра прямо ему на ноги. Это была кульминация: Осборн зарекся никогда больше никого не спрашивать, чем он может быть полезен, — он будет сам решать, что хочет делать, и будет делать именно это.

По мере развития научной карьеры Осборн оставался верен этому зароку. Сначала он учился на астронома, занимался вычислением орбит планет и комет. Но никогда не ограничивался рамками чистой науки. Незадолго до того как Соединенные Штаты вступили во Вторую мировую войну, Осборн ушел из аспирантуры и поступил в Военно-морскую научно-исследовательскую лабораторию (ВМНИЛ), занимавшуюся проблемой распространения звуковых волн в водной среде и физикой подводных взрывов*. Эта работа имела мало общего с астрономическими наблюдениями, но Осборн посчитал, что это интересно. До окончания войны он принял участие в нескольких проектах. В 1944 году он, например, написал работу по аэродинамике крыльев насекомых. В 1940-х годах энтомологи еще не имели представления о том, почему насекомые летают. Их тела казались слишком тяжелыми для подъемной силы, создаваемой крыльями. В общем, у Осборна оставалось немного свободного времени, и вместо того, чтобы спрашивать представителей военно-морских сил, что необходимо сделать, он решил потратить его на решение проблемы полета насекомых. И это ему удалось: он показал, что если учитывать и подъемную силу крыльев, и силу их трения, можно найти объяснение, почему насекомые летают и как управляют своим полетом**.

После войны Осборн пошел еще дальше. Он обратился к руководителю отдела акустики ВМНИЛ, где все еще работал, и сказал, что работу «на государство» он может сделать за два часа в день. Смелое заявление боссу, можете подумать вы. Но Осборн на этом не остановился. Он сказал, что даже два часа в день — это больше, чем ему

* Подробнее об истории ВМНИЛ как до, так и после Второй мировой войны см. у Эллисона (1985 г.) и Гебхарда (1979 г.).

** Эта работа Осборна (1951 г.) еще шесть лет не появлялась в печати, потому что, несмотря на то что Осборн имел институциональную поддержку, позволявшую ему работать над тем, что ему нравилось, у него возникали сложности, когда он попытался найти журналы, в которых можно было бы напечатать междисциплинарные работы. Работа о полете насекомых была в конечном итоге опубликована в «Журнале экспериментальной биологии».

хотелось бы работать на государство. У него есть своя тема, и он хочет ею заняться. Осборн дал ясно понять начальнику, что его новый проект не имеет ничего общего с интересами флота. Поразительно, но босс ответил: «Вперед».

Осборн проработал в ВМНИЛ еще около тридцати лет, но с момента того самого разговора он занимался исключительно собственными проектами*. В большинстве случаев они были мало связаны с флотом, и все же ВМНИЛ продолжала поддерживать его в течение всей карьеры. Работы Осборна охватывали широкий круг проблем — от фундаментальных задач общей теории относительности и квантовой механики до изучения глубоководных океанических течений. Но его основная работа, благодаря которой его лучше всего знают сегодня, была посвящена совсем другой теме. В 1959 году Осборн опубликовал труд под названием «Броуновское движение на фондовом рынке». Для абсолютного большинства представителей научного сообщества и Уолл-стрит было неожиданностью, что физикам есть что сказать о финансах.

Как бы вы ни смотрели на труд Башелье, он был гениален. Башелье-физик предвосхитил одну из наиболее важных ранних работ Эйнштейна, в которой однозначно доказано существование атомов и которая положила начало новой эре науки и техники. Башелье-математик развил теории вероятности и случайных процессов до такого высокого уровня, что остальным математикам понадобилось три десятилетия, чтобы наверстать упущенное. А как специалисту по математическому анализу финансовых рынков равных Башелье просто не было. В любой области знаний крайне редко появляется столь зрелая теория при таком небольшом объеме предшествующих ей исследований. По справедливости Башелье должен был стать для науки о финансах тем, кем Ньютон стал для физики. Но научная карьера Башелье потерпела крах в значительной степени потому, что научное сообщество не оказало поддержки этому оригинальному мыслителю.

* Он также работал консультантом. Другие ученые, работавшие на ВМФ, могли прийти к нему в офис и задать свои вопросы. Осборн был достаточно находчивым и изобретательным, являлся источником сведений для лаборатории, даже несмотря на то что не принимал непосредственного участия в ее научно-исследовательских инициативах. Он оказывал помощь во время поисковой операции американской АПЛ «Thresher», пропавшей во время глубинных испытаний в 1963 году.

А спустя всего несколько десятилетий Маури Осборн буквально процветал в государственной лаборатории. Он мог работать над чем угодно, не встречая никакого противодействия. У Башелье и Осборна было много общего: оба были невероятно изобретательны, достаточно оригинальны, чтобы находить вопросы, которые не приходили в голову другим ученым, обладали достаточными знаниями, чтобы найти на них ответы. Но когда Осборн случайно столкнулся с задачей, которую Башелье рассматривал в своей диссертации (задачей прогнозирования цен на акции), и приступил к выработке своего решения, необыкновенно похожего на решение Башелье, он делал это в совершенно других условиях. Статья «Броуновское движение на фондовом рынке» была тоже не совсем обычной статьей. Но в Соединенных Штатах в 1959 году было вполне приемлемым и даже поощрялось, когда физик работал над подобными задачами. Как говорил Осборн, «физики, по существу, не могут заблуждаться». Почему же все так изменилось?

Нейлон*. Американские женщины первыми познакомились с нейлоном на Международной ярмарке 1939 года в Нью-Йорке и были им очарованы. Год спустя, 15 мая 1940 года, когда капроновые чулки были выпущены в продажу в Нью-Йорке, в первый день было продано 780 000, а к концу недели — 40 миллионов пар. К концу года Du Pont, компания, которая изобрела и изготовила нейлон, продала 64 миллиона пар капроновых чулок только в Соединенных Штатах. Нейлон был крепким и легким. Он отталкивал грязь и был водостойким, в отличие от шелка, который был наиболее предпочтительным материалом для изготовления чулочных изделий до тех пор, пока на арену не вышел нейлон. Плюс к тому, нейлон был значительно дешевле, чем шелк или шерсть. По словам Philadelphia Record**, появление нейлона было «более революционным событием, чем нападение марсиан».

Но революционные последствия появления нейлона вышли далеко за рамки женской моды и одежды для фетишистов. Программа

* История разработки нейлона и участия Du Pont в плутониевом проекте взята из работ Хауншелла и Смита (1988 г.), Хауншелла (1992 г.) и Ндиайе (2007 г.). Дополнительные подробности взяты у Хэндли (2000 г.); история Манхэттенского проекта — см. работы Багготта (2009 г.), Родеса (1995 г.), Джонса (1985 г.) и Грувза (1962 г.). Подробнее о рождении и развитии «большой науки» см. у Гэлисона и Хэвли (1992 г.) или Гэлисона (1997 г.).

** Philadelphia Record от 10 ноября 1938 года (Хэндли, 2000 г.).

компании Du Pont, приведшая к изобретению нейлона, наряду с рядом научно-исследовательских программ, запущенных в 1930-е годы компаниями Southern California Edison, General Electric и Sperry Gyroscope Company, университетами Стэнфорда и Беркли, ознаменовала приход новой культуры ведения научных исследований в Соединенных Штатах.

В середине 1920-х годов в Du Pont было несколько независимых подразделений со своими научно-исследовательскими отделами. Было также и небольшое центральное научно-исследовательское подразделение, которое возглавлял Шарль Стайн. И Стайн столкнулся с проблемой. При таком большом количестве крупных специализированных научно-исследовательских групп, каждая из которых работает на отдельное подразделение компании, необходимость существования центральной научно-исследовательской структуры, мягко говоря, вызывала сомнения. Чтобы центральное научно-исследовательское подразделение сохранить, не говоря уже о том, чтобы оно развивалось, Стайн должен был сформулировать задачи, которые бы оправдывали его существование. Решение, к которому он в конечном счете неожиданно пришел и которое реализовал в 1927 году, заключалось в создании Группы фундаментальных исследований в рамках центрального научно-исследовательского подразделения. Идея заключалась в том, что многие промышленные отделы Du Pont опирались в своих исследованиях на ядро фундаментальных наук. Но научно-исследовательские группы в этих подразделениях были слишком сосредоточены на насущных задачах, чтобы заниматься фундаментальными исследованиями. Группа же Стайна будет работать над «сиротевшими» фундаментальными научными проблемами, закладывая тем самым основу будущей прикладной работы. Стайн заполучил химика из Гарварда по имени Уоллес Каротерс. Он и возглавил эту новую программу.

Каротерс и группа молодых ученых провели следующие три года, исследуя и подробнейшим образом описывая свойства различных полимеров — химических соединений, состоящих из множества маленьких идентичных элементов (называемых мономерами), связанных между собой в цепочку. На начальном этапе их работа была свободна от коммерческих расчетов. Центральное научно-исследовательское подразделение компании Du Pont функционировало

исключительно как научно-исследовательская лаборатория. Но потом, в 1930 году, группа Каротерса совершила два крупных прорыва. Сначала они открыли синтетическую резину — неопрен. Позднее, в том же месяце, они первыми в мире создали полностью синтетическое волокно.

Неожиданно у группы фундаментальных исследований Стайна появилась потенциальная возможность заработать для компании реальные и быстрые деньги. Руководство Du Pont обратило на них внимание, Стайн получил продвижение по службе — его ввели в состав исполнительного комитета, а нового человека, Элмера Болтона, поставили во главе его подразделения. Раньше Болтон руководил научно-исследовательской работой в отделе органической химии и в противоположность Стайну был значительно менее терпим к исследованиям, не имеющим четко обозначенной сферы применения. Он быстро передал исследование неопрена в свой бывший отдел, у которого был значительный опыт работы с резиной, и порекомендовал группе Каротерса сосредоточиться на синтетических волокнах. Первоначально созданное ими волокно обладало некоторыми отрицательными свойствами: оно плавилось при низких температурах, растворялось в воде. Но к 1934 году Каротерс предложил идею нового полимера, который, как он считал, будет сохранять стабильность при вытягивании в волокна. Пять недель спустя в лаборатории был произведен первый нейлон.

В течение следующих пяти лет компания Du Pont наладила серийный выпуск нового волокна. Жизнь нейлона началась с исследовательской лаборатории. Нейлон олицетворял собой новейшую технологию, основанную на последних достижениях химии того времени. Но вскоре он превратился в конкурентоспособный продукт, производимый промышленным способом. Это тоже была в своем роде новация: так же как нейлон олицетворял крупный прорыв в химии полимеров, программа коммерциализации Du Pont была прорывом в сфере индустриализации достижений фундаментальных исследований.

Несколько важных моментов отличали этот процесс. Во-первых, он требовал тесного взаимодействия научных сотрудников центрального научно-исследовательского подразделения, занимавшихся фундаментальными исследованиями, отраслевых ученых, работавших

в разных научно-исследовательских подразделениях, инженеров-химиков, отвечавших за строительство нового завода и фактически занимавшихся производством нейлона. Когда разные группы объединились и стали сообща решать одну задачу за другой, традиционные границы, разделявшие фундаментальные, прикладные исследования и инженерно-техническую работу, рухнули.

Во-вторых, в Du Pont все этапы производства полимеров разрабатывались параллельно. То есть вместо того чтобы ждать, пока группа полностью исследует первый этап процесса (скажем, химическую реакцию, в результате которой фактически получался полимер), а затем переходить к следующему этапу (скажем, разработке метода скручивания полимера в волокно), группы работали над всеми проблемами одновременно. При этом каждая из них воспринимала работу других групп как некий «черный ящик», который обязательно принесет определенный результат, пусть каким-то еще неизвестным способом. Такая схема работы еще больше стимулировала взаимодействие между разными учеными и инженерами, потому что было невозможно отличить начальную стадию фундаментального исследования от более поздних этапов внедрения и использования. Все происходило одновременно.

И наконец, Du Pont начала с того, что сосредоточилась на одном продукте: женских чулочно-носочных изделиях. Другие области применения нового волокна, к примеру, в производстве нижнего белья и ковров, были отложены на потом. Это помогло всем еще больше сосредоточиться на одной задаче. К 1939 году Du Pont была готова показать продукт, а к 1940 году компания уже могла произвести его в достаточном количестве, чтобы выпустить в широкую продажу.

История с нейлоном показывает, как менялась научная атмосфера в Du Pont, сначала постепенно, а потом, к концу 1930-х годов, взрывообразно, когда чистая и прикладная работа тесно объединились. Но как это повлияло на Осборна, который не работал в Du Pont?

К моменту, когда нейлон достиг полок магазинов в Соединенных Штатах, над Европой начали сгущаться тучи грядущей войны. Правительство США начинало осознавать, что, возможно, ему не удастся и дальше соблюдать нейтралитет. В 1939 году Эйнштейн написал письмо президенту Рузвельту, предупреждая его, что немцы могут изобрести ядерное оружие, и побуждая к запуску программы

научных исследований, посвященной использованию урана в военных целях*.

После атаки японцев на Перл-Харбор 7 декабря 1941 года и объявления Германией четыре дня спустя войны Соединенным Штатам научно-исследовательская работа над созданием ядерного оружия резко ускорилась. По ходу работ по изучению свойств урана группа физиков, работавших в Беркли, выделила новый элемент — плутоний, который также можно было использовать в ядерном оружии и производство которого, по крайней мере теоретически, могло быть проще, чем производство урана. В начале 1942 года нобелевский лауреат Артур Комптон тайно создал в Университете Чикаго группу физиков, работавших под прикрытием Металлургической лаборатории («Метлаб»), для изучения нового элемента и определения того, как его можно использовать при создании ядерной бомбы**.

К августу 1942 года «Метлаб» произвела несколько миллиграммов плутония. В следующем месяце в США вплотную приступили к реализации «Манхэттенского проекта»: генералу Лесли Гроувзу из Инженерного корпуса вооруженных сил было поручено руководство проектом. Гроувз оперативно назначил физика из Беркли Дж. Роберта Оппенгеймера, который был в центре самых важных расчетов «Метлаб», руководить этой работой. «Манхэттенский проект» был самым крупным научным предприятием, за которое когда-либо решались взяться в США: на его пике было задействовано 130 000 человек, и в общей сложности его стоимость составила 2 миллиарда долларов (около 22 миллиардов долларов по сегодняшним меркам). Все физическое сообщество страны было стремительно мобилизовано на войну. Научно-исследовательские отделения большинства крупнейших университетов так или иначе принимали участие в проекте, многие физики переехали на новый секретный научно-исследовательский объект в Лос-Аламосе.

Гроувзу надо было решить массу проблем. Одна из самых больших состояла в том, чтобы увеличить производство плутония с нескольких миллиграммов до уровня, достаточного для производства бомб. Трудно преувеличить масштаб этой задачи. В конечном итоге

* См. у Родеса (1995 г.).

** Помимо ссылок, указанных выше по Манхэттенскому проекту, см. работу Комптона (1956 г.).

для этого было выделено шестьдесят тысяч человек, почти половина общего штата сотрудников, работавших над «Манхэттенским проектом». Когда в сентябре 1942 года Гроувз вступил в должность, с компанией Stone and Webster Engineering Corporation уже был заключен контракт на строительство крупного завода по обогащению плутония в Хэнфорде. Но Комптон, который руководил «Метлаб», считал, что компания Stone and Webster не способна выполнить это задание. Комптон озвучил свои опасения, и Гроувз с ними согласился. Но с другой стороны, где можно было найти компанию, способную взять несколько миллиграммов абсолютно нового, самого современного материала и оперативно наладить его производство?

В конце сентября 1942 года Гроувз попросил Du Pont присоединиться к проекту, сообщив об этом Stone and Webster. Через две недели компания Du Pont согласилась сделать гораздо больше: она взяла на себя ответственность за проектирование, строительство и эксплуатацию завода в Хэнфорде. Предполагаемая стратегия? Точно та же, что в свое время сработала с нейлоном. С самого начала Элмер Болтон, который управлял только что завершенным «нейлоновым проектом», и несколько его ближайших соратников взяли на себя роль лидеров в «плутониевом проекте». И так же, как в случае с нейлоном, индустриализация плутония имела громадный успех: немногим более чем через два года «нейлоновая группа» запустила производство плутония в объемах, в миллион раз больших, чем в «Метлаб».

Реализация «нейлоновой стратегии» была непростой задачей, и стратегия эта не была идеально гладкой. Чтобы производить плутоний в больших объемах, необходим ядерный реактор, а до 1942 года их никто ни разу не строил (хотя планы его строительства разрабатывались). Это означало, что новые технологии и фундаментальная наука были для разработки объекта в Хэнфорде в этом случае еще важнее, чем в случае с нейлоном. Физики в «Метлаб» полагали, что они участвуют в проекте, и воспринимали роль Du Pont как сугубо техническую. Они думали, что они, ученые-ядерщики, пребывают на самой вершине человеческих знаний, а отраслевые ученые и инженеры стоят ниже их.

Главная проблема заключалась в том, что физики в значительной степени недооценивали роль, которую призваны сыграть инженеры в строительстве этого объекта. Они утверждали, что Du Pont

возводил ненужные барьеры при проведении научных исследований, сосредоточившись на организации технологического процесса. Как ни парадоксально, эта проблема была решена путем предоставления физикам большей власти: Комптон вел переговоры с Du Pont о том, чтобы позволить физикам из Чикаго рассматривать и утверждать чертежи инженеров Du Pont. Но когда физики увидели истинный масштаб проекта и начали понимать, насколько сложны инженерно-технические работы, многие из них оценили роль инженеров, а некоторые даже всерьез заинтересовались сложными технологическими проблемами.

Вскоре ученые и инженеры стали активно взаимодействовать. И точно так же, как произошли культурные изменения в Du Pont в процессе реализации «нейлонового проекта», когда начали рушиться в прошлом незыблемые границы между наукой и технологией, взаимодействие физиков и инженеров на объекте в Хэнфорде быстро смело старые междисциплинарные барьеры. При строительстве плутониевого производства Du Pont эффективно экспортировала свою культуру ведения научно-исследовательской деятельности во влиятельную группу сугубо университетских физиков-теоретиков и физиков-экспериментаторов. И культурные изменения укоренились. После окончания войны физики привыкли к новым взаимоотношениям между чистой наукой и прикладной работой. Даже для главных физиков-теоретиков стало абсолютно приемлемым работать над практическими задачами реальной жизни. И что не менее важно, физики научились убеждать своих коллег-практиков в том, что их фундаментальные исследования «интересные» и их можно широко применять.

«Нейлоновый проект» Du Pont был не единственным примером развития в 1930-е годы новой культуры ведения научно-исследовательской деятельности, а объект в Хэнфорде и «Метлаб» — единственными государственными лабораториями, в которых в годы Второй мировой войны в тесном контакте трудились физики и инженеры. Аналогичные изменения происходили в Лос-Аламосе, военноморской научно-исследовательской лаборатории, радиационных лабораториях в Беркли и МТИ, во многих других местах по всей стране, по мере того как нужды промышленности, а затем и военные нужды заставляли физиков изменить свои взгляды. К концу войны обстановка изменилась. Ученый-джентльмен конца XIX — начала XX века

больше уже не мог трудиться, пребывая в иллюзии, что его работа выше мирских дел. Физика стала слишком многогранной и слишком дорогой. Стена, разделявшая чистую и прикладную физику, была разрушена.

Родившийся в 1916 году Осборн был исключительно развитым ребенком. Он окончил школу в пятнадцать лет, но родители не позволили ему продолжить обучение в колледже в таком раннем возрасте*, и он провел год на ненавистном подготовительном отделении, прежде чем поступил в Университет Вирджинии на специальность «астрофизика». Интеллектуальная независимость и врожденная любознательность к самым разнообразным областям знаний, которая позднее станет отличительной чертой его научной карьеры стали очевидными довольно рано. Прочувшись год в колледже, Осборн решил, что уже получил достаточно знаний. Летним днем, закончив работу в обсерватории «Маккормик» в Шарлотсвилле, он решил бросить учебу. Вместо того чтобы вернуться в университет, он провел некоторое время, занимаясь физическим трудом. Осборн рассказал родителям о своих планах. Они знали, что сына бесполезно пытаться отговаривать, и обратились к друзьям, у которых была ферма. Осборн поехал к ним. Но на Рождество его отправили домой, а вскоре пришло письмо от владелицы фермы, в котором она сообщила, что с нее достаточно — больше она его не хочет видеть. Остаток года Осборн провел в Норфолке с тачкой в руках, помогая ремонтировать школьные игровые площадки. Год тяжелого физического труда убедил Осборна, что, в конце концов, университетская жизнь не так уж плоха. В следующем сентябре он вернулся в университет.

После окончания колледжа Осборн отправился на запад — в Беркли, изучать астрономию в аспирантуре. Там он встретил и стал тесно сотрудничать со светилами университетского отделения физики, включая Оппенгеймера. Там его и застала Вторая мировая война, разразившаяся в Европе в 1939 году. К весне 1941 года многие физи-

* Хотя это правда, Осборн рассказывал эту историю немного по-другому. Когда он окончил школу, он хотел сразу поехать в Университет Вирджинии, но родители сказали, что в проспекте колледжа указано, что они не принимают таких молодых студентов. На следующий год, когда он пошел на собеседование в университет, сотрудник, проводивший собеседование, сказал, что они были бы рады принять его и в пятнадцать лет. После этого Осборн всегда приводил историю с проспектом колледжа (явно придуманную его родителями) в качестве подтверждения тезиса о том, что никогда не надо верить написанному. Такая независимость была отличительной особенностью интеллектуальной жизни Осборна.

ки, включая Оппенгеймера, начинали задумываться о работе на военную промышленность, в том числе и об использовании ядерного оружия. Осборн увидел в этом зловещее предзнаменование. Понимая, что, вполне вероятно, его рано или поздно призовут в армию, он попытался добровольно поступить на военную службу, но его не взяли, он был близоруким (в начале войны рекрутеры могли себе позволить быть привередливыми). Поэтому Осборн послал заявление в ВМНИЛ, и лаборатория предложила ему работу в Отделе акустики. Государство в то время уже было готово оказывать поддержку междисциплинарным исследованиям.

Осборн начал «Броуновское движение на фондовом рынке» с мысленного эксперимента*.

«Представим себе статистика, — писал он, — обученного, например, астрономии и полностью незнакомого с финансами, которому дают страницу из *The Wall Street Journal*, на которой перечислены сделки, проведенные на Нью-Йоркской бирже за конкретный день». Осборн начал задумываться о фондовом рынке приблизительно в 1956 году, после того как его жена Дорис (тоже астроном) родила вторую пару близнецов — восьмого и девятого ребенка Осборнов. Осборн посчитал, что пришла пора задуматься о финансировании будущего. Нетрудно представить, как Осборн спускается в магазин и выбирает экземпляр свежего номера *The Wall Street Journal*. Он приносит его домой, садится в кухне у стола и открывает раздел с описанием сделок, совершенных накануне. Здесь он находит сотни, возможно, тысячи цифровых данных, расположенных в колонках, обозначенных незнакомыми, ни о чем ему не говорящими терминами.

Статистик с астрономическим образованием не знает, что означают надписи над столбцами цифр, как интерпретировать вписанные в них данные, но это не страшно. Цифровые данные не пугали Осборна. В конце концов, он в своей жизни перевидал столько страниц с данными, каждую ночь регистрируя движение небесных тел. Сложность состояла в том, чтобы понять, как эти цифры связаны друг с другом, определить, какие цифры давали информацию о других цифрах, и понять, может ли он что-либо спрогнозировать. На самом

* См. работу Осборна (1959 г., с. 146–147). Довольно легко представить себе описанную им сцену.

деле он должен построить модель на основе экспериментальных данных, чем ему уже приходилось заниматься множество раз. Осборн закатывает рукава, окунается в море цифр. И обнаруживает несколько знакомых ему моментов: цифры, соответствующие цене, ведут себя точно так же, как частицы, беспорядочно движущиеся в жидкости. Насколько Осборн понял, эти цифры подобны пыли, демонстрирующей броуновское движение.

Первый вклад Осборна в теорию поведения фондового рынка, имевший наиболее далеко идущие последствия, во многих отношениях повторял диссертацию Башелье. Но было одно большое отличие. Башелье утверждал, что в каждый момент цены на акции могли немного подняться и в равной степени так же немного опуститься. Из этого он заключил, что цены на акции имеют гауссовское (нормальное) распределение*.

Осборн сразу отверг эту идею (и Самуэльсон тоже — он назвал этот аспект труда Башелье абсурдным). Простой способ проверить гипотезу о том, что степени вероятности, определяющей будущие цены на акции, определяются путем гауссовского (нормального) распределения, — это выбрать произвольный набор акций и составить график движения их цен. Если бы гипотеза Башелье была правильной, можно было бы предположить, что график цен на акции примет форму, напоминающую гауссову кривую.

Но когда Осборн попробовал его построить, он обнаружил, что цены совсем не соответствуют гауссовскому распределению! Другими словами, если бы вы посмотрели на полученные данные, выводы Башелье сразу же исключались. (Надо отдать ему должное, Башелье действительно проверил данные, полученные эмпирическим путем, но не учел определенной необычной характерной особенности выбранного им рынка рентных бумаг — динамика их цен была очень медленной и их цена никогда не менялась на большую сумму. И из-за этого его модель казалась более эффективной, чем была на самом деле.)

Так как же выглядело распределение цен у Осборна? Оно выглядело как горб с длинным хвостом с одной стороны и практически без хвоста — с другой. Эта форма мало напоминает колокол, но Ос-

* Историю распределения вероятностей (вероятностного закона), в том числе лог-нормальных распределений, см. у Каселла и Бергера (2002 г.), Кэтрин Форбс и др. (2011 г.).

борну она показалась очень знакомой. Вот что вы получаете, когда сами по себе нормально распределяются не цены, а норма прибыли на инвестированный капитал (доходность). Доходность акции может представляться как средний процент, на который каждый момент меняется цена. Представим, что вы взяли 200 долларов, положили 100 долларов на сберегательный счет и использовали оставшиеся 100 долларов на покупку нескольких акций. Через год, возможно, у вас не будет 200 долларов (у вас может быть больше или меньше) из-за того, что на сберегательный счет будут начислены проценты, а цены на приобретенные вами акции изменятся. Доходность акций может восприниматься как процентная ставка, которую ваш банк должен был бы вам выплатить (или взыскать), чтобы поддерживать одинаковые остатки на ваших двух счетах. Это — способ отразить изменение цены на акцию по сравнению с ее первоначальной ценой.

Доходность акции соотносится с изменением цены с помощью математической операции, известной как логарифм. По этой причине, если уровни доходности распределяются нормально, гауссово (нормальное) распределение цен на акции должно давать нечто, известное как логарифмически нормальное (log-нормальное) распределение (как оно выглядит, см. график 2). Log-нормальное распределение выглядит как смешной горб с хвостом, который Осборн и получил, когда рисовал график фактических цен на акции. Главная идея этого анализа заключалась в том, что случайные блуждания претерпевает именно доходность, а не цена.

Это наблюдение устраняет серьезнейшую проблему модели Башелье. Если цены на акции распределяются нормально и ширина распределения определяется временем, то в этом случае модель Башелье предсказывает, что через достаточно большой промежуток времени всегда будет существовать шанс, что любая заданная цена акции станет отрицательной. Но это невозможно: акционер не может потерять больше, чем он первоначально инвестировал. В модели Осборна эта проблема отсутствует. Независимо от того, насколько отрицательной станет величина доходности акции, сама цена никогда не станет отрицательной — она просто все больше и больше будет приближаться к нулю.

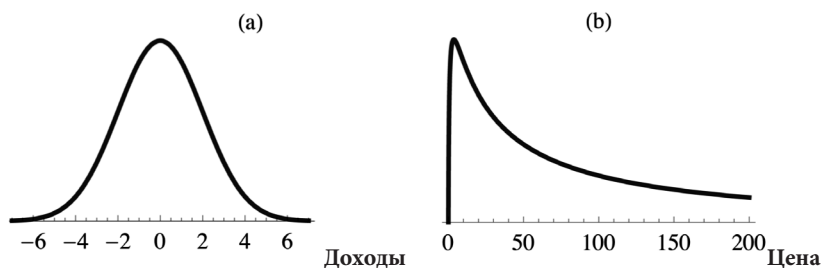


Рис. 2. Степень вероятности в модели Осборна

Рисунок 2. Осборн утверждал, что нормально распределяется доходность, а не цены. Поскольку цена и доходность связаны логарифмом, модель Осборна подразумевает, что цены должны распределяться лог-нормально. Эти графики показывают, как будут выглядеть эти два распределения в определенный момент в будущем для акции, цена которой в настоящий момент составляет 10 долларов. График (а) — это пример нормальной обобщенной функции (гауссовского распределения) доходности, а график (b) связан с лог-нормальным распределением цен при указанной вероятности доходности. Заметьте, что на этой модели показатели доходности могут быть отрицательными, а цены никогда не бывают отрицательными.

У Осборна была и другая причина полагать, что претерпевать случайные блуждания должна доходность, а не сама цена. Он утверждал, что инвесторов на самом деле не заботит абсолютная динамика акций. Их заботит изменение процентов. Представьте себе, что у вас есть акция стоимостью 10 долларов и она вырастает на 1 доллар. Вы только что заработали 10%. Теперь представьте, что акция стоит 100 долларов. Если она поднимется на 1 доллар, вы будете довольны, но не настолько, поскольку вы заработали всего 1%, несмотря на то что в обоих случаях вы заработали 1 доллар. Если акция начинает торговаться на уровне 100 долларов, она должна вырасти до 110 долларов, чтобы инвестор был так же доволен, как когда акция стоимостью 10 долларов выросла до 11. И логарифмы не нарушают эту сведенную от абсолютности к относительности оценку: они обладают чудесным свойством: разница между $\text{Log}(10)$ и $\text{Log}(11)$ равна разнице между $\text{Log}(100)$ и $\text{Log}(110)$. Другими словами, доходность одинакова по акции, которая начинает торговаться по цене 10 долларов и поднимается

до 11 долларов, и по акции, которая начинает торговаться по цене 100 долларов и поднимается до 110 долларов. Статистики скажут, что логарифм цены имеет свойство «равного интервала»: разница между логарифмами двух цен соответствует разнице в психологическом восприятии прибыли или убытка, соответствующего указанным двум ценам.

Возможно, вы заметили, что утверждение в предыдущем абзаце, которое является утверждением Осборна, озвученным в статье «Броуновское движение на фондовом рынке», обладает неожиданной особенностью: в нем говорится, что нас должны интересовать логарифмы цен, потому что они лучше отражают то, как инвесторы воспринимают свои прибыли и убытки. Другими словами, важно не то, какова величина изменения цены акции, а то, как инвестор реагирует на изменение этой цены. На самом деле мотивацией Осборна при выборе логарифмов цены как главной переменной был психологический принцип, известный как закон Вебера—Фехнера*. Закон Вебера—Фехнера был сформулирован в XIX веке психологами Эрнстом Вебером и Густавом Фехнером, чтобы объяснить, как субъекты реагируют на разнообразные физические стимулы. В ряде экспериментов Вебер просил мужчин с завязанными глазами удерживать тяжести. Он постепенно добавлял вес к уже удерживаемому, предполагалось, что мужчины скажут, когда они почувствуют увеличение веса. Оказалось, что если субъект начинал с удерживания маленького веса — всего нескольких граммов, — он чувствовал, когда ему добавляли еще несколько граммов. Но если субъект начинал с большего веса, он не замечал нескольких дополнительных граммов. Выяснилось, что самое небольшое увеличение, которое субъект замечал, было пропорционально начальному весу. Другими словами, психологический эффект изменения стимулирующего воздействия определяется не абсолютной величиной изменения, а его изменением по сравнению с исходной точкой.

По мнению Осборна, тот факт, что инвесторов, похоже, заботит скорее процентное, а не абсолютное изменение, отражает основной психологический факт. В последнее время люди критикуют математическое моделирование финансовых рынков, использующее методы

* См. работу Осборна (1959 г.).

физики, на том основании, что фондовый рынок состоит из людей, а не из кварков и роликов. Физика, утверждают они, хороша для бильярдных шаров и наклонных плоскостей, космических путешествий и ядерных реакторов, но, как говорил Ньютон, она не может предсказывать безрассудство людей. Такого рода критика заимствует многие идеи из области поведенческой экономики, которая пытается постичь суть экономики, заимствуя идеи из психологии и социологии. С ее точки зрения рынки описывают суть слабостей людей — их невозможно свести к формулам из физики и математики. Утверждение Осборна исторически интересно и, на мой взгляд, убедительно уже только по одной этой причине. Оно показывает не только, что математическое моделирование финансовых рынков соответствует суждениям о рынках в контексте психологии инвесторов, но и что лучшие математические модели — это те, которые, как модели Осборна, в отличие от моделей Башелье, учитывают психологию. Безусловно, психология Осборна была примитивна даже по стандартам 1959 года (закону Вебера—Фехнера было уже сто лет, когда Осборн его применил, и значительная часть последующих исследований была посвящена тому, как испытуемые регистрировали изменения). Современная экономика может заимствовать значительно более сложные теории психологии, чем закон Вебера—Фехнера, и позднее мы увидим в нашей книге примеры такого заимствования. Но привлечение новых идей из психологии и смежных областей знания только укрепляет наши возможности использовать математику, чтобы надежно моделировать финансовые рынки, стимулируя делать более реалистичные допущения и помогая выявлять ситуации, в которых множество современных моделей обречены на фиаско.

Осборн работал с самыми выдающимися физиками своих дней, его было не запугать чьим-либо авторитетом. Если он находил решение какой-нибудь задачи или полагал, что что-то понял, он страстно отстаивал свою точку зрения. В начале 1946 года, например, Осборн заинтересовался теорией относительности. Чтобы узнать об этой теории как можно больше, он выбрал книгу Эйнштейна «Значение относительности»*, в которой Эйнштейн выдвигал аргумент о том, как долго во Вселенной могла существовать темная материя.

* Это работа Эйнштейна 1946 г.

Темная материя (материя, которая, как представляется, не испускает и не отражает свет, поэтому мы не видим ее) впервые была обнаружена в 1930-х годах благодаря наблюдениям за вращением галактик. Приверженцы популярной физики знают, что сегодня темная материя представляет собой одну из самых загадочных тайн космологии. Наблюдения за другими галактиками говорят о том, что подавляющее большинство материи во Вселенной невидимо, и это никак не объясняется ни одной из самых прекрасных теорий современной физики.

Эйнштейн предложил простой способ определения нижней границы общего количества темной материи во Вселенной. Он утверждал, что плотность темной материи во Вселенной в целом не меньше плотности галактик (или, правильнее сказать, групп галактик, известных как скопление галактик).

Осборн был не согласен с этим утверждением: ему казалось, что Эйнштейн делает ряд допущений. К тому же в 1946 году выяснилось, что темная материя не имела доступа в определенные части галактики. Как бы то ни было, плотность темной материи должна быть выше в галактике, чем в пространстве в целом.

В 1946 году большинство людей, если они не были согласны с утверждением Эйнштейна об относительности и не слишком сильны в астрофизике, допускали, что они просто чего-то в рассуждениях ученого недопоняли. Эйнштейн уже был иконой. Но Осборн не обращал внимания на такие вещи. Когда он что-либо понимал, он это понимал, и ничья репутация или авторитет не могли испугать его. Осборн написал Эйнштейну письмо*, в котором очень вежливо предположил, что утверждение Эйнштейна нелогично. Эйнштейн в своем ответе перефразировал утверждение, изложенное в книге. И Осборн написал опять. Эйнштейн признал, что его утверждение проблематично, и написал новое. Осборн опроверг и его. В конце переписки, вылившейся в полдюжины писем, стало понятно, что Осборн не убедил Эйнштейна. Но Осборну было очевидно, что высказанное Эйнштейном утверждение потерпело неудачу и что у того не осталось никаких козырей в рукаве**.

* Оригиналы писем хранятся в архиве Эйнштейна в Еврейском университете Иерусалима. Семья Осборна предоставила мне фотокопии (Осборн и Эйнштейн, 1946 г.).

** Я думаю, что сегодня, прочитав эти письма, большинство физиков скажут, что Осборн «выиграл» по итогам переписки.

Осборн приступил к своей работе по экономике с таким же настроем, не задумываясь над тем, что у него нет специального образования в сфере экономики или финансов, и представил свое исследование на суд общественности с уверенностью инженера. Он опубликовал «Броуновское движение на фондовом рынке» в журнале под названием *Operations Research*. Это был не экономический журнал, но достаточное количество экономистов и математиков, интересующихся экономикой, читали его. Исследование Осборна быстро привлекло внимание. Часть читателей отнеслась к труду позитивно, но не все было однозначно. Когда Осборн публиковал свой первый труд по финансам, он ничего не знал ни о Башелье, ни о Самуэльсоне, ни о многочисленных экономистах, которые так или иначе предвосхитили идею о том, что цены на акции носят случайный характер. Многие экономисты указывали на отсутствие в его работе оригинальности. Их было так много, что Осборн был вынужден через несколько месяцев опубликовать вторую статью. В ней он представил краткую историю рождения идеи о том, что рынки носят случайный характер, полностью отдавая должное Башелье за то, что он представил эту идею первым, но одновременно защищая собственные формулировки.

Осборн настаивал на своем, и небезосновательно. Несмотря на связь с более ранними трудами, его работы о хаотичности фондового рынка были достаточно оригинальными, и позднее Самуэльсон отдал ему должное за разработку новой версии гипотезы о случайных блужданиях. Что еще важнее, Осборн подошел к своей модели как настоящий ученый-эмпирик, обученный обрабатывать информацию. Он разработал и применил ряд статистических тестов, предназначенных для подтверждения своей версии модели броуновского движения. Другие исследователи, такие как статистик Морис Кендал*, который в 1953 году продемонстрировал, что цены на акции с одинаковой вероятностью могут идти вверх и вниз, провели эмпирическую работу, посвященную случайному характеру цен на акции. Но Осборн был первым, кто продемонстрировал рынкам важность лог-нормального распределения. Он был также первым, кто четко сформулировал модель работы случайности фондового рынка и то, как ее можно использовать для определения вероятности будущих цен (и нормы

* См., в частности, работу Кендала 1953 г. Работа Кендала о случайности цен на акции подробно описана у Бернштайна (1993 г.).

доходности). Были предоставлены убедительные данные о том, что эта конкретная модель отражает реальное поведение рынка. И несмотря на более ранние оговорки относительно оригинальности Осборна, экономисты вскоре признали, что он, как никто ранее, соединил теорию с доказательной базой. Когда Пол Кутнер из МТИ собирал самые важные труды по гипотезе случайных блужданий для своего сборника 1964 года (с диссертацией Башелье), он включил в него две работы Осборна. Одна из них 1959 года о броуновском движении; другая — в подробностях обобщавшая более ранний труд.

К тому времени, когда Осборн начал задумываться о рынках, он издал уже пятнадцать работ по физике и связанной с ней тематике. Он работал в ВМНИЛ в течение десяти с половиной лет бок о бок с лучшими физиками середины XX века, и тем не менее у Осборна до сих пор не было докторской степени ни по физике, ни по какой бы то ни было другой научной дисциплине. Он бросил аспирантуру в 1941 году, поступив на работу в ВМНИЛ. С одной стороны, степень доктора не представляла большой важности для такого человека, как Осборн; его вполне удовлетворяла его карьера в области физики без докторской степени, и, похоже, никто не сомневался в его исследовательских заслугах. Результаты работы Осборна говорили сами за себя. Однако в середине 1950-х годов он решил, что необходимо получить степень хотя бы потому, что это будет гарантировать продвижение по карьерной лестнице в ВМНИЛ. И вот Осборн последовал примеру коллег из ВМНИЛ и поступил на отделение физики Университета Мэриленда. Там он мог закончить свою научно-исследовательскую работу, не теряя должности в лаборатории.

Первой попыткой Осборна была диссертация на астрономическую тему. Обычно аспиранты сначала пишут реферат на тему будущей диссертации. Осборн же проигнорировал этот этап и сразу написал диссертацию, принес ее руководителю отделения физики. Тот с ходу отверг ее, поскольку нашел исследование Осборна недостаточно оригинальным. Тогда Осборн написал вторую диссертацию, основанную на исследовании, посвященном фондовому рынку. Руководитель отделения отверг и ее тоже, уже на том основании, что это, по его мнению, была не физика. Как позднее сказал об этом Осборн: «Предполагается, что вы проведете оригинальное научное исследование, но если вы окажетесь слишком оригинальным, никто ничего

не поймет»*. Исследование фондового рынка, возможно, и было приемлемой темой для физика из государственного научного сообщества, где высоко ценились любого рода «произведения прикладного искусства». Но с точки зрения традиционного университетского учебного отделения это все же не было «физикой». Хотя Осборна принимали в научном сообществе лучше, чем в свое время Башелье, его все равно считали кем-то вроде вольнодумца, вздумавшего поработать на ниве финансового моделирования.

Даже после двух отвергнутых диссертаций Осборн не сдался. Он отправил «Броуновское движение на фондовом рынке» в Центр технологических исследований и принялся за написание третьей диссертации. В ней он вернулся к проблеме, над которой работал непосредственно перед тем, как задуматься о фондовом рынке. Третья идея касалась миграции лосося**. Лосось проводит большую часть жизни в океане. Но когда приходит время нереститься, он возвращается туда, где родился, зачастую преодолевая тысячи километров против течения реки, впадающей в океан, чтобы выметать икру, а потом умереть. После того как лосось выходит из океанических вод, он ничего не ест. Осборн понял, что можно вычислить, насколько эффективно лосось может плыть, исходя из того, какие расстояния он преодолевает и сколько жира теряет к моменту прибытия на нерест. Идея заключалась в том, чтобы воспринимать лосося как судно, прошедшее определенное расстояние без дозаправки.

Когда он закончил третью диссертацию и представил ее, реакция опять была прохладной. Было неясно, имеет ли и эта диссертация отношение к «физике». В конечном счете диссертация была принята. Университет в это время подавал заявку на предоставление большого гранта в области биофизики (изучения физики биологических систем), и администрации было необходимо доказательство наличия в университете специалистов в этой области. Так, в 1959 году, почти через двадцать лет после того, как он впервые пришел в ВМНИЛ, и в том же году, когда в печать вышла работа «Броуновское движение на фондовых рынках», Осборн наконец получил докторскую степень (и заслуженное продвижение в ВМНИЛ).

* Цитата из работы Осборна (1987а, с. 137).

** Эта работа Осборна была в конечном итоге опубликована в 1961 г.

Труд о миграции лосося имеет удивительную связь с работой Осборна о финансовых рынках. Его модель передвижения лосося против течения подразумевала проведение анализа по нескольким разным временным шкалам. Возникали эффекты, соответствующие тому, насколько хорошо лосось плыл на короткие расстояния, которые зависели от таких факторов, как сила течения в реке на данный момент времени. Были также эффекты, которые невозможно ясно увидеть во время короткого наблюдения за плывущим лососем, но которые становились очевидными, когда речь шла о перемещении лосося, скажем, на тысячу километров. В первом случае этот эффект можно назвать «быстрыми» колебаниями эффективности лосося; во втором — «медленными» колебаниями. Проблема заключалась в том, что данные о медленных колебаниях были значительно полнее. Легко зарегистрировать, сколько лососей (грубо) достигло определенной точки в определенный момент времени; значительно сложнее зарегистрировать, насколько хорошо любой заранее определенный лосось продвигается вперед, когда меняется течение реки.

Осборн разработал теоретическую модель, с помощью которой попытался объяснить как медленные, так и быстрые колебания и показать, как они связаны между собой. Он хотел придумать способ тестирования этой модели. Одним способом могло бы быть получение исчерпывающих данных о конкретном лососе. Но это было трудно сделать, Осборн не имел представления, с чего начать. Другой возможный вариант — определиться с системой, которая бы включала в себя как быстрые, так и медленные колебания. Когда он присел за кухонный стол, чтобы разобраться с биржевыми сводками в *The Wall Street Journal*, он быстро осознал, что у рынков тоже есть разные шкалы колебаний.

Некоторые факторы, такие как подробности работы биржи или взаимодействия трейдеров, могут повлиять на изменение цен в течение дня. Это быстрые колебания, которые лосось испытывает, передвигаясь от одной излучины реки до другой. Но есть и другие факторы, оказывающие влияние на рынок, такие как циклы деловой активности и государственные процентные ставки, которые становятся очевидными, только если посмотреть на них с позиции более длительного временного периода. Это медленные колебания. Оказалось, что мир финансов — идеальное место для сбора информации,

и его можно использовать для тестирования идей Осборна о том, как типы колебаний влияют друг на друга.

Процесс шел и в другом направлении. Разработав миграционную модель лосося в контексте цен на фондовой бирже, он применил ее в физике. Осборн предложил новую модель для глубоководных океанских течений*. В частности, смог объяснить, как хаотичное движение молекул воды (быстрые колебания — на языке труда о лососе) могло вызвать изменения во вроде бы систематических крупномасштабных явлениях, таких как течения (медленные колебания). Осборн видел органическую связь между работами в области физики и области финансов.

Трудно не поддаться соблазну и не переоценить то, как приняли труды Осборна, и то, какое влияние они оказали, потому что, как мы увидим далее, его идеи в конечном счете изменят финансовые рынки. Труд Осборна не произвел такой сенсации на Уолл-стрит, какую позднее произведут версии его идей в интерпретации других исследователей. Осборн был переходной фигурой. Его работы активно читали ученые и некоторые практики, склонные к изучению теории, но Уолл-стрит была еще не готова двигаться в направлении, предложенном Осборном. Отчасти сложность заключалась в том, что Осборн полагал, что его модель хаотичности рынка подразумевала, что невозможно предсказать, как будут с течением времени меняться цены на отдельные акции**. В отличие от Башелье Осборн не привязывал свой труд к опционам, для которых понимание статистических свойств рынка помогает определить, когда цена на них будет адекватной. На самом деле при чтении «Броуновского движения на фондовых рынках» и более позднего исследования Осборна возникает ощущение, что на фондовом рынке отсутствует способ получения прибыли: цены непредсказуемы, доход биржевика в среднем равен нулю. Инвестирование на фондовом рынке — предприятие, обреченное на провал.

Позднее люди посмотрят на труд Осборна внимательнее и увидят в нем нечто более оптимистичное. Если вам известно, что цены на акции главным образом случайны, тогда, как указывал Башелье,

* Эта работа Осборна была опубликована в 1973 г.

** См. работу Осборна (1977 г., с. 96–100).

вы можете определить стоимость опционов и прочих деривативов на основании стоимости этих акций. Осборн не стал развивать исследование в этом направлении — по крайней мере, до конца 1970-х годов, когда это предприняли другие исследователи. Вместо этого он провел остаток своей научной карьеры, по большей части пытаясь найти способы сделать цены на акции не случайными. Другими словами, связав свое имя с необычайно противоречивым заявлением о том, что цены на акции представляют собой «беспросветный бедлам» (слова, которые можно найти во многих его статьях)*, Осборн систематически и обстоятельно пытался найти в этом «бедламе» некий порядок и предсказуемость.

Он добился определенного успеха. Осборн продемонстрировал, что показатель объема торговли — число сделок, произошедших за любой конкретный промежуток времени, — не является константой, как можно наивно допустить в модели броуновского движения. Напротив, есть пики объема в начале и в конце биржевого дня, в течение средней биржевой недели и в течение месяца (все эти колебания, между прочим, представляют собой тот тип «медленных колебаний», который Осборн исследовал одновременно со своим мигрирующим лососем). Эти колебания возникают по причине, которую Осборн воспринимал как еще один принцип рыночной психологии, исходя из того, что у инвесторов ограниченная продолжительность концентрации внимания. Они начинают интересоваться какой-либо акцией, совершают много сделок и повышают, таким образом, объем продаж, затем постепенно их внимание ослабевает и объем продаж сокращается. Если вы предусмотрите изменения объемов, вы должны изменить допущения, лежащие в основе в модели случайных блужданий, и получить новую, более точную модель того, как формируются цены на акции, которую Осборн называл «детализированной моделью броуновского движения».

В середине 1960-х годов Осборн продемонстрировал, что в любой момент времени шансы на то, что акция поднимется в цене, не обязательно равны шансам на то, что цена на акцию упадет. Помните, это допущение было существенной частью модели броуновского дви-

* Цитаты см., например, в работе Осборна (1962 г., с. 378). Наглядные свидетельства того, где Осборн упорно искал эмпирические данные против своей собственной гипотезы, см. в работе Осборна (1967 г.).

жения, в которой делается допущение о том, что вероятность шага в одном направлении настолько же велика, как и вероятность шага в другом направлении? Осборн продемонстрировал, что если акция немного поднялась, значительно более вероятно, что следующим движением будет движение обратно, вниз, а не еще раз вверх. Аналогично, если акция пошла вниз, вероятность того, что она поднимется в следующий раз, когда ее стоимость изменится, значительно выше. То есть в каждый новый момент времени рынок скорее пойдет в обратном направлении, чем сохранит наметившуюся ранее тенденцию. Но у этой монеты была и оборотная сторона. Если акция двигалась в одном направлении дважды, вероятность того, что она продолжит движение в этом направлении, значительно выше. Осборн утверждал, что ответственность за такого рода неслучайность лежала на инфраструктуре торговой площадки, и предложил модель изменения цен, учитывавшую именно такое их поведение.

Это было отличительным признаком исследования Осборна и одной из причин того, что он стал таким важным персонажем нашего рассказа о физике и финансах. Идея, что существует одинаковая вероятность, что цены будут расти или падать, была частью гипотезы об эффективности рынка Осборна, главным допущением его оригинальной модели. Когда же он осознал, что это допущение не имеет силы, он начал искать пути доработки модели, которая бы предусматривала более реалистичное допущение, основанное на реалиях рынка. Осборн с самого начала ясно дал понять, что его методология отвечает духу теоретических работ в астрономии и гидроаэродинамике. В этих областях науки большинство проблем очень трудно решить сразу, там начинают с того, что систематизируют полученную информацию, а затем уже делают упрощающие допущения, чтобы получить простые модели. Но это только первый шаг. Затем внимательно проверяют, в каком месте упрощающие допущения дают сбой, и пытаются понять, опять же, сосредоточившись на информации, какие проблемы создают выявленные сбои допущений для всей модели.

Когда Осборн описывал свою оригинальную модель броуновского движения, он особо указал, какие допущения делал. Что Осборн и другие физики понимали, так это то, что если лежащие в основе модели допущения дают сбой, это еще не означает, что сама модель содержит изъяны. Это означает только то, что необходимо проде-

лать дополнительную работу. После того как вы предложили модель, следующий шаг — выяснить, на каком этапе дают сбой допущения и насколько они серьезны. Если же вы обнаружите, что допущения дают регулярные сбои, попробуйте понять, где именно они дают сбой и его причины. (Например, Осборн продемонстрировал, что изменения цены не являются независимыми. Это особенно справедливо в период дефолтов, когда ряд повторных разовых понижений биржевой цены говорит о большой вероятности того, что цены продолжат падение. Если присутствует такого рода эффект, даже детализированная модель броуновского движения Осборна будет ненадежным ориентиром.) Процесс построения моделей предполагает постоянное их совершенствование с учетом новых доказательств, по мере того как постепенно приходит более глубокое понимание предмета изучения — будь то клетка человека, ураганы или цены на акции.

Не каждый, работавший с математическими моделями в финансах, настолько тонко чувствует важность этой методологии, как Осборн. И в этом одна из основных причин, почему математические модели иногда ассоциируются с финансовым крахом. Если вы продолжаете биржевую деятельность на основе модели, допущения которой уже не выполняются рынком, и потеряете деньги, вряд ли дело будет заключаться в сбое модели. Это все равно что установить двигатель от легковой машины на самолет и потом расстраиваться, что он не летит.

Невзирая на структуру биржевых цен, которую удалось обнаружить Осборну, он был уверен, что в целом не существует надежного способа делать эффективные прогнозы о поведении рынка на будущее. Однако было одно исключение. Как это ни парадоксально, оно не имело никакого отношения к сложным моделям, разработанным им в 1960-е годы. На самом деле его оптимизм основывался на понимании намерений рынка за счет изучения поведения биржевиков.

Осборн заметил, что благодаря огромному численному перевесу обычных инвесторов их заказы оказываются в диапазоне цен, составляющих круглые числа — например, 10 или 11 долларов. Но акции оценивались в суммах, в которых присутствовала еще и 1/8 доллара. Это означало, что биржевик мог посмотреть в свою книгу и увидеть, что большое количество людей желает приобрести акцию по цене, скажем, в 10 долларов. Тогда он мог бы купить ее за 10 1/8 доллара, зная, что в конце дня акция не упадет ниже 10 долларов, потому что

большое количество людей желает приобрести ее по этой пороговой цене. В худшем случае биржевик потеряет 1/8 доллара; в лучшем — акция поднимется в цене и он сможет получить прибыль. И наоборот, если он видел, что многие хотят продать по цене, скажем, 11 долларов, а ему удалось продать по 10 7/8 доллара, он был уверен, что максимум, что он может потерять, — это 1/8 доллара, если акция пойдет вверх, вместо того чтобы пойти вниз. Это означало, что если вы пройдете торги этого дня и будете искать сделки по цене на 1/8 доллара выше или ниже круглой суммы, вы сможете собрать информацию о том, какие акции, по мнению экспертов, «горячие» и интересуют многих людей.

Получалось, что то, что экспертам казалось «горячим», было отличным индикатором, как поведут себя акции, индикатором значительно лучшим, чем все остальное, что изучал Осборн. Исходя из этих наблюдений, Осборн предложил первую трейдинговую программу*, которую можно было подключить к компьютеру и самостоятельно с ней работать. Но в 1966 году, когда он предложил эту идею, никто не использовал компьютеры для принятия биржевых решений. Пройдут десятилетия, пока идея Осборна и подобные ей будут протестированы в реальных условиях.

* Другими словами, первая систематическая, полностью детерминированная торговая стратегия, которую можно запрограммировать на компьютере, сегодня называлась бы алгоритмической торговой системой. Это предложение формулируется в работах Нидерхоффера и Осборна (1966 г.).

Глава 3

От береговых линий до цен на хлопок

Золем Мандельброт — настоящий пример современного математика*. Будучи специалистом в области анализа (раздела чистой математики, который содержит, помимо прочего стандартный анализ из школьной программы), он учился в Париже с лучшими из лучших, включая Эмиля Пикара и Анри Лебега. Он был основателем группы французских математиков, которые под псевдонимом Николя Бурбаки отважились привнести в этот раздел математики жесткость, абстракцию; сборник работ группы задавал тон двум поколениям математиков. Когда его наставник Жак Адамар, один из известнейших математиков конца XIX века, ушел в отставку с должности в престижном «Коллеж де Франс», колледж предложил Мандельброту заменить его. Он был серьезным человеком, выполнявшим серьезную работу.

Или, по крайней мере, он выполнял бы серьезную работу, если бы ему постоянно не наступал на пятки его племянник. В 1950 году Бенуа Мандельброт учился в аспирантуре Сорбонны, альма-матер Золема, чтобы (как полагал Золем) пойти по стопам своего выдающегося дяди**. Когда Золем узнал, что Бенуа хочет заняться математикой, он очень заинтересовался. Но постепенно стал сомневаться в серьезности намерений Бенуа. Несмотря на советы своего дяди, Бенуа не проявлял интереса к актуальным темам математики того времени.

* Информация о Мандельброте взята у О'Коннора и Робертсона (2005 г.), а также из биографических материалов, связанных с Мандельбротом и указанных ниже.

** К сожалению, Мандельброт умер в 2010 году, и я не успел взять у него интервью в связи с этой книгой. Биографический материал, представленный в этой главе, взят у Мандельброта и Хадсона (2004 г.), Мандельброта (1987 г., 2004а), Гляйка (1987 г.), Барчеллоса (1985 г.) и Дэйвиса (1984 г.), а также из ряда заснятых на пленку интервью Мандельброта, выпущенных вскоре после его смерти, особенно 1998 и 2010 г.

Ему не хватало жесткости, которая принесла Золему успех. И что хуже всего, Бенуа, похоже, сосредоточился на геометрических методах, от которых, как было известно каждому уважающему себя математику, отказались еще сто лет назад. Строя чертежи, невозможно стать стоящим математиком.

Отец Бенуа, старший брат Золема, в свое время помогал растить и самого Золема, оказывал поддержку, пока тот учился в аспирантуре. Бенуа для Золема был скорее как брат, а не племянник, и Золем чувствовал, что обязан быть терпимым с Бенуа, помогать ему. Но со временем Золем дошел до точки. Бенуа же не понимал этого. Он обладал математическими способностями, но когда дело доходило до выбора тем будущих проектов, он был безнадежен.

В один прекрасный день, когда Бенуа сидел в кабинете дяди и делился с ним своими сумасшедшими идеями для диссертации, терпение Золема лопнуло. Он полез в мусорную корзину и выудил оттуда какие-то исписанные листы бумаги. Если Бенуа хочет работать над ерундой, то Золем с легкостью может предложить ему целую кучу такой ерунды — полную корзину. «Это тебе, — сказал он презрительно. — Оно тебе, судя по всему, понравится»*.

Золем, должно быть, надеялся, что таким драматическим жестом образумит своего молодого племянника. Но его план расстроился. Бенуа взял бумаги — это оказался обзор последней книги лингвиста из Гарварда по имени Джордж Кингсли Ципф — и внимательно изучил их по пути домой**. Ципф был известен своей эксцентричностью, мало кто воспринимал его всерьез. Он посвятил карьеру отстаиванию универсального закона физических, социальных и лингвистических явлений. Закон Ципфа гласил, что если составить перечень всех объектов какой-либо естественной категории, скажем, всех городов Франции или всех библиотек мира, и классифицировать их по размеру (города — по численности населения, библиотеки — по размеру фондов), то всегда обнаружится, что размер каждого объекта в перечне соотносится с его порядковым местом в перечне. В частности,

* Эта история, включая цитату, рассказана в работе Мандельброта и Хадсона (2004 г.).

** Подробнее о Ципфе см. в биографических заметках Мандельброта в конце его труда 1982 г. Самую последнюю информацию о математике закона Ципфа см. у Сайчева и др. (2010 г.) — в книге, написанной в соавторстве с Дидье Сорнеттом, который является предметом главы 7 настоящей книги.

размер второго объекта в каждом перечне будет всегда составлять приблизительно половину от первого, размер третьего объекта в перечне — одну треть от первого, и так далее. В обзоре Бенуа внимание было сосредоточено на конкретном примере действия этого закона: Ципф просчитал частоту встречаемости разных слов в разных текстах и продемонстрировал, что если расположить слова в списке по частоте их встречаемости, обычно обнаруживалось, что наиболее часто употребляемое слово встречалось приблизительно вдвое чаще, чем второе по частоте употребления, в три раза чаще, чем третье, и так далее.

Золем был прав, сказав, что работа Ципфа — как раз то, что заинтересует его племянника. Но он был неправ, что это — ерунда или, по крайней мере, полная ерунда. Закон Ципфа представляет собой особую комбинацию расчета численных данных. Ципф, безусловно, был человеком с причудами. Но в этой книге таился бриллиант: Ципф вывел формулу, которую можно было использовать, чтобы рассчитать, как часто конкретное слово встретится в книге, исходя из того, какое место оно занимает в перечне, и общего количества разных слов, встречающихся в тексте. Мандельброт быстро понял, что эту формулу можно усовершенствовать, более того, она обладает некоторыми неожиданными и интересными математическими свойствами. Несмотря на сопротивление самых ярких звезд математического истеблишмента, включая собственного дядю, Мандельброт написал диссертацию, посвященную закону Ципфа и сферам его применения. Он написал ее без научного руководителя, самостоятельно протолкнул свою работу сквозь университетские бюрократические препоны и получил ученую степень. Диссертация Мандельброта была в высшей степени нестандартна.

В общем, Мандельброт сделал карьеру чрезвычайно нестандартным способом как с точки зрения бурного неприятия им математического сообщества, так и с точки зрения тематики его исследований. В то время внимание подавляющего большинства математиков было сосредоточено на «обтекаемых» формах, а наиболее известное открытие Мандельброта, которое он назвал «фрактальной геометрией» (или геометрией частей)*, уходит корнями в исследование неровных

* Подробнее о фрактальной геометрии см., например, у Фалконе (2003 г.).

форм, форм с трещинами и разломами, таких как поверхность горы или осколок разбитого стекла. Это исследование заставило Мандельброта осознать, что в природе существует огромное разнообразие случайностей, которые куда более экстремальны, чем тот тип случайности, который мы получаем, вновь и вновь подбрасывая монетку. И последствия этих случайностей имеют значение практически для всех областей математической науки. И для финансов тоже.

Деятельность Мандельброта была революционной. Даже сегодня, по прошествии десятилетий после выхода в свет наиболее важных трудов Мандельброта, его идеи остаются настолько радикальными, что ученые-конформисты во многих областях знания продолжают их оспаривать. Особенно поразительна ситуация в экономике, где основные идеи Мандельброта воспринимаются как горькая пилюля. Если он прав, то все, что большинство экономистов-традиционалистов думает о рынках, в корне неверно. Бескомпромиссность Мандельброту не помогла, хотя и как человек, и как ученый он никогда не сгибался под давлением общественного мнения. Он часто оказывался на грани: был почитаем, но не настолько, как того заслуживал; его критиковали, отстраняли от должностей в равной степени и за стиль общения, и за нетрадиционность научных взглядов. Тем не менее, когда Уолл-стрит и научное сообщество столкнулись с новыми, казалось бы, непреодолимыми вызовами, рассуждения Мандельброта на тему о случайности стали выглядеть более прозорливыми, чем когда-либо, и более ценными для понимания.

Бенуа Мандельброт родился в 1924 году в литовской семье в Варшаве. Его отец занимался бизнесом, два дяди (включая Золема) были учеными. Многие родственники отца были, по словам Мандельброта, «умными людьми», не имевшими, правда, постоянного места работы. Тем не менее у них была своя группа последователей из числа местного населения, которым они за деньги или в обмен на товары давали советы или делились знаниями. Мать Бенуа была врачом по образованию. Еще будучи ребенком, Мандельброт часто ощущал, что семья ожидает, что он станет настоящим ученым в той или иной области, хотя отец настоятельно призывал сына выбрать что-нибудь попрактичнее — например, заняться техникой или прикладными науками.

Молодой Мандельброт получил необычное образование. Первый ребенок родителей, дочь, умерла в раннем возрасте во время эпиде-

мии. У матери Бенуа развилась фобия в отношении детских болезней, она старалась всеми силами уберечь оставшихся двоих маленьких сыновей от участи, постигшей ее дочь. Поэтому вместо того, чтобы отправить Бенуа в школу, она наняла ему одного из его дядей в качестве домашнего учителя. Этот дядя был как будто вылеплен из того же теста, что и семья Бенуа: хорошо образованный, неработающий, увлекающийся эзотерикой. Он презирал «зубрежку», поэтому даже не думал преподавать Бенуа такие приземленные предметы, как арифметика или азбука (в речи, которую Бенуа произнес после получения Премии Вольфа по физике, он признался, что до сих пор плохо справляется с задачами на умножение, потому что никогда не учил таблицу умножения*). Вместо этого дядя поощрял творческую мысль и тягу к чтению. Большую часть свободного времени Мандельброт проводил за игрой в шахматы и изучением карт.

Великая депрессия нанесла тяжелый удар по Варшаве — сильнее, чем по Западной Европе и Соединенным Штатам, — и в 1931 году бизнес отца Мандельброта оказался фактически уничтоженным. Отец переехал во Францию в надежде, что это позволит ему, находясь вдалеке, содержать жену и сыновей. В Варшаве у Мандельбротов было много родственников, они были очень привязаны к этому городу и надеялись, что отец Бенуа вернется в Польшу и продолжит там свой бизнес. Но по мере того как Великая депрессия усугублялась, в Польше становилось все более беспокойно. В стране росло этническое и политическое напряжение. Евреи Мандельброты начали осознавать, что Варшава становится опасной для них. Мать Бенуа упаковала все, что смогла, и последовала за мужем в Париж. Хотя это было и непростым решением, переезд в Париж почти наверняка спас Мандельбротам жизнь: из более чем трех миллионов евреев, живших в Польше до начала Второй мировой войны, Холокост пережили всего лишь несколько сотен тысяч**.

Золем был уже в Париже, когда туда приехал отец Бенуа. Сам Золем переехал во Францию в 1919 году тоже беженцем, но несколько иного рода. После Первой мировой войны лидирующие позиции в математике в Польше занимал гениальный молодой математик Вацлав

* Мандельброт, 2004а.

** Материалы по истории Второй мировой войны и Холокосту, в частности, взяты у Дворк и ван Пельта (2002 г.), Фишела (1998 г.), Россела (1992 г.) и Яхила (1987 г.).

Серпинский. Серпинский работал над теорией множеств. Он был ее воинствующим сторонником и достаточно влиятельным ученым, чтобы диктовать условия успеха любому аспиранту в Варшаве. На склоне лет и сам Золем мог показаться невыносимо жестким по отношению к Мандельброту с его «геометрическим» складом ума, но Серпинский был слишком прямолинейным даже для Золема. Отказавшись работать над темами, которые предлагал Серпинский, Золем попросту сбежал в Париж, где преобладавшая тогда идеология в области математики больше соответствовала его собственной. По иронии судьбы, Серпинский был первооткрывателем необычного геометрического объекта, известного как «треугольник Серпинского» — раннего примера фрактала.

Только после переезда в Париж у Бенуа Мандельброта появилась возможность общения со своим известным дядей-математиком. Мандельброту тогда было одиннадцать лет. Несмотря на то что позднее между ними возникнут разногласия, на раннем этапе их взаимоотношения были глубоко созидательными. Поскольку Бенуа плохо говорил по-французски, в школе его определили на два класса ниже его возрастного уровня. Чтобы он не потерял интерес к учебе и чтобы поощрить его таланты, Золем понемногу занимался с ним математикой. Так что к ней Бенуа в большой степени подтолкнул дядя Золем, под чьим влиянием он в этот период находился. Под попечительством Золема Бенуа начал преуспевать в новой школе.

К сожалению, это длилось недолго. В 1940 году Германия вторглась во Францию. И Мандельброты вновь были вынуждены бежать.

Какова длина береговой линии Британии?* Этот вопрос может показаться простым для компетентных топографов. Однако, как оказывается, он сложнее, чем кажется. В его глубине таится загадка, которую порой называют «парадоксом береговой линии». Чтобы определить длину береговой линии, необходимо сделать определенные измерения, предположительно с помощью линейки. Загвоздка заключается в том, какой длины должна быть эта линейка. Представьте себе, что вы начали с огромной линейки, простирающейся от мыса Рат, самой северной точки Шотландии, и до Пензанса, самой южной точки Корнуолла. Вы получите одну длину береговой линии.

* Этот вопрос взят из работы Мандельброта (1967 г.).

Но не очень точную. Вряд ли береговая линия является прямой. Берег Британии ныряет вглубь острова в области Бристольского канала и Ирландского моря, затем снова выступает около Уэльса. Поэтому, если мы возьмем одну длинную линейку, она не позволит нам снять точное измерение. Чтобы получить более точное измерение, потребуется что-то вроде меньшей линейки — такой, которая, сможет легко измерить дополнительную длину, которая, создается за счет различных полуостровов и заливов и которая, прибавляется к базовой длине побережья. Можно попробовать сложить расстояния, например, от Пензанса до Бристоля, а затем от Бристоля до Сент-Дэвидса в Уэльсе, а затем от Сент-Дэвидса до Кармел-Хеда на северо-западе Уэльса и так далее вверх по побережью. Это общее расстояние будет намного длиннее, чем первоначально измеренная длина, но оно будет точнее.

Начинает вырисовываться алгоритм. Оказывается, линейка меньшего размера недооценивает длину точно так же, как и первоначально использованная большая линейка. Пользуясь линейкой меньшего размера, вы полностью пропускаете залив Кардиган, не говоря уже о множестве более мелких гаваней, бухт вдоль корнуэльских и уэльских берегов. Чтобы учесть эти особенности, которые, как оказалось, добавляют довольно значительную длину, вам понадобится еще меньшая линейка. Но опять возникает та же проблема. На самом деле независимо от выбранной линейки результат, который получите, измерив ей береговую линию, всегда будет слишком маленьким. Другими словами, всегда можно получить больший ответ на этот вопрос, выбрав меньшую линейку.

Именно здесь и возникает парадокс. Часто при выборе более точных приборов вы получаете более точное измерение. Вы можете получить представление о том, насколько горячая вода в чайнике, опустив в него палец. Спиртовой термометр выполнит эту задачу лучше, а высокотехнологичный цифровой термометр выдаст показания с точностью до долей градуса. В некотором смысле неточные инструменты добавляют погрешность измерений, и по мере того, как вы изобретаете все лучшие и лучшие приборы, сосредоточиваете внимание на фактической температуре. Но в случае с береговой линией независимо от того, насколько точен ваш измерительный прибор, то есть несмотря на то, насколько мала ваша линейка, результат измерения всегда будет слишком маленьким. В некотором смысле у береговой

линии нет длины, по крайней мере, в том смысле, в каком имеют длину такие простые формы, как отрезок или круг*.

Мандельброт обратился к парадоксу береговой линии в 1967 году в своей работе, открывшей новые горизонты. Это была одна из его первых попыток описать фрактальную форму, каковой на самом деле является береговая линия, хотя Мандельброт и не вводил этот термин в оборот вплоть до 1975 года**. Береговые линии (и другие фракталы) замечательны с математической точки зрения, поскольку обладают свойством, которое называется «самоподобие». Сказать, что что-либо самоподобно — значит, сказать, что это «что-либо» состоит из частей, которые выглядят как целое; эти части, в свою очередь, состоят из еще меньших частей, которые тоже выглядят как целое, и так далее до бесконечности. Если вы начнете с целого — западного побережья Британии — и поделите его на несколько частей, то заметите, что каждая часть тоже будет выглядеть как целая береговая линия: более мелкие участки берега тоже имеют собственные небольшие бухты и полуострова. А если вы разобьете одну из этих меньших частей береговой линии на части, они продолжат демонстрировать те же черты, что и более крупные.

Если только вы начнете искать самоподобие, вскоре поймете, что это — встречающаяся повсюду особенность природы. Вершина горы очень похожа на целую гору в миниатюре; ветка дерева выглядит как маленькое дерево, у которого есть собственные ветки; бассейны рек состоят из маленьких речек. Этот принцип, похоже, применим даже к социальному миру. Как впоследствии указал Мандельброт, крупное сражение — это отдельные мелкие столкновения, война состоит из сражений, каждое из которых является миниатюрным подобием войны в целом.

Когда разразилась Вторая мировая война, Мандельброты бежали из Парижа, где, как они боялись, могли вспыхнуть напряженные бои, и поселились в городке под названием Тюль в департаменте Кор-

* Более точная версия этого утверждения заключается в том, что следует понимать: береговая линия имеет нецелочисленную хаусдорфову размерность, а это означает, что правильная «величина» береговой линии не ведет себя как длина.

** Мандельброт ввел термин «фрактал» в своей работе 1975 г., которая была переведена на английский язык в 1977 г. Но работа Мандельброта 1967 г. — одно из первых мест, где он описывает геометрические объекты с нецелочисленной хаусдорфовой размерностью, демонстрирующие самоподобие.

рез. Мандельброты опять проявили колоссальный дар предвидения, не говоря уже о везении: они выехали из Парижа в конце 1939 года, буквально за несколько месяцев до вторжения нацистов во Францию. Да и Тюль оказался необычайно удачным выбором. Расположенный далеко на юге страны, он оказался в неоккупированной части Франции*.

Правительство Виши сотрудничало с немцами, но антисемитизм на юге был менее жестким. Мандельброт мог спокойно продолжать учиться в школе в Тюле. Он уже свободно говорил по-французски, быстро осваивал школьную программу старших классов и к 1942 году догнал своих ровесников. И все же Мандельбротов преследовал страх возможной депортации. В 1940 году правительство Виши начало пересматривать статус иммигрантов, натурализованных после 1927 года, и лишило гражданства около пятнадцати тысяч человек (преимущественно евреев) — акция, предшествовавшая отправке их в немецкие концентрационные лагеря. Хотя Мандельбротам удалось оставаться незамеченными в маленьком Тюле, над ними постоянно довлела угроза депортации.

В 1942 году обстановка ухудшилась. 8 ноября британская и американская армии вторглись во французскую Северную Африку. Опасаясь вторжения союзников в континентальную Европу, немцы оккупировали южную Францию. Вместе с немецкой армией пришло гестапо, а когда южная Франция превратилась в театр военных действий, Тюль тоже стал зоной боевых операций. Хотя там проживало всего несколько тысяч человек, Тюль традиционно считался центром своего региона. По мере того как немецкое присутствие в южной Франции увеличивалось, Тюль превращался в стратегический пункт как для остатков правительства Виши, так и для лидеров движения Сопротивления. Мандельброты больше не могли рассчитывать здесь на безопасность.

В своих автобиографических трудах и интервью Мандельброт часто говорил о том, какое влияние на его образование оказала война. После окончания средней школы в 1942 году он обнаружил, что

* Хотя сравнение и справедливо, не следует думать, что в районе Виши во Франции антисемитизм не был распространен. Подробнее о районе Виши во Франции в годы Второй мировой войны, включая французский антисемитизм во время войны, см. у Пакстона (1972 г.), Марруса и Пакстона (1995 г.) и Познански (2001 г.).

не может поступить в Эколь Нормаль, поскольку был очень ограничен в передвижении (здесь его история напоминает историю Башелье, который не мог посещать Гран-Эколь). Но Мандельброт никогда не рассказывал о подробностях своей жизни в этот период. Он только говорил, что полтора года после окончания школы были «очень, очень трудными» и он «несколько раз был на грани катастрофы»*.

Поскольку о дальнейшем образовании не было и речи, и поскольку ему было необходимо оставаться незаметным, Бенуа избегал городов и часто переезжал из одного места на другое. Он жил вместе с членами движения Сопротивления, которые приняли его и пытались спрятать. Он выполнял случайные разовые работы, выдавая себя за француза-провинциала. Несколько месяцев Бенуа проработал конюхом, потом — учеником инструментальщика на железной дороге. Скучая по науке, Мандельброт читал одновременно несколько книжек, которые ему удалось отыскать в этот период. Он носил их с собой, читал урывками, когда подворачивалась возможность, — не самое типичное занятие для деревенского конюха.

Однажды Мандельброту едва удалось избежать депортации, а возможно, и расстрела. Но в основном он обходил немецкие посты стороной. А его отец и вовсе был на волосок от смерти. Как позднее рассказывал Мандельброт, отца арестовали и отправили в близлежащий лагерь для интернированных лиц. Вскоре на лагерь напали партизаны. Охранников перебили, пленников освободили, и те разбежались.

Не имея ни плана действий, ни четкого маршрута, пленники направлялись в Лимож, ближайший крупный городок. Однако вскоре после побега Мандельброт-старший осознал, что идти в Лимож — это самоубийство: они открыто передвигались по главной дороге, их будет нетрудно обнаружить. Остальных беглецов переубедить не удалось, и отец Мандельброта в одиночку направился в ближайший лес, планируя медленно вернуться в то место, где скрывалась семья до его ареста. Двигаясь по лесу, он услышал жуткий шум: немецкий пикирующий бомбардировщик нашел остальных беглецов.

Жизнь во время войны была непредсказуемой. В романе Томаса Пинчона «Радуга тяготения» один из персонажей, Роджер Мексико, которому в последние дни Третьего рейха поручили вычислить, куда

* Эти цитаты взяты из интервью, которое Мандельброт дал для «Web of Stories» (Мандельброт, 1998 г.).

в Лондоне будут попадать ракеты V-2*, обнаруживает, что ракеты падают по конкретной модели распределения вероятностей, которую можно было бы ожидать, если бы все ракеты имели одинаковую вероятность падения в любой части города. Мексико окружен людьми, отчаянно пытающимися найти спасение от причудливых траекторий полета ракет. Схемы и графики Мексико подсказывают им некий базовый алгоритм, что-то, чем они могли бы воспользоваться, чтобы предсказать, куда попадет следующая ракета.

Похоже, что в некоторых районах города ракеты падают довольно часто. В других — редко. Но предположить, что алгоритмы подсказут, куда упадет следующая ракета, — значит, допустить такую же ошибку, какую совершает игрок в рулетку, убежденный в том, что именно сейчас выпадет некое определенное число. Мексико это известно. Тем не менее он тоже находит полученные им данные соблазнительными, как будто в самой случайности алгоритма таится ключ к его потенциалу. И это — правда, по крайней мере, если вы окажетесь на улице, на которую упадет следующая ракета.

Тем не менее с математической точки зрения такого рода случайность выражена довольно слабо. Ракеты V-2 запускали по Лондону систематически, по нескольку в день. Вычислить вероятность того, сколько из них попадет в собор Святого Павла или в Хаммерсмит, было все равно что рассчитать, сколько раз шарик рулетки окажется на цифре 25. В жизни многие ситуации, которые нам представляются случайными, являются именно таковыми. Их, в сущности, так много, что легко стать жертвой идеи о том, что все случайные события похожи на орлянку или игры в казино.

Это допущение лежит в основе большей части современной теории финансов. Вспомните, когда Башелье представлял себе, как менялись бы со временем цены на акции, если бы они претерпевали случайные блуждания. Через каждые несколько мгновений цена будет меняться на какую-то маленькую сумму в сторону повышения или понижения, как будто Господь Бог подбрасывает монетку. Башелье обнаружил, что если аппроксимация того, что происходит, хорошая, распределение цен будет иметь форму гауссовой кривой. Осборн, конечно, указывал на то, что это не совсем правильно; на деле вы ожидаете,

* Издана на русском языке: Пинчон Т. Радуга тяготения. – М. : Эксмо, 2012. *Прим. ред.*

что каждый раз, когда Господь Бог подбросит монетку, цены будут меняться на какой-то фиксированный процент, а не на какую-то фиксированную сумму. Это привело к утверждению, что норма доходности должна распределяться нормально, а цены — \log -нормально.

Нормальное распределение встречается повсюду в природе*. Если взять рост всех людей в определенной части земного шара и начертить кривую, отражающую, сколько из них имеют рост 167 сантиметров, сколько — 169 сантиметров так далее, вы получите нормальное распределение. Если взять тысячу термометров и попытаться измерить температуру каждым из них, результаты будут тоже выглядеть как нормальное распределение. Если сыграть в орлянку, когда вы получаете доллар каждый раз, когда монетка падает на орел, и проигрываете доллар каждый раз, когда монетка падает на решку, вероятность получения прибыли после множества попыток будет выглядеть как нормальное распределение. Это удобно: нормальное распределение легко понять и с ним легко работать. Например, если что-то нормально распределено, а ваша выборка достаточно велика, средняя величина выборки стремится сойтись в точке, соответствующей определенному числу; рост белых людей в среднем составляет 175 сантиметров, и, если вы здоровы, показания тысячи термометров будут 36°C . И средняя прибыль при игре в орлянку будет стремиться к нулю.

Это правило можно воспринимать как закон больших чисел для распределения вероятностей — обобщение принципа, обнаруженного Бернулли, который увязывает вероятность с долговременной частотой, с которой повторяются события**.

* На самом деле важный результат математической статистики. Центральная предельная теорема указывает, что вы можете смоделировать случайную переменную как сумму достаточно большого числа независимых и идентично распределенных случайных переменных, где распределение случайных переменных в сумме имеет конечное среднее и конечную дисперсию (волатильность), тогда случайная переменная должна иметь нормальное распределение, даже если переменные в сумме не имеют нормального распределения. Это означает, что нормальные распределения появляются везде. Однако, как мы увидим, Мандельброт утверждал, что для финансовых рынков одно из предположений центральной предельной теоремы не работает: он утверждает, что распределения рыночной доходности не имеют конечной дисперсии. Подробнее о центральной предельной теореме см. у Биллингсли (1995 г.), Каселла и Бергера (2002 г.), Форбс и др. (2011 г.). Подробнее об утверждениях Мандельброта см. в работах Мандельброта (1997 г.) и Мандельброта и Хадсона (2004 г.).

** Это на самом деле более общая версия закона больших чисел, чем другая, которая ставит в соответствие, как вероятность для простых игр, таких как подбрасывание монеты, связана с частотой. Закон больших чисел для гауссовых распределений может быть использован, чтобы доказать вторую версию, как видно из примера с подбрасыванием монеты.

зависит от определенного распределения вероятностей, как рост людей определяется нормальным распределением, а у вас есть достаточно большая выборка, новые случаи не окажут на нее существенного влияния. Если, измерив рост большого количества людей в конкретном регионе мира, вы измерите рост еще одного человека, это существенно не изменит средний показатель роста.

Однако не все распределения вероятностей соответствуют закону больших чисел*. Местонахождение пьяницы соответствует — он совершает случайные блуждания и в среднем будет оставаться на том же месте, откуда начал свой путь, аналогично тому, как средняя прибыль от игры в орлянку стремится к нулю. Но что если вместо одного пьяницы, который пытается добраться до отеля, у вас был бы целый отряд пьяных стрелков? Каждый стоит с винтовкой в руках лицом к стене (в целях дискуссии допустим, что стена бесконечно длинная). Так же как и в случае с бредущим пьяницей, пьяницы-стрелки могут спотыкаться, покачиваться из стороны в сторону. Когда каждый из них поймает равновесие, чтобы выстрелить из винтовки, он может направить винтовку в любом направлении. Пуля может попасть в стену прямо напротив него, а может и в трех метрах справа или слева (а то и полететь в противоположном направлении).

Представьте себе группу, занимающуюся стрельбой по мишеням, которая должна произвести несколько тысяч выстрелов. Если вы пометите место, где пуля попала в стену (если считать только те, которые попали), эту информацию можно использовать, чтобы вычислить распределение, которое соответствует вероятности того, что любая конкретная пуля попадет в любую конкретную часть стены. Если сравнить это распределение с обычным распределением (нормальные, трезвые стрелки), вы заметите, что они совершенно разные. Пули пьяных членов отряда стрелков в большинстве случаев попадали в центральную часть стены — более того, чаще, чем предсказало бы нормальное распределение. Но их пули также на удивление часто попадали и в самые отдаленные части стены — намного, намного чаще, чем предсказало бы нормальное распределение.

* Тем точнее версия этого утверждения, что не все распределения имеют конечное среднее. И на самом деле распределения Коши не имеют конечного среднего. Подробнее о распределениях Коши и законе больших чисел см. у Каселла и Бергера (2002 г.), Биллингсли (1995 г.), Форбс и др. (2011 г.).

Это нормальное распределение называется распределением Коши. Поскольку левая и правая стороны распределения не так быстро стремятся к нулю, как при нормальном распределении (потому что пули довольно часто попадали в отдаленные части стены), распределение Коши имеет так называемые «толстые хвосты» (посмотреть, как выглядит распределение Коши, можно на рисунке 3).

Одна из наиболее поразительных особенностей распределения Коши заключается в том, что оно не подчиняется закону больших чисел: среднее расположение пуль отряда стрелков никогда не стремится к какому-то конкретному числу. Если ваш отряд стрелков выстрелил тысячу раз, вы можете снять данные обо всех местах попадания их пуль и определить среднюю величину — так же, как можно вывести среднее число выигрышей при игре в орлянку. Но эта средняя величина в высшей степени нестабильна. Один член отряда стрелков может так повернуться вокруг себя, что, когда он сделает следующий выстрел, пуля полетит почти параллельно стене. Она может пролететь 150 километров (предположим, у них очень дальнобойные винтовки) — на самом деле достаточно далеко, так что, если сложить этот последний результат с другими, средняя величина будет полностью отличаться от полученной ранее. Из-за толстых хвостов распределения даже рассчитанное на длительный период среднее место попадания пуль отряда пьяных стрелков на стене окажется непредсказуемым.

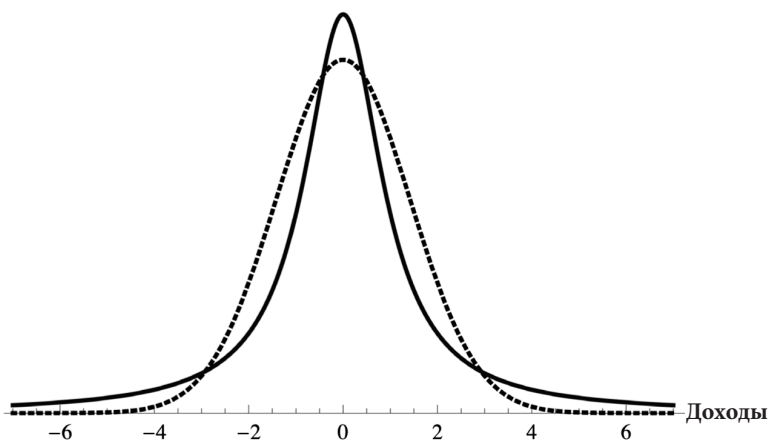


Рис. 3. Распределения Коши

Рисунок 3. Местонахождение пьяного отдыхающего, пытающегося найти свой номер в отеле в длинном коридоре, зависит от нормального распределения. Но не все случайные процессы регулируются нормальными распределениями. То, куда попадут пули, выпущенные отрядом пьяных стрелков, определяет другого рода распределение, которое называется распределением Коши. (Обратите внимание, что угол, под которым будут стрелять члены отряда пьяных стрелков, будет регулироваться нормальным распределением; а вот местонахождение попадания их пуль на стене, в которую они пытаются стрелять, — распределением Коши!) Распределения Коши (сплошная линия на данном графике) тоньше и выше, чем нормальные распределения (пунктирная линия) в области центральных значений, в то время как их хвосты расходятся медленнее, что означает (и это более вероятно), что предсказывать их будут события, происходящие вдали от центра распределения, а не нормальное распределение. По этой причине распределения Коши называются «толстохвостыми» распределениями. Мандельброт назвал явления, регулируемые «толстохвостыми» распределениями, «дико случайными», потому что с ними происходит намного больше экстремальных событий.

По описаниям Мандельброта, война, особенно в первые два года, пока сохранялось правление Виши, длительное время оставляла огромные части Франции незатронутыми. Потом налетела «буря», побушевала и сменилась еще одним периодом затишья*. Наверное, неудивительно, что Мандельброт увлекся этими взрывами, случайными процессами, которые невозможно было взять под контроль, как игру в казино. Он называл события, которые подчинялись распределению Коши, дико случайными, чтобы подчеркнуть их отличие от обычной, слабо выраженной случайности случайных блужданий, и большую часть своей карьеры посвятил их изучению.

Когда Мандельброт начинал свою научную карьеру, большинство статистиков предполагали, что мир наполнен нормально распределенными событиями. Несмотря на то что распределения Коши и другие «толстохвостые» распределения иногда появлялись, статистики полагали, что они составляют исключение. Мандельброт же

* Мандельброт описывает этот аспект своего опыта во время войны в своей работе 1998 г.

продемонстрировал, как часто могут встречаться эти так называемые исключения.

Вернемся к береговой линии Британии. Представим, что вы хотите определить средний размер мыса или какого-либо выступа земли. Вы, наверное, начнете с того, что обмерите валуны и насыпи, объекты обозримого размера. Вы снимете средний размер всех этих объектов. Но это не все, потому что вы понимаете, что насыпи и выступы сами по себе являются частью маленьких полуостровов. Поэтому вы вынимаете свое геодезическое снаряжение, чувствуя, что вот-вот столкнетесь с проблемой, и начинаете измерять размеры этих полуостровов. Их немного, но они намного крупнее, чем насыпи и валуны, которые вы уже проверили, и теперь ваш новый средний показатель полностью отличается от того, каким он был после первого этапа измерений. Более того, вы не учли такие еще более крупные объекты, как Корнуолл. Или сам западный берег Британии в целом, поскольку с геологической точки зрения это просто выступ материка Евразии. И пока вы еще здесь, вам, вероятно, надо рассмотреть и более мелкие объекты. Если считать валуны шириной примерно в метр, то почему не считать камни шириной всего несколько сантиметров?

Каждый раз, когда вы забрасываете сети дальше, средние величины кардинально меняются. Похоже, вы уже не можете ограничиться однозначным числом. К ужасу нашего землемера, выполняющего сизифов труд, он не может получить ту цифру, которую предполагал получить в качестве среднего размера объекта на береговой линии. Это общее свойство фракталов, вытекающее из их самоподобия*. С одной точки зрения, они красиво упорядочены и правильны; с другой, они дико случайны. И если фракталы есть повсеместно, как полагал Мандельброт, то наш мир — это место, где преобладают крайности, где интуитивные идеи о средних величинах и нормальности могут только дезориентировать.

Хотя Мандельброт никогда не вдавался в подробности, он часто упоминал об особенно горьком опыте, пережитом им ближе к концу

* Существует много связей между фракталами и «толстохвостыми» распределениями. То, что характерные особенности фракталов демонстрируют «толстые хвосты», является одним из примеров такой связи; другой пример — это то, что (некоторые) «толстохвостые» распределения демонстрируют самоподобие в форме масштабирования их хвостов, изменяющегося по степенному закону. Мандельброт был центральной фигурой в выявлении и изучении этих связей. См. работу Мандельброта 1997 г.

1943 года, когда он скрывался вместе с членами французского Сопротивления. Когда они поняли, что Мандельброту опасно оставаться в Тюле, они помогли ему определиться на подготовительный факультет в Лионе.

Переезд Мандельброта был рискованным предприятием. Лион был одним из самых опасных городов в южной Франции как для евреев, так и для сторонников Сопротивления; Мандельброт же был и тем и другим. Николаус Барби руководил местным аванпостом гестапо из отеля недалеко от центра города. Он получил прозвище «лионский палач»* и позднее был осужден за военные преступления — депортацию почти тысячи евреев, проживавших в этом регионе. Мандельброт выглядел не слишком убедительно в роли деревенского парня, и бойцам Сопротивления, которые заботились о нем, нужно было подыскать место, где он привлекал бы к себе меньше внимания. Учебное заведение было естественным выбором: Мандельброт подходил по возрасту и очень даже походил на ученого. Он должен был числиться под вымышленным именем, жить в общежитии. Но все равно Мандельброт не мог выходить за пределы учебного заведения — это было слишком рискованно. В общем, он был одновременно и студентом, и пленником.

Чтобы замаскироваться, Мандельброт вынужден был посещать занятия. Но никто не ожидал, что он на них многому научится. Факультет готовил одаренных учеников к сдаче сложных экзаменов, необходимых для поступления в Эколь Нормаль. Его отличали серьезный конкурентный климат и сложная учебная программа. Поскольку Мандельброт не учился с весны 1942 до начала 1944 года, он сильно отставал от своих сверстников.

Поначалу дела шли как все и ожидали. Мандельброт тихо сидел на занятиях, притворяясь, что чему-то учится. Он ничего не понимал. Прошла неделя, еще одна. Мандельброт слушал, как преподаватель проводит тестирование учеников по задачам из универсальной алгебры, развивая у них соревновательный дух, стимулируя к поиску решения. Мандельброт догадывался, о чем были задачи, но никак не мог найти ключ к их решению. И вдруг произошло нечто необыкновенное. Однажды, когда преподаватель задал классу очередную

* Подробнее о Барби см. у Боувера (1984 г.) и Маккейла (2012 г.).

задачу, у Мандельброта в голове возник образ. Не раздумывая он поднял руку. Преподаватель удивленно вызвал его. «Разве это не то же самое, что спросить, не пересекаются ли эти две поверхности?» — спросил Мандельброт. Преподаватель согласился с ним, но указал на то, что их главная цель — быстро решать задачи, а не интерпретировать их с геометрической точки зрения.

Мандельброт молча сел на свое место. Но когда преподаватель прочитал следующую задачу, он опять попытался представить ее пространственно. Он быстро представил себе, как выглядели фигуры, о которых шла речь. Вскоре он понял, что может решать такие задачи. Как оказалось, он обладал «причудливым» (по его словам) даром визуализировать задачи из универсальной алгебры. Но преподаватель напомнил, одна лишь геометрическая интерпретация задач не поможет ему на тестировании. Мандельброт задумался над тем, как использовать свой талант. Он пока не видел способа решения алгебраических задач с помощью своей геометрической интуиции, во всяком случае, он не знал способа решения, который бы устроил преподавателя. Но он мог очень быстро догадываться, каким должен быть ответ. И обычно бывал прав. Скоро, несмотря на слабую подготовку и необычный статус, школа приняла Мандельброта.

Летом 1944 года Франция была освобождена. К концу августа Мандельброты опять вернулись в Париж. Хотя Мандельброт пробыл в Лионе всего полгода, один академический семестр, опыт, полученный там, изменил его жизнь. Он многому научился и обнаружил у себя необычный дар в геометрии. Но что еще важнее, повысил свой образовательный уровень. Он решил продолжить подготовку к вступительным экзаменам и в 1944 году был принят на один из самых престижных подготовительных факультетов Парижа. После успешной сдачи экзаменов он получил право быть принятым в несколько элитных учебных заведений, включая Эколь Нормаль. Мандельброт походил в Эколь Нормаль два дня и решил, что жизнь в башне из слоновой кости — это не для него. За время, проведенное за пределами научного сообщества, он стал слишком остро чувствовать практические проблемы. Мандельброт быстро перевелся в учебное заведение более практической направленности — в Политехнический институт. Этот выбор предопределил весь последующий путь Мандельброта в науке: каждый раз, когда он оказывался перед выбором между чи-

стой или прикладной наукой, Мандельброт выбирал прикладную. Поступая таким образом, он поставил свой «причудливый» геометрический дар на службу прикладным проблемам, которые математики обходили своим вниманием или которые казались слишком сложными. Так же, как некогда Башелье, Мандельброт задавал вопросы, которые раньше никому из математиков не приходили в голову, и находил на них ответы, которые меняли представление ученых о мире.

Значительно позднее Мандельброт отнесет свою замечательную карьеру на счет двух вещей. Первая — его необычное и часто прерывавшееся образование. Мандельброт в конечном итоге попал в элитное учебное заведение, а затем и получил степень доктора философии. Но путь к этим высотам был непрост и сделал Мандельброта таким изобретательным и самостоятельным, каким он никогда бы не стал, если бы шел проторенными путями. Вторая вещь — это ряд сказочных открытий, сделанных благодаря счастливой случайности, которые познакомили его с различными интеллектуальными головоломками. Формула Ципфа, о которой он узнал, когда дядя отдал ему обзор его книги, была одним из таких открытий. Другое открытие было сделано вскоре после того, как Мандельброт окончил аспирантуру.

В то время он работал в IBM — компании, получившей немалую выгоду от индустриализации физики. Несмотря на то что он часто с гордостью заявлял о том, что окончил аспирантуру без научного руководителя, это не помогло, когда он пришел наниматься на работу. Мандельброт получил работу исследователя с докторской степенью в Принстонском институте специальных исследований, затем провел некоторое время в Европе, работая над проблемами термодинамики во Французском государственном научно-исследовательском центре (CNRS). Мечта о получении работы на факультете на условиях полной занятости оставалась труднодостижимой, и у Мандельброта постепенно возникло разочарование по поводу «математического небосвода». Когда в 1958 году он наконец получил предложение от IBM — должность штатного научного сотрудника в научно-исследовательском отделе, — он воспользовался представившейся возможностью, даже несмотря на то, что, по его словам, «тогда получить предложение от IBM не было чем-то очень выдающимся»*.

* Цитата из работы Мандельброта (1998 г.).

Одна из задач научно-исследовательского отдела IBM состояла в том, чтобы найти области применения их новейшим компьютерам. Мандельброту поручили работать над экономическими данными. Его руководители надеялись, что если Мандельброту удастся продемонстрировать, насколько компьютеры полезны для экономики, они смогут убедить банки и инвестиционные компании покупать системные блоки IBM. В частности, он изучал данные, отражавшие распределение доходов в обществе (этот вопрос не обязательно должен был интересовать банки; скорее идея заключалась в том, чтобы использовать исследование Мандельброта в качестве демонстрации того, насколько эффективны компьютеры для быстрой обработки числовых финансовых данных).

Распределение доходов исследовалось и раньше. Наиболее известное исследование было проведено в XIX веке итальянским инженером, промышленником и экономистом Вильфредо Парето*. Внутренние механизмы свободного рынка и накопление капитала завладели умом Парето, решительного сторонника либеральной экономики. Он хотел понять, как люди становятся богатыми, кто управляет богатством и что представляет собой рыночный механизм распределения ресурсов. Для этой цели он собрал огромное количество информации о богатстве и доходах, используя такие разноплановые источники, как данные о сделках с недвижимостью, личных доходах, исторические налоговые данные. Чтобы проанализировать эту информацию, Парето строил детальные графики с уровнем дохода и богатства по одной оси и количеством людей, имевших доступ к этим богатствам, — по другой.

При всей разноплановости источников данных Парето вновь и вновь приходил к одной и той же модели. По его описанию, 80% богатства любой страны в любой промежуток времени находится под контролем 20% населения. Теперь эта модель известна как принцип Парето, или как правило 80–20. В то время Парето истолковывал полученные им результаты почти так же, как их истолковал бы Ципф: как подтверждение «закона социального обеспечения», показывающего, что материальное благосостояние распределяется не случайно, а скорее какой-то непостижимой силой, которая формирует рынки

* Об исследованиях и влиянии на науку Парето см. трехтомник Вуда и Макклора (1999 г.); а также работу Сирилло (1979 г.).

и общества. Как только Парето начал свое исследование, у него создалось впечатление, что открытый им закон распространяется на все явления. Восемьдесят процентов продаж компании обычно приходится на 20 процентов покупателей. 80 процентов преступлений совершают 20 процентов преступников. И так далее. (В настоящее время наблюдается, что принцип Парето (приблизительно) применим во многих областях, например, в соотношении затрат на здравоохранение к числу пациентов в Соединенных Штатах.)

Самым интересным в работе Парето, по крайней мере, с точки зрения Мандельброта, было не то, что его данные раскрывали какой-то математический закон общества. Самым интересным было определенное соотношение между распределением дохода для всей страны и для ее маленькой части. Парето продемонстрировал действие правила 80–20 (по крайней мере, приблизительно) в отношении страны в целом. Но что если бы вы задали вопрос немного по-другому: как распределяется доход среди 20 процентов населения, под чьим контролем находится подавляющее большинство богатств? Поразительно, но и это соответствовало бы той же модели. Если посмотреть только на самых богатых людей в стране, 80 процентов их богатства находится под контролем 20 процентов представителей. Тенденция такова, что в руках супербогатых сосредоточена та же непропорциональная доля богатств, что и в руках обыкновенных богатых. Модель сохраняется. 80 процентов ресурсов, находящихся под контролем супербогатых, сосредоточены в руках сверхбогатых. И так далее.

Сейчас такого рода модель уже знакома. Распределение материального благосостояния среди населения представляет собой своего рода самоподобие, или фрактальную модель. На самом деле распределения, обнаруженные Парето, относятся к типу «толстохвостых» распределений, отражающих что-то вроде «диких» случайностей в распределении доходов, хотя и не таких «диких», как стрельба отряда пьяных стрелков. Когда Мандельброт изучал информацию для ИВМ, теории фракталов на тот момент еще не существовало. До его фундаментальной работы над парадоксом береговой линии оставалось еще почти десять лет. Но так же, как и полвека назад осенило Парето, Мандельброту пришло в голову что-то вроде модели. Как когда он писал о Ципфе, который открыл необычное самоподобие распределения частотности слов.

Несмотря на то что Мандельброт в значительной степени отошел от научного сообщества, работа о распределении материального благосостояния представляла определенный интерес для традиционных экономистов. Поэтому его периодически приглашали выступить с лекциями. В 1961 году непосредственно перед одной из таких лекций Мандельброт сделал второе открытие, которым он тоже обязан счастливому случаю.

Лекцию он должен был читать на отделении экономики Гарварда. Незадолго до нее Мандельброт встретился с преподавателем, экономистом по имени Хендрик Хаутеккер. Войдя в кабинет Хаутеккера, Мандельброт заметил на доске график. Он был почти идентичен графику, который Мандельброт планировал использовать в своей лекции о распределении доходов и принципе Парето. Мандельброт понимал, что Хаутеккер, должно быть, работает над той же проблемой, и что-то сказал по поводу их общих интересов. В ответ Хаутеккер посмотрел на него непонимающим взглядом.

Сделав еще пару неловких попыток завести разговор, Мандельброт понял, что что-то идет не так. Он показал на график на доске: «Разве это не схема распределения материального благосостояния?» Придя в замешательство, Хаутеккер ответил, что график остался на доске после встречи с аспирантом, на которой обсуждались исторические данные о ценах на хлопок, и что на самом деле это график суточных оборотов на рынках хлопка.

Хаутеккер объяснил, что он уже некоторое время работает над темой, связанной с рынком хлопка, но статистические данные никак не коррелируют с теорией. К этому времени работы Башелье уже получили второе рождение, экономисты начали соглашаться с тем, что рынки претерпевают случайные блуждания, как это утверждали Башелье и Осборн. Хаутеккеру было интересно перепроверить эту гипотезу, взяв за основу исторические данные. Если Башелье со своими случайными блужданиями был прав, то в течение дня, недели или месяца должно быть много небольших изменений цен. Крупных же изменений должно было быть немного. Но данные Хаутеккера демонстрировали иную картину: он действительно видел много очень небольших изменений, но и много очень крупных. Что еще хуже, он прилагал все усилия, чтобы получить показатель среднего изменения цены, который, как предсказывала теория Башелье, должен существ-

вывать, но всякий раз, рассматривая новый набор данных, средняя величина менялась, и часто кардинально. Другими словами, поведение цен на хлопок было больше похоже на поведение отряда пьяных стрелков, нежели пьяного курортника.

Мандельброт был заинтригован. Он попросил Хаутеккера представить ему возможность взглянуть на эти данные повнимательнее. Хаутеккер ответил, что тот может вообще забрать их себе, поскольку сам решил отказаться от этого проекта.

Вернувшись в ИВМ, Мандельброт вместе с небольшой группой программистов внимательно изучили данные Хаутеккера по хлопку, подвергнув их подробному анализу. Он подтвердил самые волнительные результаты исследований Хаутеккера: оказалось, что «средняя» величина нормы доходности отсутствует*. Цены выглядели случайными, их поведение невозможно было объяснить с помощью стандартного статистического аппарата или теорий Башелье и Осборна. Происходило что-то невероятное.

Мандельброт видел необычные распределения и раньше. Помимо работ Ципфа и Парето он был знаком и с третьим видом распределения, выведенным Полем Леви**. Именно Леви, прочитав в свое время небольшой отрывок из работы Башелье, пришел к заключению, что в ней есть ошибки. Намного позднее Леви признал свою неправоту и попросил у Башелье прощения. Частично возобновившийся интерес к процессам случайных блужданий и к распределению вероятностей заставили Леви вернуться к труду Башелье. По иронии судьбы, к этой поздней работе Леви отнеслись с меньшим вниманием, чем к его более ранним трудам, оставив Леви в неизвестности на закате его карьеры.

Интерес к случайным процессам привел Леви к изучению распределения вероятностей (гауссово распределение), которое теперь

* Другими словами, казалось, что для распределений цен на хлопок не было определено ни среднего, ни дисперсии. Как описано ниже, Мандельброт впоследствии будет утверждать, что распределения норм доходности для финансовых рынков все-таки имеют конечные средние, но не дисперсию. Однако часто бывает сложно вычислить среднее для устойчивого распределения Леви в тех случаях, когда дисперсия не определяется, требуется много времени, чтобы свести воедино среднюю величину, исчисленную на основании какого-либо массива конечных данных, со средним. По этой причине Мандельброт и Хаутеккер первоначально полагали, что среднего не существует.

** Мандельброт приводит некоторые биографические данные Леви в своей работе 1982 г. и описывает свое взаимодействие с ним в работе Мандельброта и Хадсона (2004 г.).

называют «устойчивыми распределениями Леви»*. Нормальное распределение и распределение Коши являются примерами устойчивых распределений Леви, но Леви продемонстрировал, что существует еще целый спектр случайностей в промежутке от нормального распределения до распределения Коши (на самом деле есть даже еще более «дикие» разновидности случайности, чем распределение Коши). «Дикость» может выражаться в количестве, которое обычно называется «альфа» и характеризует хвосты устойчивых распределений Леви (см. график 4). У нормальных распределений альфа равна 2; у распределений Коши — 1. Чем меньше число, тем более «дико» случаен процесс (и тем толще хвосты). Распределения, в которых альфа равна 1 и менее, не вписываются в закон больших чисел — на самом деле среднюю величину для такого «дикого» количества невозможно даже определить. Тем временем распределения, где альфа находится в промежутке от 1 до 2, имеют средние величины, но у них нет точно определенной средней изменчивости, которую статистики называют волатильностью или вариабельностью. Это означает, что рассчитать среднюю величину на основании эмпирических данных трудно, даже когда эта средняя величина существует.

Хаутеккер, учившийся на экономиста, вероятно, немного знал о Леви и его работах. А Мандельброт был приверженцем Леви. И когда он подробнее ознакомился с данными Хаутеккера, что-то щелкнуло в его мозгу. Хаутеккер был прав: цены на хлопок не подчинялись нормальному распределению. Но они не подчинялись и распределению Коши. Они находились где-то посередине, их альфа составляла 1,7. Цены на хлопок были действительно случайными, но куда более «дико» случайными, чем это могли себе представить Башелье или Осборн.

Рынок хлопка оказался первым, где Мандельброт нашел подтверждение устойчивым распределениям Леви. Но если цены на хлопок

* Они еще называются альфа-устойчивые распределения. По всему тексту (и в популярных произведениях Мандельброта) «дикость» — это код « $\alpha < 2$ ». Для устойчивых распределений Леви, где $1 < \alpha < 2$, среднее определяется, но дисперсия нет; если $\alpha \leq 1$, ни среднее, ни дисперсия не определяются. Примечательно, что теорема о центральном пределе не работает в случае устойчивых распределений Леви или, скорее, действует следующая теорема более общего характера: случайная переменная, которую можно представить как сумму достаточно большое количество независимых переменных, идентично Леви-устойчиво-распределенных, должна быть тоже Леви-устойчиво-распределена. Подробнее о математике устойчивых распределений Леви см. у Мантенья и Стенли (2000 г.) и Золотарева (1986 г.).

«дикое» колебались, то почему на других рынках должно происходить все по-другому? Мандельброт быстро начал собирать данные обо всех видах рынков: товарных (таких как золото или нефть), акций, облигаций. И в каждом случае он находил одно и то же:

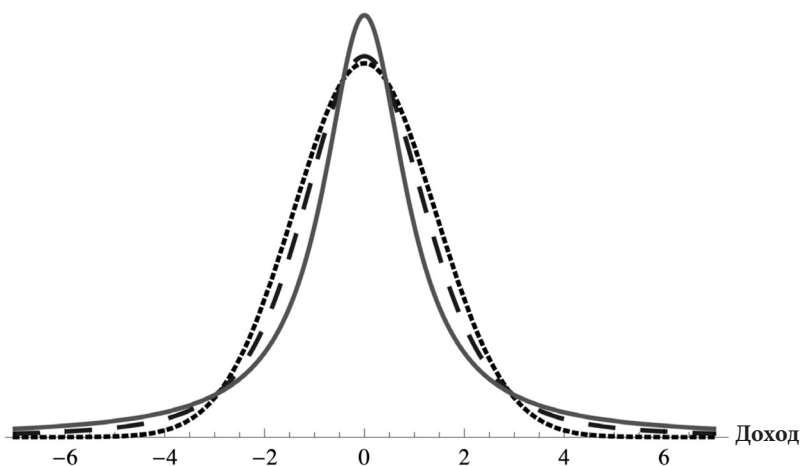


Рис. 4. Устойчивые распределения Леви

Рисунок 4. Нормальные распределения и распределения Коши — это два диаметрально противоположных случая категории распределений, которая называется «устойчивым распределениям Леви». Устойчивое распределение Леви характеризуется параметром «альфа». Если $\alpha = 2$, это распределение является нормальным распределением; если $\alpha = 1$, это — распределение Коши. Мандельброт утверждал, что реальная доходность рынка подчиняется устойчивым распределениям Леви, где α находится в промежутке между 1 и 2. Это означает, что доходность более «дикое» случайна, чем полагал Осборн, хотя и не настолько «дикое», как отряд пьяных стрелков. На данном графике показаны три устойчивых распределения. На графике 3 сплошная линия соответствует распределению Коши, пунктирная линия — нормальному распределению. Третья кривая — это устойчивое распределение Леви, где $\alpha = 3/2$. Эта кривая немного выше и немного уже, чем кривая нормального распределения, а ее хвосты немного толще. Но она не такая экстремальная, как распределение Коши.

Показатели альфа, связанные с этими рынками, были меньше 2, часто намного меньше. Это означало, что теории Башелье и Осборна о случайных блужданиях и нормальных распределениях столкнулись с большими проблемами.

В 1960 году, через год после выхода в свет первого научного труда Осборна, Мандельброт установил связь между распределением Парето и устойчивым распределением Леви. Свое исследование о ценах на хлопок он опубликовал в 1963 году, и Пол Кутнер, редактировавший сборник, в который вошли работы Башелье и Осборна, включил в него также исследование Мандельброта, сопроводив описанием его альтернативной теории*. Сборник, представивший работы Башелье и Осборна широкому кругу экономистов и теоретиков в сфере финансов, фактически говорил им: простые модели случайных блужданий — это еще не все. Примерно в 1965 году у теоретиков финансов был выбор (хотя в то время он им и не казался выбором): стать последователями Осборна и других, кто демонстрировал, как статистические методы, разработанные, по большей части, в контексте физики, можно использовать для анализа и моделирования доходности фондовой биржи, либо пойти за Мандельбротом, который продемонстрировал, что есть основания полагать, что традиционные методы не лишены недостатков. Вступить в спор на стороне сторонников традиционного подхода означало, что старые методы понятнее и проще. За Мандельброта же говорили некоторые чрезвычайно многообещающие данные.

Участники научного спора встали на сторону Осборна. В 1962 году на заседании Экономического общества** Кутнер сделал следующее заявление: «Мандельброт, как премьер-министр Черчилль до него, обещает нам не утопию, а кровь, пот, тяжкий труд и слезы. Если он прав, почти все наши средства статистического анализа устарели... Вся — почти без исключения — выполненная эконометрическая работа бессмысленна. Безусловно, прежде чем превратить века труда в кучу золы, мы хотели бы получить какую-то гарантию того, что весь наш труд действительно бесполезен»***.

* См. работы Мандельброта (1964 г.) и Кутнера (1964 г.).

** Эконометрика — статистическое изучение экономических данных, включая в частности финансы. *Прим. ред.*

*** Цитата из работы Мандельброта и Хадсона (2004 г., с.).

Большинство представителей научного сообщества разделяли его взгляды. На тот момент гипотеза случайных блужданий была еще молода, но растущее количество исследователей, включая Кутнера, уже сделало на нее ставку. Легко усмотреть в замечаниях Кутнера попытку дать отпор настырному «новичку», который подметил ошибки (недавнего) прошлого. Безусловно, Мандельброт расценивал происходящее именно таким образом, и мы теперь, когда многие теоретики и практики признали важность «толстохвостых» распределений, тоже должны воспринимать все подобным же образом. Некоторые, тот же Нассим Талеб*, управляющий хедж-фондом и профессор политехнического факультета Нью-Йоркского университета, автор бестселлера «Черный лебедь», заявили (и с ними согласился Мандельброт), что в 1965 году финансы пошли не по тому пути, продолжая исходить из допущения об умеренной случайности, в то время как на самом деле финансовые рынки — «дикие».

Но в заявлении Кутнера отсутствует один важный момент. В 1960-х годах традиционная статистика была сформировавшейся наукой с огромным арсеналом средств. Мандельброт же предлагал нечто большее, чем голословное предположение и несколько графиков. Без традиционных средств статистического анализа было фактически невозможно выполнить работу, которую выполняли Осборн, Самуэльсон, многие другие, работавшие в тот период в сфере финансов и эконометрики. Мандельброта просто недостаточно хорошо поняли. Это все равно что говорить плотнику, что шурупы намного крепче гвоздей, когда у него есть только молоток и никто еще не изобрел отвертку. Даже если дом и будет прочнее, если при его строительстве использовать шурупы, вы все равно будете значительно быстрее справляться с работой, используя молоток и гвозди, по крайней мере какое-то время.

Поэтому стремиться вперед, пользуясь имеющимися более простыми средствами, в то время как Мандельброт и первые «новообращенные» работали над дальнейшим осмыслением его труда по фракталам и самоподобию, было единственным разумным выбором.

* См. работы Талеба (2004 г., 2007а). Мандельброт приводит связанные с этим доводы в работе Мандельброта и Хадсона (2004 г.). Более сдержанное утверждение Талеба, поддерживающее центральные утверждения данной книги, хотя, возможно, и не учитывающее современную точку зрения об истории направления, взято в 1962 г. — см. работу Талеба (2007б).

Что научное сообщество безоговорочно понимало, так это то, что начинать надо с самой простой теории, которая работает, продвигаться как можно дальше вперед и уже потом задаваться вопросом, что и где в построенной теории пошло не так. В этом случае, как только вы установили, что цены на акции случайны (по крайней мере, в определенном смысле), вашим следующим шагом должно стать допущение о том, что они случайны, которое надо сформулировать самым простым способом: цены на акции просто совершают случайные блуждания.

Именно так поступил Башелье. Осборн указал на то, что так не может быть, поскольку это будет означать, что цены на акции могут принять отрицательные значения, и чуточку усложнил модель, предположив, что случайные блуждания совершает рыночная норма прибыли. И продемонстрировал, что это объясняет статистические данные значительно лучше, чем модель Башелье.

Затем пришел Мандельброт и заявил, что предположение Осборна тоже не совсем верное, потому что, если подробнее рассмотреть данные по ценам, можно увидеть модель, отличную от той, которую, как полагал Осборн, он открыл. Однако модель не кардинально отличную. Модель, которую увидел Мандельброт, говорит не о том, что цены не являются случайными, а о том, что цены случайны немного не так, как представлял себе Осборн. Едва ли можно игнорировать различия между моделями Осборна и Мандельброта, но эти различия становятся важными только в контексте предельных случаев. В обычный день не должно произойти никаких предельных случаев (по их теории), поэтому обычно никто и не замечает большой разницы между этими двумя моделями*.

* Хотя это замечание и справедливо, оно затрудняет понимание некоторых важных моментов, которые часто подчеркивает Мандельброт. Во-первых, статистические инструменты, которые используются в контексте нормальных и лог-нормальных распределений, часто совершенно нецелесообразны — и конечно же, не работают — в контексте Леви-устойчиво-распределенных переменных. По этой причине, учитывая нормальные или лог-нормальные распределения, они могут приводить к крайне недостоверным результатам и, более того, давать ложное чувство уверенности в возможности возникновения определенного рода предельных случаев. Во-вторых, несмотря на то что предельные случаи возникают с обеими моделями нечасто, в моделях финансовых рынков Мандельброта они возникают достаточно часто, то есть предельные случаи преобладают в состоянии рынка в долгосрочной перспективе. Таким образом, даже если и есть совпадения в том, как модели предсказывают состояния рынков в типичный день, существует и существенная разница в том, как следует воспринимать важность «типичного дня» в состоянии рынков в долгосрочной перспективе.

По этой причине, как мы увидим в нескольких следующих главах, когда пришло время экономистам, занимающимся финансовыми рынками, попробовать развить идеи, собранные в сборнике Кутнера, чтобы на фондовом рынке на деле использовать случайность цен, применяя статистику в качестве инструмента для прогнозирования цен деривативов или расчета суммы портфельных рисков, им предстояло сделать выбор между простой теорией, которая большую часть времени давала хорошие результаты, и теорией более сложной, но которая лучше учитывала предельные случаи. Было вполне разумно начать с более простой теории и посмотреть, что из этого выйдет. Если сделать правильные допущения, если эффективно идеализировать ситуацию, часто задача, которая при других обстоятельствах не могла бы быть решена, решается, и вы получаете решение, которое почти правильное, даже если какие-то детали оказываются неверными. Безусловно, вы с самого начала знаете, что сделали не совсем правильные допущения (рынки не совсем эффективны; случайным блужданиям подчиняются доходы, а не цены). Но это — уже что-то.

Но будет слишком просто сказать, что работы Мандельброта десятилетиями игнорировались*. Большинство экономистов пошли за Осборном, отталкиваясь от случайности рынков при изучении смежных вопросов. Но ядро убежденных математиков, статистиков и экономистов подвергло предположения Мандельброта проверке на еще более подробных данных и еще более сложными математическими методами, большинство из которых были разработаны специально для того, чтобы лучше понять, что нам всем грозит, если мир действительно настолько дико случаен, как это утверждает Мандельброт. Их работа подтвердила главный тезис Мандельброта о том, что нормальных и лог-нормальных распределений недостаточно, чтобы отразить статистические свойства рынков. Нормы прибыли имеют «толстые хвосты».

И все равно во всей этой истории что-то не так. В своих работах 1963 года Мандельброт сделал конкретное заявление: рынки соответствовали устойчивому распределению Леви. И за исключением нормального распределения, волатильность устойчивых распределений Леви бесконечна. А стало быть, большинство стандартных средств

* Например, см. работу Фама (1964 г.).

статистического анализа не годится для анализа таких распределений (именно на это намекал Кутнер, когда сказал, что если Мандельброт прав, то стандартные средства статистического анализа устарели). Сегодня существуют убедительные доказательства того, что заявление о бесконечной изменчивости и неприменимости стандартных средств статистического анализа неверно*. Потратив почти пятьдесят лет на исследования, ученые сошлись на том, что нормы прибыли имеют «толстые хвосты», но они не соответствуют устойчивости Леви. Если они правы, а большинство экономистов и физиков, работающих над этими вопросами, считают именно так, тогда стандартные средства статистического анализа на самом деле применимы. Но оценивать заявления Мандельброта — очень непростое дело, в основном потому, что существенные различия между его позицией и ближайшими альтернативами возникают только в предельных случаях, данные по которым очень трудно получить. В общем, разногласия в отношении того, как интерпретировать данные, которые у нас имеются, существуют по сей день**.

Тот факт, что заявление Мандельброта, вероятно, было слишком агрессивным, усложняет оценку его наследия. Некоторые современные авторы настаивают на том, что Мандельброту никогда не воздавали должного, что надлежащая оценка его идей решила бы все мировые проблемы. Хотя это и не совсем справедливо, есть несколько неоспоримых вещей. Предельные случаи возникают значительно чаще, чем полагали Башелье и Осборн, а рынки — еще более дикое место, чем его могут описать нормальные распределения. Чтобы до конца понять рынки и смоделировать их как можно безопаснее, необходимо учитывать эти факторы. И Мандельброт один ответственен и за вскрытие недостатков в подходе Башелье—Осборна, и за разработку математического аппарата, необходимого для их изучения. Правильное понимание деталей — один из двигателей науки. Мы никогда не должны предполагать, что повторяющийся процесс

* См., например, работу Конта (2001 г.) и содержащиеся в этой работе ссылки; этот момент также подчеркивался в диалоге Дидье Сорнетта, работа которого является предметом Главы 7.

** В частности, может быть необычайно сложно определить, подчиняются ли эмпирические данные распределениям, являющимся Леви-устойчивыми-распределениями, которые имеют «толстые хвосты», но не являются Леви-устойчивыми, поскольку противоречия часто провоцируют частоту предельных случаев, которые происходят очень нечасто. См., например, работу Верона (2001 г.).

усовершенствования математических моделей конечен. Так что Мандельброт, несомненно, сделал принципиально важный шаг вперед.

По прошествии десяти лет Мандельброт отказался продолжать свой «крестовый поход» за замену нормальных распределений другими устойчивыми распределениями Леви.

К тому времени его идеи о случайности и беспорядочности начали находить применение в других областях знаний, от космологии до метеорологии. Они были ближе Мандельброту, который начинал карьеру в сфере прикладной математики и математической физики. Он продолжал сотрудничать с ИВМ в течение всей своей трудовой деятельности; в 1974 году получил звание почетного стипендиата ИВМ, которое предоставляло значительную свободу в выборе проектов для научных исследований.

Постепенно, по мере того как его идеи просачивались в другие научные дисциплины, Мандельброт начал получать признание. Книга, благодаря которой в научный обиход вошел термин «фрактал» и которая вышла в свет в 1975 году выдержала несколько переизданий. Кульминацией стал сенсационный выход в 1982 году книги «Фрактальная геометрия в природе» — культовое событие, превратившее Мандельброта в публичную фигуру.

К началу 1990-х годов он накопил длинный список значительных званий, наград, среди которых были орден Почетного легиона (1990 год). В 1993 году Мандельброт был удостоен премии Вольфа по физике. В 1987 году он начал преподавать математику в Йельском университете и в 1999 году в возрасте семидесяти пяти лет получил первую «пожизненную» позицию на этом факультете. Он продолжал читать лекции и заниматься оригинальными исследованиями вплоть до самой смерти 14 октября 2010 года.

В начале 1990-х годов Мандельброт почувствовал, что настало время вернуться в сферу финансов, и на этот раз его приход был успешнее. За предыдущие три десятилетия его идеи развились, созрели, получили признание в других областях знания. Поэтому когда он снова начал задумываться об экономике, в его арсенале уже был значительно больший набор математических средств, на которые можно опираться.

Изменились и сами рынки, на Уолл-стрит стало больше людей, способных понять и использовать идеи Мандельброта на практике.

Именно тогда финансовые центры признали «толстохвостые распределения». Хотя с этим тезисом я забегаю вперед. Чтобы поднять финансы на уровень, на котором можно будет с максимальной пользой использовать идеи Башелье, Осборна и, наконец, Мандельброта, будет нужен физик-дилетант, достаточно сообразительный в игре в блэкджек.

Глава 4

Победи крупье

Год 1961-й, Лас-Вегас*. Субботний июньский вечер. Температура колеблется в районе 38 градусов по Цельсию, несмотря на то что солнце уже село. В казино до этого никому нет дела. Вегас на пике своего послевоенного «золотого века». Шумные этажи казино, окутанные сигаретным дымом, заполнены туристами со всей страны, которые надеются, что им повезет за игорным столом или хотя бы пощастливится бросить влюбленный взгляд на какую-нибудь знаменитость. Это — Вегас из фильма «Одиннадцать друзей Оушена», Вегас Майкла Корлеоне, Вегас, который посещает Джеймс Бонд в фильме «Бриллианты навсегда». Это — Вегас Элвиса и «Крысиной стаи», музея Либрейс и братьев Маркс**.

Стройный мужчина примерно тридцати лет, стриженный под ежик, сидит за столом для игры в рулетку. Он пристально смотрит прямо перед собой, его лицо, скрытое за очками в роговой оправе, не выражает никаких эмоций. Вокруг толпится народ, эмоционально кидая на стол фишки. Но он игнорирует их. Он сосредоточен, сконцентрирован, непонятно только на чем. Минуты идут, толпа начинает интересоваться, не забыл ли он об игре. В последний момент он кладет свои фишки на случайные на первый взгляд поля. В одном раунде это черная цифра 29, красная 25, черная 10, красная 27. В следующем — черная 15, красная 34, черная 22 и красная 5. Людям, стоящим вокруг него, кажется, что за столом сидит сумасшедший.

* Я позволил себе вольность с этим вступительным рассказом (Де-Мойн; коктейль с виски), но главное описано верно; описание основано на автобиографическом эссе (Торп, 1998 г.). В общем, биографический материал по Торпу взят из этого эссе, а также из работ Торпа (1966, 2004 г.), Паунстоуна (2005 г.), Паттерсона (2010 г.) и Швагера (2012 г.). Кроме того, я брал интервью у Торпа, и он был достаточно любезен, прочитал и прокомментировал более ранний проект этой главы.

** Братья Маркс — популярный в США комедийный квинтет, специализировавшийся на «комедии абсурда» — с набором драк, пощечин, флирта и метания тортов. *Прим. ред.*

У игроков в рулетку часто есть свои системы, но они логичны, как в лотерее: вы ставите на свой день рождения или на номер телефона своей девушки. Или, если хотите поставить на что-то понадежнее, вы играете с цветом. Но ставки этого человека постоянно меняются, как будто кто-то предсказывает ему на ухо судьбу. Что бы он ни делал, кажется, что все это неправильно. Особенно потому, что он выигрывает. Много.

Его зовут Эдвард Торп. Сегодня Торп — один из наиболее успешных управляющих хедж-фондами в истории. В июне 1961 года он только несколько лет назад как окончил аспирантуру. Он только что был принят ассистентом на отделение математики Университета штата Нью-Мексико. В аспирантуре Торп специализировался в области математики квантовой физики. И он был игроком. Особенно интересовали Торпа стратегические игры: блэкджек, покер, баккара. Даже древняя китайская игра го. Но в ту знойную ночь 1961 года в Вегасе он играл в рулетку. Это было странно, потому что результаты вращения колеса рулетки, как казалось, всегда абсолютно случайные. Каждый ее поворот не имеет ничего общего с предыдущим или с последующим. В игре в рулетку нет места стратегии.

Тем временем мимо стола для игры в рулетку проходят мужчина и женщина, поспешно глотая лимонный коктейль с виски. За другим столом звучит одобрительное восклицание, когда кто-то из Демойна срывает большой куш. Отвлекаясь на момент, Торп поднимает взгляд — как раз вовремя, чтобы поймать на себе полный ужаса взгляд женщины, сидящей рядом с ним. Торп резко поднимает руку к уху. Заметив это движение, несколько зрителей уловили, как что-то мелькнуло... Что такое? Наушник? Торп уже вскочил на ноги, собирает фишки, засовывая их в карманы одной рукой. Другая рука остается прикованной к уху. Он протискивается сквозь толпу и спешит по направлению к выходу.

Мы видели, как Башелье и Осборн использовали аналитические наработки из физики, чтобы сформулировать предположение, что рынки можно понять в контексте случайных блужданий, как Мандельброт доработал эту идею. Их работа произвела переворот в изучении финансовых рынков, когда экономисты оценили ее по заслугам. Но все трое были представителями «чистой науки». Башелье, правда, некоторое время проработал на бирже, но нет никаких свидетельств

того, что он извлекал какую-либо выгоду из этого, и, конечно же, никогда не зарабатывал больших денег. Осборн, возможно, и занялся бы финансами в попытке прокормить свою семью, но в конечном счете пришел к заключению, что от размышлений о беспросветном бедламе финансовых рынков прибыли не получишь. Мандельброт, похоже, тоже избегал торговли.

Безусловно, идеи Башелье, Осборна и Мандельброта проникли на экономические факультеты и повлияли на восприятие финансовых рынков трейдерами. Например, книга «Случайные блуждания по Уолл-стрит», написанная в 1973 году экономистом из Принстона Бертоном Малкиелом, стала классикой среди инвесторов всех мастей. Многим она была обязана, в частности, Осборну, хотя об оказанном им влиянии автор нигде в ней не упомянул.

Но представление и последующее совершенствование гипотезы случайных блужданий — только часть истории о том, как физики изменили современные финансы. И не только в теории. Физики были в равной степени или даже более влиятельны как практики. Эд Торп — яркий тому пример. Он совершил то, что Башелье и Осборну так и не удалось сделать: он продемонстрировал, что физику и математику можно использовать для извлечения прибыли из финансовых рынков. Отталкиваясь от работы Башелье и Осборна и исходя из собственного опыта в области систем азартных игр, Торп создал современный хедж-фонд, использовав идеи из новой области знания, в которой сочетались математическая физика и электронная инженерия. Теория передачи информации в руках Торпа оказалась тем самым недостающим звеном между статистикой рыночных цен и стратегией, выигрывающей на Уолл-стрит.

Торп появился на свет на пике Великой депрессии, 14 августа 1932 года. Его отец был отставным офицером, ветераном Первой мировой войны. Когда Торп родился, его отцу повезло — он нашел работу охранника в банке. Но с деньгами в семье было по-прежнему сложно, и у молодого Торпа рано развились природное чувство бережливости, финансовая смекалка. Он понял, что может купить упаковку растворимого напитка «Кул Эйд» за пять центов, а из каждого пакета сделать шесть стаканов напитка. И продавал холодный «Кул Эйд» рабочим WPA по центу за стакан. Он поспорил с лавочником, что может сложить цены из чека в уме быстрее, чем кассовый аппарат,

и выиграл мороженое в вафельном стаканчике. Двоюродный брат показал ему, что автоматы на местной заправочной станции настроены так, что если правильно покачать ручку, они будут выбрасывать монетки. Торп этим незамедлительно воспользовался.

Когда началась Вторая мировая война, Торпы направились на запад искать работу в оборонной промышленности. Они поселились в Ломайте, к югу от Лос-Анджелеса. Родители пошли работать, оставив Торпа одного дома. Примерно в это время он обнаружил, что есть нечто более увлекательное, чем делать ставки на собственную сообразительность: взрывать всякие вещи. Он начал с детского набора по химии, который подарили ему родители, а в конечном итоге организовал лабораторию в гараже. В то время как родители работали на оборону, Торп мастерил самодельные бомбы из нитроцеллюлозы и взрывал городские тротуары. Позднее он уже начал играть с телескопами, радио и электроникой.

Детская тяга к взрывчатке привела Торпа к увлеченности наукой, и попутно он выучил много из химии и физики. В 1948 году в конце десятого класса старшей школы Торп записался на экзамен по химии, который проводится в масштабах всей Южной Калифорнии, рассчитывая получить стипендию для обучения в Университете Калифорнии. Когда он рассказал о своих планах учителю по химии, тот отнесся к этому предприятию с сомнением. Торп был на год младше остальных участников конкурса, целенаправленно готовившихся к поступлению в колледжи. Учитель предложил Торпу сдать тренировочный экзамен, и его итоги развеяли сомнения преподавателя. Торп кое-чего не знал, но было ясно, что он парень одаренный. Учитель порекомендовал Торпу три книги для чтения и дал стопку тренировочных тестов, чтобы тот проработал их за лето.

Когда вернулись результаты тестов, Торп узнал, что занял в конкурсе четвертое место. Но Торп чувствовал, что мог выполнить их еще лучше. В вариант теста, который он сдавал, был включен неожиданный раздел, который предусматривал использование логарифмической линейки. У Торпа была невероятно убогая логарифмическая линейка за десять центов — маленькая и плохо обработанная. Цифры на ней не всегда правильно выстраивались, выдавая ошибки в расчетах. Торп был убежден, что если бы у него была нормальная логарифмическая линейка, он бы победил в конкурсе. Проблема заключалась

в том, что повторно сдать тест по химии он уже не мог. На следующий год он записался на тест по физике, занял первое место и получил стипендию, которая обеспечила возможность обучения в Университете Калифорнии в Лос-Анджелесе. В общем, Торп умело использовал познания о взрывчатых веществах, приобретенные на заднем дворе, на оплату колледжа.

Поскольку в Университет Калифорнии Торпа привела скорее физика, он решил сделать ее своей специальностью. Через четыре года он остался в аспирантуре университета. Торп любил учиться, но аспирантура не была для него естественным выбором, учитывая финансовое положение его семьи. Если бы не конкурс на получение стипендии, маловероятно, что он вообще смог бы позволить себе учиться в колледже. И теперь, когда ему был двадцать один год, денежный вопрос стоял как никогда остро. Торп сформировал месячный бюджет в размере 100 долларов (около 850 долларов в пересчете на 2012 год*), половина из которых уходила на оплату жилья. Денег определенно не хватало, и Торп начал строить планы, как немного заработать на стороне, в духе своих детских «подвигов».

Мысли о том, как заработать денег, не прилагая больших усилий, впервые заставил Торпа задуматься о рулетке. Началось все со спора в столовой Университета Калифорнии весной 1955 года, когда Торп заканчивал курс обучения по программе на степень магистра по физике. В Лас-Вегасе только-только открылись первые казино, и тема азартных игр была актуальной. Один из друзей Торпа предположил, что азартные игры — хороший способ быстро разбогатеть. Проблема лишь в том, заметил кто-то из собеседников, что обычно ты проигрываешь. Обсудив вопрос о том, возможно ли получить преимущество в различных играх (то есть повысить шансы того, что ты будешь чаще выигрывать, чем проигрывать), друзья вспомнили о рулетке. Большинство коллег Торпа стояли на том, что рулетка — самый ужасный вариант для быстрого обогащения. Возможно, если с колесом что-то будет не так, определенные цифры будут выпадать чаще, чем другие. Но колеса в таких крупных казино, как в Лас-Вегасе или Рено, так точно выверены, что в них невозможно было найти какое-либо несовершенство, которое можно было бы использовать в свою пользу.

* Расчет основан на сетевом калькуляторе инфляции Статистического управления на http://www.bls.gov/data/inflation_calculator.html.

Колеса рулетки настолько расположены к случайности, насколько это возможно себе представить, так что все шансы были против игроков.

Торп не оспаривал это утверждение. Но думал, что заключение приятелей было неверным. В конце концов, рассуждал он, физики хорошо умеют предсказывать, как поведут себя такие объекты, как колеса. Если колесо рулетки действительно совершенно, не будет ли достаточно знаний физики на уровне старшей школы, чтобы предсказать, куда прилетит шарик, начав свой путь в определенном месте и вращаясь с определенной скоростью? Чтобы вычислить, как шарики катаются по колесу, не надо знать квантовую физику или высшую математику. То, что колеса рулетки идеально изготовлены, может в этом только помочь: у этого колеса нет никаких мелких дефектов, которые могли бы повлиять на расчеты, все колеса к тому же идентичны.

Чтобы проверить эту гипотезу, Торп начал экспериментировать. Он провел несколько расчетов, затем купил дешевое колесо размером в половину натуральной величины, заснял на пленку, как катится по нему шарик, чтобы потом иметь возможность детально, кадр за кадром, рассмотреть его поведение. И думал, как можно использовать все это на деле. В крупных казино ставки принимают, даже когда шарик уже начал движение, поэтому, в принципе, можно определить начальную скорость, положение шарика в колесе, а больше ничего и не надо, чтобы, прежде чем делать ставки, рассчитать, куда он попадет. Торп фантазировал, что можно даже создать машину, которая будет быстро делать необходимые расчеты. Но продвинуться далеко в своих изысканиях у него не получилось. Колеса в Лас-Вегасе были действительно безупречными, а игрушечное колесо Торпа — обычной безделушкой. Просмотрев отснятые пленки, Торп убедился, что его домашний эксперимент был пустой тратой времени. Профессиональные же колеса стоили значительно дороже, 1000 долларов — таких денег у бедного аспиранта не было и в помине.

Торп отказался от идеи «переиграть» рулетку, по крайней мере, на некоторое время. После окончания учебы в магистратуре он начал работать над докторской диссертацией, опять же по физике. Однако быстро понял, что для работы ему не хватает математического образования. Он составил список курсов, которые необходимо пройти. Большинство из них были по активно развивавшемуся в тот момент функциональному анализу. И обнаружил, что ему их вполне хватает

для защиты докторской диссертации, правда, не по физике, а математике. И Торп переключился на математику. Однако идеи о физике рулетки его не покидали. Он был уверен, что если обладать необходимыми ресурсами (профессиональным колесом рулетки и определенным ноу-хау в сфере ЭВМ), он мог бы легко разбогатеть.

Вскоре после окончания учебы Торп получил престижное место преподавателя математики в МТИ, должность, которую десять лет назад занимал Джон Нэш, отличный математик, которому Сильвия Назар посвятила свою книгу «Игры разума»*. Торп с женой Вивиан переехали из Южной Калифорнии в Массачусетс.

На восточном побережье они провели два года и вернулись обратно на запад в Санкт-Петербург (штат Нью-Мексико). Но этих лет оказалось достаточно, чтобы полностью изменить их жизнь: именно в МТИ Торп познакомился с Клодом Шенноном**.

Шеннон, возможно, единственный человек в XX веке, который может заявить, что создал абсолютно новую науку. Речь идет о теории передачи информации, которая является, по существу, математикой, порожденной цифровой революцией. На ней строится наука о преобразовании информации (информатика), современные телекоммуникации, криптография и дешифрация сообщений. Основной предмет изучения — данные: биты (термин, введенный в обиход Шенноном) информации. Изучение, каким образом световые волны перемещаются в пространстве или функционирует естественный язык, очень старо; принципиально новая идея Шеннона заключалась в том, что можно изучать саму информацию — нечто, передающееся световыми волнами от объектов на сетчатку глаза, или нечто, передающееся от одного человека к другому, когда они разговаривают, — независимо от волн и слов. Трудно переоценить, насколько важной станет эта идея.

Теория передачи информации берет свои корни из проекта, над которым Шеннон работал во время Второй мировой войны в Лаборатории Белла, научно-исследовательском отделе AT&T в Мюррей-Хилл. Целью проекта было создание кодируемой телефонной системы,

* См. работу Сильвии Назар 1998 г.

** Подробнее о Шенноне см. у Кана (1967 г.), Паунстоуна (2005 г.), Гляйка (2011 г.) и две биографии у Вайнера и Слоуна (1993 г.). Отличное современное введение в теорию передачи информации — Грей (2011 г.); специально о вкладе Шеннона см. у Вайнера и Слоуна (1993 г.) и Шеннона и Вивера (1949 г.).

чтобы генералы на фронте могли безопасно вести переговоры с центральным командованием. Сделать это было очень сложно. Существует только одна система кодирования, невозможность взлома которой можно было доказать математически. Это «ключ одноразового использования». Представьте себе, что вы пишете письмо другу и не хотите, чтобы кто-нибудь его прочитал. Предположим, в этом письме 100 знаков с учетом пробелов. Чтобы защитить письмо нераскрываемым кодом, вам необходимо создать произвольный список из 100 цифр (по количеству знаков в письме), так называемый «ключ», а затем «прибавить» эти цифры к знакам в письме. Если первый знак соответствует букве Д (как «Дорогой Джон», например), а первая цифра в вашем произвольном списке — 5, вам надо прибавить 5 к Д, спустившись вниз по алфавиту на пять букв. Вы напишете И вместо Д, и так далее. Чтобы расшифровать письмо, вашему другу понадобится копия ключа, который он затем использует, чтобы вычесть нужное число из каждой буквы и прочитать исходное сообщение. Если ключ действительно произвольный, декодировать такое сообщение будет невозможно, не имея доступа к ключу, поскольку произвольность выбора ключа размоет любые алгоритмы исходного сообщения.

Ключ одноразового использования, как я только что описал, на практике может оказаться коварным, поскольку отправитель и получатель должны иметь идентичные произвольные ключи. Но в принципе, идея проста. Дело усложняется, если вы попытаетесь реализовать идею ключа одноразового использования для телефонного разговора. Здесь отсутствуют буквы, к которым следует прибавлять или, наоборот, отнимать цифры. Есть звуки, более того, они передаются на большие расстояния по проводам (или, по крайней мере, передавались в 1944 году). Это означало, что любой может получить доступ к проводу, и в любой точке, находящейся между генералами на поле боя и их базой.

Коллектив Лаборатории Белла пришел к выводу, что суть ключа одноразового использования заключается в том, что алгоритмы «сигнала», то есть передаваемого сообщения, можно скрыть в хаотичном «шуме» — ключе, состоящем из случайных цифр. Поэтому необходимо взять любое средство передачи сообщения (в данном случае — звук) и прибавить к нему что-то абсолютно случайное, чтобы было невозможно выделить информативные алгоритмы. Слово «шум»

в телефонном разговоре — это не метафора. Представьте себе, что вы пытаетесь поговорить с кем-либо, когда в комнате работает шумный пылесос. Вы не многое разберете из того, что захочет сообщить вам собеседник, если вообще что-нибудь разберете. На этом принципе базируется SIGSALY, система, которую изобрели Шеннон и его коллеги. Если к тому, что говорит ваш генерал, добавить достаточно шума, его речь можно сделать непонятной. Но если у вас есть доступ к записи точно такого же случайного шума на другом конце сигнала в Вашингтоне, вы можете «вычистить» его из закодированного сообщения и получить исходное голосовое сообщение. Внедрение этой системы было чудом инженерной мысли: работы по «очистке» телефонного сигнала от шума были тогда в зачаточном состоянии, но Шеннон и его коллектив догадались, как это сделать. Приборы SIGSALY были установлены в Пентагоне для президента Рузвельта, в Гуаме и Северной Африке у генералов Макарура и Монтомери и в подвале университета Селфриджен в Лондоне для Черчилля.

Мысли о взаимозависимости между сигналом и шумом привели Шеннона к его наиболее важной догадке — главной идее, лежащей в основе теории передачи информации и, если уж на то пошло, информационной революции. Представьте себе, что вы едете по шоссе и разговариваете со своим пассажиром. Вдруг мимо проносится автопоезд, и в какой-то момент ваш пассажир слышит вас через слово, потому что грузовик создает жуткий шум. Пассажир поймет, что вы пытались ему сказать? Возможны варианты. Возможно, вы только начали свою обычную тираду о напряженном дорожном движении в Лос-Анджелесе. Вы жалуетесь на него постоянно, и ваш друг уже знает весь текст наизусть. Всего несколько слов — возможно, «строительство» или «плохие водители», плюс непристойное слово или два — этого будет достаточно, чтобы передать ваш взгляд на дорожное движение. На самом деле на месте пассажира мог бы быть и абсолютно незнакомый вам человек; никто не любит стоять в пробках, поэтому пары-тройки ключевых слов, которые пассажир уловит за шумом автопоезда, будет достаточно, чтобы он понял, о чем речь. Но что если вы попытаетесь объяснить детали нового фильма, который только что посмотрели? В этом случае важным будет каждое слово. Ваш пассажир ничего не поймет, если услышит только: «Исполнитель главной роли... был... в расцвете сил...»

Шеннон пришел к заключению, что количество информации, переносимое сигналом, каким-то образом связано с тем, насколько легко получателю декодировать этот сигнал или, другими словами, насколько непредсказуемым он будет. Ваша тирада относительно напряженного дорожного движения не содержит много информации — легко предсказать, что вы скажете дальше; изложение же сюжета фильма содержит больше информации. В этом заключается суть теории передачи информации Шеннона.

Возможно, самый простой способ объяснить такой взгляд на информацию — это развернуть картинку Шеннона на 180 градусов. Информация — это вещь, которая заставляет вас уйти от ощущения неуверенности в чем-то и прийти к ощущению, что вы уверены в этом. Когда вы получаете информацию, вы узнаете что-то о мире. Теперь представьте себе два случая. Предположим, вы подумали, что существует большая вероятность, что бейсболисты «Янкиз» выиграют половину игр в конкретном сезоне, а вероятность того, что на Луне живут инопланетяне, очень мала. Существенно важную догадку Шеннона можно сформулировать следующим образом: если бы вы узнали, абсолютно наверняка, что на Луне есть инопланетяне, вы бы получили значительно больше информации, чем если бы вы узнали, что «Янкиз» выиграли более половины игр в сезоне. Почему? С точки зрения Шеннона, дело в том, что вероятность того, что на Луне есть инопланетяне, намного, намного ниже, чем вероятность того, что «Янкиз» (или любая другая команда) победит в половине игр. Такая связь между вероятностью сообщения и информацией, заключенной в сообщении, дает ключевое звено, необходимое для количественной оценки информации. Другими словами, увязав информацию с вероятностью, Шеннон обнаружил способ присвоить сообщению число, которое соответствует количеству содержащейся в нем информации, что, в свою очередь, было первым важным шагом в создании математической теории информации.

Изобретение теории передачи информации в одночасье сделало Шеннона знаменитым, по крайней мере, в кругах тех, кто занимается электротехникой, математикой и физикой. Сферы ее применения оказались бесчисленными. После войны он еще десять лет проработал в Лаборатории Белла, а в 1956 году перебрался в МТИ.

Торп приехал в Массачусетс в 1959 году, через год после окончания аспирантуры. К этому времени Шеннон занимал должности за-

ведущего кафедрой и профессора математики и электротехники. Его самая главная работа была уже опубликована, его авторитет рос буквально на глазах. К концу 1950-х годов он уже был научной «звездой». Известный своей эксцентричностью, Шеннон был достаточно влиятелен, чтобы диктовать МТИ условия, с кем он хочет встречаться, что преподавать, сколько времени будет уделять своим научным исследованиям. Он был не таким человеком, к кому можно случайно заглянуть в кабинет, особенно если вы — простой преподаватель. Чтобы встретиться с Шенноном, Торп должен был предварительно записываться на прием. А чтобы записаться на прием, у него должна была быть тема, достойная обсуждения с Шенноном. Как сообщила Торпу секретарь Шеннона, профессор «не тратит время на темы (или людей), которые его не интересуют»*.

К счастью, у Торпа была тема, которая могла привлечь внимание Шеннона. За несколько месяцев до переезда в Массачусетс Торпы впервые съездили в Лас-Вегас. Они выбрали Вегас из меркантильных соображений: недалеко от Лос-Анджелеса, масса недорогих отелей, есть на что посмотреть и чем заняться. Плюс, подумал Торп, это шанс подыскать профессиональное колесо рулетки. Но, как выяснилось, рулетка была не самым главным предметом, интересовавшим Торпа. Незадолго до того как молодая пара отправилась в отпуск, коллега передал Торпу один из последних номеров журнала Американской статистической ассоциации. Статья была посвящена игре в блэкджек, или «в очко»**.

Что касается игр, в которые играют в казино, блэкджек — игра старая, старше даже, чем рулетка. Сервантес, автор «Дон Кихота», играл в одну из ее разновидностей в Испании еще в начале XVII века и писал рассказы, в которых его герои весьма искусно обманывали своих соперников***. В эту игру обычно играют одной или двумя стандартными колодами карт. Начинают со ставки. Игра с каждым игроком (включая крупье) начинается со сдачи двух карт, затем у игроков появляется возможность просить дополнительные карты до тех пор, пока они не решат, что им достаточно, или у них случается «перебор»,

* Это цитата из работы Торпа 1998 г.

** Это была статья Болдвина и др. (1956 г.).

*** См. «Ринкнет и Кортадилло», Сервантес (1881 г.).

что происходит, когда карты в сумме составляют больше двадцати одного очка. Количество очков по картам с цифрами равняется их номинальной стоимости; картинки дают по десять очков; туз — либо одно очко, либо одиннадцать — по усмотрению игрока. Цель игры — набрать максимальное количество очков, но не более двадцати одного. В казино каждый игрок играет сам за себя против крупье, выступающего от лица заведения. Задача игрока — обыграть крупье. Если вы выигрываете, вам выплачивают по доллару на каждый поставленный вами доллар, если первые сданные две карты не дадут в сумме двадцать одно очко. В этом случае вам выплачивают по 1,5 доллара на каждый поставленный доллар.

Казино всегда придерживается одной стратегии. Крупье берет новую карту до тех пор, пока общее количество очков у него меньше семнадцати. Если крупье достигает суммы в семнадцать очков или больше, он останавливается. Если у крупье перебор, выигрывают все игроки. Хитрость, по крайней мере, в казино, заключается в том, что если карты игроков раскладываются лицом вверх, одна из карт крупье всегда кладется лицом вниз, и игроки не видят ее до самого конца игры. Не зная, чего от той карты ждать, труднее понять, стоит ли просить у крупье дополнительные карты.

В казино уже многие годы стоят столы для игры в блэкджек. И они зарабатывают на этом деньги. Это подсказывает, но не совсем доказывает, что преимущество в игре всегда на стороне заведения. Причина, почему это не совсем доказывает, заключается в том, что блэкджек, в отличие от рулетки, игра стратегическая. У игрока всегда есть выбор, просить или не просить дополнительные карты. Даже к началу 1950-х годов, когда азартные игры прижились в Лас-Вегасе, никто не задавался вопросом, существует ли стратегия, которой игрок должен придерживаться, чтобы получить преимущество над заведением? Единственное, что любой знал наверняка: что бы большинство людей ни делали, в выигрыше всегда останется заведение. Сделать какие-либо дальнейшие умозаключения представлялось крайне сложным. Для этого необходимо было рассчитать вероятности всех возможных комбинаций при всех возможных обстоятельствах. Миллионы расчетов.

Именно этим и решила заняться группа военных исследователей в 1953 году. За три года с помощью «компьютеров» (что в начале

1950-х годов означало: с помощью людей, возможно, вооруженных электронными арифмометрами) группа военных определила (почти) все возможные комбинации, рассчитала вероятность их выпадения, а затем изобрела то, что они считали «оптимальной» стратегией игры в блэкджек. Именно эту стратегию они и опубликовали в журнале Американской статистической ассоциации, и ее Торп решил опробовать во время поездки в Вегас. Это не была выигрывающая стратегия. По армейским расчетам, заведение все равно будет иметь преимущество, даже если ты играешь по их оптимальной стратегии, из-за существенной роли неопределенности комбинаций карт крупье. Но преимущество было очень маленьким. Если сделать тысячу ставок по одному доллару подряд, используя их стратегию, армия предсказывала, что можно ожидать, что к концу дня у вас останется (в среднем) на руках около 994 долларов. В сравнении с игровыми автоматами, где можно ожидать, что у вас останется около 800 долларов, оптимальная стратегия игры в блэкджек выглядела неплохо. К сожалению, стратегия эта была непростой, Торпу пришлось составлять шпаргалку; он выписал все возможные варианты на маленькую карточку, в которую заглядывал во время игры.

Он проиграл. Быстро. Через час игры у Торпа из 10 долларов осталось 1,50. Но другие игроки за его столом проиграли еще быстрее, и к моменту, когда Торп встал из-за стола, он был убежден, что армейские исследователи нащупали правильный путь. Он также убедился, что мог бы сыграть и получше.

Проблема армейской стратегии, как представлялось Торпу, заключалась в том, что они рассматривали каждый раунд игры в блэкджек по отдельности, как будто каждый раз использовалась новая колода карт. Но на самом деле, особенно в 1958 году (с тех пор казино изменили правила), это было не так. Крупье вначале тасовал колоду, а затем играл до тех пор, пока хватало карт на круг. Это все меняло. Предположим, что вероятность получения, скажем, туза из новой колоды равна $4/52$, ведь в ней находится 4 туза и всего 52 карты. Но представьте себе, что у вас идет уже вторая комбинация, в первой перед этим было сдано 10 карт, две из которых — тузы. Теперь вероятность получения туза уже $2/42$ — значительно меньше, чем $4/52$. Суть в том, что если ваша стратегия зависит от вероятностей получения других комбинаций карт и если вы играете осторожно, вы должны

учитывать, какие карты уже сданы. Если вы принимаете такую стратегию, вы следите за тем, какие карты уже были розданы, и соответственно меняете свою стратегию. Эта стратегия называется стратегией карточных подсчетов.

Торп полагал, что карточные подсчеты могут поднять вероятность выигрыша в блэкджек даже выше, чем ее определили армейские исследователи. Воспользовавшись в МТИ компьютером IBM 704, одним из первых массовых компьютеров, Торп смог доказать, что игрок получит преимущество, если будет сочетать модифицированную версию армейской стратегии с простой методикой карточных подсчетов. Именно с этим Торп и пришел к Шеннону. Он подготовил на эту тему статью и надеялся, что Шеннон поможет с ее публикацией.

Когда наступил день встречи, Торп знал, что делать. Тридцатисекундная презентация была готова: что он хочет и почему это должно интересовать Шеннона.

Как оказалось, Торпу не о чем было беспокоиться. Шеннон сразу понял, что интересного в результатах, полученных Торпом. Задав несколько вопросов, Шеннон убедился в том, что Торп — это то, что ему надо. Он сделал несколько замечаний по статье, предложил смягчить название («Выигрывающая стратегия игры в блэкджек» поменять на «Благоприятная стратегия игры в “Двадцать одно”»), а затем передать ее в редакцию *Proceedings of the National Academy of Sciences*, самого престижного научного журнала, на предмет возможной публикации (свои статьи в этот журнал могли предлагать исключительно члены академии)*. Затем, когда Торп уже было собрался уходить, Шеннон мимоходом спросил, нет ли у него каких-нибудь других проектов, связанных с азартными играми. Математика с очевидными и увлекательными сферами применения была как раз в духе Шеннона. Выдержав паузу, Торп сделал пару шагов по направлению к Шеннону. «Есть одна вещь, — начал он, — про рулетку...»

На Кембридж опустились снежные зимние сумерки. Темный седан обогнул квартал, притормозил и остановился перед многоквартирным домом, в котором жили Торпы. Дверцы открылись, из них появились две красивые молодые женщины. На обеих были норковые манто, ниспадающие складками с плеч. Они отошли в сторону, и из

* Работа Торпа была принята и опубликована в 1961 г.

машины появился третий пассажир — мужчина шестидесяти с небольшим лет. Его звали Мэнни Киммел*. Он был владельцем концерна, в который входили парковка и бюро похоронных услуг, известного как Kinney Parking Company. Компания Kinney Parking Company готовилась выйти на открытый рынок с первоначальным предложением. За последующее десятилетие под руководством сына Киммела Цезаря и легендарного Стива Росса Kinney переживет период бурного роста: сначала превратится в компанию, занимающуюся промышленной очисткой и техническим обслуживанием зданий, а затем — в медийную компанию. В 1969 году Kinney Parking Company приобретет студию Warner Brothers Studios в качестве первого шага к ее преобразованию, кульминацией которого в конечном счете станет Time Warner — крупнейший в мире конгломерат средств распространения информации.

Но в 1961 году все это было в будущем. Киммел и тогда уже был состоятельным человеком. Состояние свое он нажил старомодным способом: азартными играми и кутежом. Существует легенда о том, что свою первую парковку на Кинни-стрит в Ньюарке Киммел выиграл в кости. Успех Kinney Parking Company на первых порах был связан в равной степени как с побочным бизнесом Киммела (он подгонял лимузины к нелегальным игорным домам), так и с людьми, парковавшими свои машины. В годы «сухого закона» в США он скооперировался со своим другом детства, членом еврейской гангстерской организации Лонги Цвильманом. Цвильман ввозил ржаной виски из Канады, а затем обычно использовал гаражи Киммела в Нью-Джерси в качестве склада.

К порогу Торпа в то холодное февральское воскресенье Киммела привели азартные игры. За несколько недель до этого Торп выступил с лекцией на ежегодном собрании Американского математического общества в Вашингтоне. На этот раз он позволил себе дать докладу дерзкое название: «Формула удачи: выигрывающая стратегия игры в блэкджек». Блэкджек — это одно, а вот доклад Торпа был выигрышной стратегией, чтобы привлечь к себе внимание средств массовой информации. Он читал лекцию при полном зале, и вскоре в его

* Жизнь Киммела, включая рассказ о том, как его бизнес владельца парковок превратился в империю Time Warner, описана у Паунстоуна (2005 г.) и в особенности у Брюка (1994 г.). Рассказанная здесь предыстория основана на этих источниках; рассказ о поездке Киммела в Вегас с Торпом основан на работе Торпа (1966 г.).

дверь уже стучались корреспонденты AP и прочие СМИ. Не прошло и нескольких дней, как в национальных изданиях, в том числе в Washington Post и Boston Globe, стали появляться статьи. Скучное ежегодное собрание АМО редко привлекало внимание новостных агентств, но то, что какой-то математик из МТИ собирается обработать Вегас как липку, нашло свой отклик.

Сначала Торп был в восторге от этого внимания. Его телефон звонил не переставая — репортеры просили о интервью, а азартные фанатики надеялись узнать секреты Торпа. Он хвастался репортерам, что если бы он достал достаточно средств на поездку в Вегас, то доказал бы, что его система действительно работает. В качестве рекламного трюка одно из крупных казино с улицы Стрип в Вегасе «Сахара» предложило ему бесплатный номер и бесплатное питание на любой срок, полагая, что система Торпа, как и сотни других систем, предшествовавших ей, была в лучшем случае фантазией. Но «Сахара» не дала Торпу денег на игру, а из своих 7000 долларов в год (такова была его зарплата) Торп сам не мог выкроить достаточно средств. (В казино предусмотрен размер минимальных ставок, и если с самого начала пойдет черная полоса, это может уничтожить вас, если в кармане нет пачки наличных, даже когда существует большая вероятность того, что в конечном итоге вы выиграете.)

Тут-то и появился Киммел. Некоторые люди любят хорошие вина или дорогие сигары. Другие предпочитают машины, спорт или, возможно, искусство. Будучи закоренелым азартным игроком, Киммел был знатоком в части различных систем ставок. Когда он прочитал о системе игры в блэкджек Торпа, то написал ему и предложил профинансировать эксперимент на сумму в размере 100 000 долларов. Но сначала хотел сам увидеть систему в действии. Поэтому, когда Торп согласился на встречу, Киммел заказал машину из Нью-Йорка и приехал, представив двух молодых особ племянницами. Торп начал было объяснять Киммелу свою методику. Но Киммела она не интересовала. Он вынул из кармана колоду карт и начал сдавать: он поверит, что система работает, только когда увидит ее в действии. Они играли весь вечер, на следующий день продолжили. В течение следующих недель Торп регулярно ездил в Нью-Йорк играть с Киммелом и его партнером Эдди Хендом, который согласился частично профинансировать вояж в казино.

«Проверка» заняла около месяца. Наконец Киммел убедился, что система Торпа работает и ее можно использовать в настоящем казино. Торп решил, что 100 000 долларов — слишком много, и настоял на том, чтобы работать с меньшей суммой — 10 000 долларов. Он полагал, что игра со слишком большой суммой привлечет нежелательное внимание. Между тем Киммел считал, что Лас-Вегас — слишком резонансное место, и, кроме того, его там многие знали. Поэтому во время весенних каникул в МТИ Торп и Киммел, которого опять сопровождала пара молодых женщин, отправились в Рено. Успех был ошеломляющий. Они играли, перемещаясь из одного казино в другое, до тех пор пока не заслужили репутацию, которая уже шла впереди них. Всего через тридцать человеко-часов игры Торп, Киммел и Хенд совместными усилиями превратили свои 10 000 долларов в 21 000, а могли бы и в 32 000, если бы Киммел не настоял в один из вечеров на продолжении игры после того, как Торп объявил, что он слишком устал, чтобы продолжать считать. Позднее Торп расскажет эту историю в книге «Победы крупье», заменив имя Киммела на господина X, а Хенда — на господина Y*. Эта книга учит читателей, как пользоваться его системой, чтобы самостоятельно обогатиться в Вегасе.

Торп разработал несколько методов, чтобы следить за тем, как меняется вероятность выигрыша в блэкджек по мере того, как карты выбывают из колоды. Используя эти системы, Торп мог надежно определить, когда состав колоды в его пользу, а когда — в пользу заведения. Представьте себе, что вы играете в блэкджек и вдруг узнаете, что вероятность выигрыша немного больше в вашу пользу. Как вы поступите?

Оказывается, блэкджек — необычайно сложная игра. Чтобы задача стала разрешимой, лучше начать с простого сценария. Реальные монеты падают орлом и решкой одинаково часто. Но можно хотя бы представить себе (если не изготовить) монету, которая с большей вероятностью будет падать либо орлом, либо решкой. Скажем, на этот раз больше вероятность того, что выпадет орел, а не решка. Теперь представьте себе, что вы делаете ставки на то, как выпадет именно эта утяжеленная с одной стороны монетка, играя с кем-то, кто готов принести выигрыш в 100% при каждом бросании монетки; и ставки

* См. работу Торпа 1966 г.

вы делаете на столько бросаний, сколько вы хотите сыграть (то есть до тех пор, пока вам не надоест или пока у вас не кончатся деньги). Другими словами, если вы поставили доллар и выиграли, ваш оппонент дает вам один доллар, а если выигрывает ваш оппонент, вы проигрываете один доллар. Поскольку монетка скорее упадет на орла, чем на решку, вы должны предполагать, что за большой промежуток времени деньги потекут в одном направлении (в вашем, если вы все время будете ставить на орла), потому что вы будете выигрывать больше половины времени игры. И наконец, представьте себе, что ставки можно делать произвольно большие или маленькие: вы могли поставить 1 доллар, или 100, или 100 000. У вас есть некоторая сумма денег в кармане, и если она закончится, вы погибли. Сколько в этом случае следует поставить на каждое бросание монетки?

Одна стратегия — попытаться делать ставки таким образом, чтобы максимально увеличить сумму денег, которую вы можете получить. Лучший способ добиться этого — каждый раз ставить все, что есть у вас в кармане. В этом случае, если выиграете, вы будете удваивать имеющуюся у вас сумму при каждом бросании. Но у этой стратегии есть большая проблема: то, что монетка с утяжелением, означает, что вы будете обычно выигрывать, но не означает, что вы будете выигрывать всегда. А если вы будете ставить все на каждое бросание, вы проиграете все в первый же раз, когда она упадет на решку. Поэтому, даже несмотря на то, что вы пытались получить максимально возможное количество денег, вероятность того, что все закончится вашим банкротством, довольно высока (на самом деле со временем вы практически гарантированно станете банкротом), и у вас не будет шанса отыграться. Такой сценарий, когда у вас заканчиваются имеющиеся деньги и вы вынуждены принять свое поражение, известен как «разорение игрока».

Есть еще одна возможность — та, что минимизирует шансы банкротства. Это тоже незамысловатая стратегия: в первую очередь, не делайте ставок. Но этот вариант (почти) так же плох, как и предыдущий, потому что в этом случае вы гарантированно не заработаете денег, даже несмотря на то, что монетка утяжелена в вашу пользу.

Правильная стратегия должна быть где-то посередине. Когда бы вы ни получили преимущество в азартной игре, вам необходимо найти способ, как свести шанс банкротства к минимуму, но одновремен-

но воспользоваться тем, что в долгосрочной перспективе вы все-таки выиграете большую часть ставок. Вы должны управлять средствами таким образом, чтобы удержаться в игре достаточно долго, чтобы положительный эффект длительной игры возымел действие. Но на деле такая тактика коварна.

Или она казалась коварной Торпу, когда он впервые пытался превратить анализ вероятности выигрыша методом карточных подсчетов в выигрывающую стратегию. К счастью для Торпа, у Шеннона был готов ответ.

Когда Торп сказал Шеннону о проблеме управления средствами, тот отослал Торпа к работе, написанной одним из коллег Шеннона по Лаборатории Белла по имени Джон Келли-младший*. В работе Келли была продемонстрирована принципиально значимая связь между теорией передачи информации и азартными играми и приведены аналитические наработки, благодаря которым инвестиционная стратегия Торпа имела успех.

Келли, буйный техасец, любил оружие, вечеринки и не вынимал сигарету изо рта**. Он имел степень доктора философии по физике, первоначально намеревался заниматься проблемами поиска нефти, но быстро решил, что энергетическая индустрия недостаточно ценит его квалификацию, и перешел в Лабораторию Белла. В Нью-Джерси колоритная личность Келли вызвала большой интерес у его степенных провинциальных соседей. Он любил стрелять пластиковыми пулями в стену своей гостиной, развлекая гостей. Он был пилотом-асом во время Второй мировой войны, а затем завоевал дурную славу в округе, пролетев под мостом Джорджа Вашингтона. Но несмотря на свои чудачества, Келли был одним из наиболее состоявшихся ученых в AT&T и самым разносторонним из них. Его работа охватывала широкий спектр — от теоретических вопросов квантовой физики до кодирования телевизионных сигналов, создания компьютеров, способных точно синтезировать человеческие голоса. Работа, благодаря которой его больше всего знают сегодня и которая представляла наибольший интерес для Торпа, была посвящена применению теории передачи информации Шеннона на скачках.

* Это была работа Келли (1956 г.). Подробнее о критерии Келли см. у Торпа (2006 г.), Мак-Лина и др. (2011 г.) и у Торпа (1984 г., ч. 4).

** Это описание Келли основано на работе Паунстоуна (2005 г.).

Представьте себе, что вы из Лас-Вегаса делаете ставки на Belmont Stakes, главных скачках, которые проводятся в Элмонте (штат Нью-Йорк)*. На большом табло в зале тотализатора показаны разные вероятности выигрыша: Валентайн — 5 к 9, Пол Ревир — 14 к 3, Эпитаф — 7 к 1. Эти цифры означают, что у Валентайн шанс на победу грубо составляет 64%, у Пола Ревира — 18%, а у Эпитаф — 13%. (Проценты получают путем деления вероятности победы каждой лошади на сумму вероятностей того, что эта лошадь победит или проиграет. Так, если вероятность победы Валентайн составляет 5 к 9, вы делите 9 на 14.)

В первой половине века при передаче результатов скачек от одного букмекера к другому часто происходили задержки. Иногда заезд уже закончился, а люди в других частях страны продолжали делать на него ставки. И если бы у вас было какое-то особенно быстрое средство связи, вы, в принципе, могли получить результаты до закрытия. К 1956 году, когда Келли написал свою работу, наличие телефонов и телевизоров означало, что букмекеры в Лас-Вегасе узнают, что произошло в Нью-Йорке, почти одновременно с людьми в Элмонте. Но представьте себе, что у вас есть кто-нибудь в Элмонте, кто сможет посылать вам сообщения о том, что происходит в Belmont Stakes, мгновенно — быстрее, чем букмекеры получают результаты.

Если бы сообщения, которые вы получаете по системе частной проводной телефонной связи, были абсолютно надежными, вы бы проявили мудрость и поставили бы на все, поскольку выигрыш вам был бы гарантирован. Но Келли больше интересовало немного другое. Что произойдет, если у вас есть кто-то, кто пошлет вам верные результаты заездов, а на линии шум? Если поступающее сообщение настолько искажено, что вы не можете его разобрать, ваша стандартная догадка будет такова, что победит Валентайн, поскольку такова была вероятность выигрыша изначально, а вы не получили никакой новой информации. Если сообщение искажено, но вы вполне уверены, что уловили звук «т», значит, вы получили информацию и у вас есть основания думать, что Пол Ревир не победил, поскольку в его имени нет буквы «т». Если напрячься, вы, возможно, догадаетесь, что ваше контактное лицо сказал «Валентайн», поскольку это — наибо-

* Я намеренно игнорирую федеральные законы о проводных азартных играх, которые действовали в 1960-х годах.

лее вероятный вариант, но наверняка этого вы не знаете. Вы не захотите поставить все деньги на одну лошадь, потому что все равно у вас есть шанс проиграть. Но одну возможность можно исключить, что дает вам преимущество: теперь вы знаете, что букмекер думает, что шансы Валентайн и Эпитаф не настолько велики, как на самом деле, потому что букмекер полагает, что Пол Ревир имеет 18%-ный шанс выиграть. Поэтому, если вы сделаете комбинированную ставку на обеих лошадей — Валентайн и Эпитаф — в правильном соотношении, вы гарантированно выиграете одну из них и получите чистую прибыль*. Поэтому даже частичной информации достаточно, чтобы было проще принять решение, на какую лошадь поставить.

Теория Шеннона говорит о том, насколько можно доверять сообщению, когда оно искажено шумами или когда уровень шума таков, что сообщение трудно однозначно интерпретировать. Поэтому, если трудно расшифровать ваши подсказки по скачкам, теория Шеннона предлагает способ принятия решения о том, как сделать ставки на основании частичной информации, которую вы все-таки получите.

Келли нашел решение этой проблемы при условии, что вы хотите максимально увеличить свои денежные средства в долгосрочной перспективе. Как показано в приведенном выше примере, где вам удалось расслышать только звук «т» и ничего больше, частичной информации может быть достаточно, чтобы получить преимущество над букмекером, который определяет степень вероятности, не имея никакой информации о том, как прошли скачки. Размер такой выгоды можно определить, умножив размер выплаты (число b , когда кто-то дает вам вероятность выигрыша как b к 1) на число, которое вы считаете настоящей вероятностью выигрыша (исходя из частично полученной информации), а затем отняв вероятности проигрыша (опять же, исходя из частично полученной информации). Чтобы определить, на какую начальную сумму сделать ставку, какую часть имеющихся у вас средств она должна составлять, надо разделить

* Представьте себе, что для начала у вас есть 100 долларов, и вы ставите 17 долларов на Эпитаф, а 83 — на Валентайн. Если Валентайн побеждает, вы получаете назад первоначально вложенные 83 доллара плюс еще 5/9, итого получается 129 долларов. Но еще вы поставили 17 долларов за (проигравшую) Эпитаф. Таким образом, ваша общая прибыль составляет 12 долларов. Между тем, если Эпитаф победит, вы получите свои 17 долларов плюс в 7 раз больше, и общая сумма будет 136 долларов за вычетом 83 долларов, которые вы ставили на Валентайн (которая проиграла). В этом случае ваша прибыль составит 53 доллара. Вы выигрываете в любом случае.

величину своей выгоды на величину выплаты. В результате получается уравнение, которое теперь называется «критерием Келли» или «величиной ставки Келли». Величина вашей ставки на любой результат в процентах составляет:

величина выгоды

— — — — —

величина выплаты

Если ваша выгода равна нулю (или отрицательной величине!), Келли вообще не советует делать ставки; в противном случае сделайте ставку на величину, равную части величины ваших денежных средств, определенной по критерию Келли. Если всегда следовать этому правилу, вы гарантированно превзойдете любого, принявшего другую стратегию ставок (например, ставить все или ничего). Одна из удивительнейших вещей в работе Келли, нечто, выглядящее почти мистически, — это доказательство того, что произойдет, если вы будете следовать этому правилу при таком сценарии, как история ставки на лошадь, когда вы получаете поток поступающей (частичной) информации: если вы всегда будете пользоваться критерием Келли, при определенных идеальных обстоятельствах величина ваших денежных средств будет увеличиваться точно с такой же скоростью, с какой информация поступает по линии связи. Информация — это деньги.

Когда Шеннон показал работу Келли Торпу, последний кусочек пазла под названием «блэкджек» встал на свое место. Карточные подсчеты — это процесс, благодаря которому вы получаете информацию о колоде карт: вы узнаете, как меняется состав колоды после каждой сдачи. Это как раз то, что вам необходимо, чтобы рассчитать свою выгоду, как предлагал Келли. Потоки информации текут, ваши деньги растут.

Пока Торп и Киммел готовились к поездке в Рено, Шеннон и Торп совместно разрабатывали «рулеточный» план Торпа. Когда Шеннон услышал, в чем заключается идея Торпа, он был заморожен, в значительной степени потому, что идея Торпа с рулеткой сочетала в себе теорию игры с настоящей страстью Шеннона — машинами. В основе этой идеи лежал миниатюрный компьютер, который будет выполнять необходимые вычисления за игрока.

Они начали тестировать идеи, чтобы понять, как они будут работать в реальной азартной игре, исходя из того, что они смогут добиться достаточного успеха с алгоритмом предсказания. Они согласились с тем, что здесь потребуется не один человек, чтобы все прошло гладко, потому что один человек не сможет достаточно сосредоточиться на колесе, ввести необходимые данные и при этом оставаться готовым сделать ставку до того, как шарик замедлит свой ход и крупье объявит, что ставки больше не принимаются. Поэтому они решили применить схему из двух человек. Один будет стоять у стола рулетки и внимательно наблюдать — в идеале, занимаясь чем-то еще, чтобы не привлекать внимания. У него будет с собой компьютер — маленькое устройство, размером примерно с пачку сигарет. Устройство для ввода данных будет представлять собой ряд переключателей, спрятанных в тужле этого человека. Идея заключалась в том, что человек, наблюдающий за колесом, слегка стукнет по полу ногой, когда колесо начнет вращаться, а потом — когда шарик совершит один целый круг. Это приведет устройство в исходное состояние и синхронизирует его с колесом*.

Между тем за столом будет сидеть второй человек с подключенным к компьютеру наушником. Как только компьютер сможет учесть исходную скорость шарика и колеса, он пошлет сигнал человеку, сидящему за столом, какие делать ставки. Предсказать, на какую именно цифру упадет шарик, очень сложно, поскольку расчеты такого уровня точности слишком сложны**. Но колеса рулетки поделены на восемь секторов, так называемые октанты. В каждом октанте располагаются четыре или пять цифр — на первый взгляд в произвольном порядке. Торп и Шеннон обнаружили, что во многих случаях они могут точно предсказать, в каком октанте окажется шарик, что сужает возможные варианты с тридцати восьми до четырех или пяти. Компьютер должен был рассчитать, выше ли нормального уровня шанс, что шарик упадет в конкретный октант. Получив сигнал, человек, сидящий за

* Эти подробности о компьютере основаны на работе Торпа (1998 г.).

** На самом деле расчеты того, куда упадет шарик, если взять просто стандартное устройство рулетки (шарик катится по вращающемуся колесу), были не слишком сложными для компьютера. Однако колеса для рулетки имеют небольшие конструктивные бугорки, которые выполняют функцию генераторов случайных событий (рандомизаторов), и если шарик ударится об один из таких бугорков, он отскочит и изменит свою траекторию. Компьютер не мог точно предсказать, как эти рандомизаторы повлияют на то, куда упадет шарик, и таким образом они добавляли неопределенности.

столом, быстро делает ставки на соответствующие цифры, используя систему ставок, основанную на критерии Келли, чтобы решить, сколько ставить на каждую из цифр.

К лету 1961 года ЭВМ была готова. Торп, Шеннон и их жены поехали в Лас-Вегас. Не считая вечера, когда был обнаружен наушник, эксперимент оказался (средне) успешным. К сожалению, технические сложности помешали Торпу и Шеннону поставить существенные суммы денег, но было ясно, что прибор справляется со своей функцией. С помощью Шеннона Торп победил рулетку.

Тем не менее поездка в целом оказалась более напряженной, чем она того стоила. Азартные игры и без того занятие достаточно тяжелое в эмоциональном плане, не говоря уже о том, что в любой момент на них могли обрушиться громилы-вышибалы. Торп к тому времени уже получил предложение поработать в Нью-Мексико. В общем, уезжали обе супружеские пары из Вегаса с небольшой прибылью, но Торп уже знал, что проект рулетки они с Шенноном продолжать не будут. Но это было только к лучшему. Имея за плечами опыт игры в блэкджек и рулетку, Торп был готов попробовать себя в другой более серьезной области: на фондовом рынке.

Торп купил первую в своей жизни акцию в 1958 году перед окончанием работы над докторской диссертацией. Он жил на скромную зарплату преподавателя в Университете Калифорнии, но ему удалось кое-как скопить небольшую сумму денег, чтобы отложить на будущее. В течение следующего года его инвестиция потеряла в цене вдвое, а затем медленно вернулась к исходной цене. Торп продал ее, по существу, безубыточно после того, как она за год, словно на «американских горках», прошла и спуски, и подъемы.

В 1962 году, окрыленный выигрышем в блэкджек и поступлениями от книги о карточных подсчетах, Торп решил попробовать еще раз «поработать на рынке». На этот раз он купил серебро. В начале 1960-х годов спрос на серебро был необычайно высок — настолько, что многие предполагали, что стоимость серебра на открытом рынке, содержащегося в монетах США, превысит номинальную стоимость самих монет. Это казалось беспроигрышным вариантом. Чтобы довести прибыль до максимума, Торп занял некоторую сумму у своего брокера, оставив тому в залог свою инвестицию в серебро. В шестидесятые годы серебро по большей части поднималось в цене, но было

очень волатильным. Вскоре после того, как Торп купил его, цена постепенно шла вниз, и брокер решил, что надо получить долг назад. Когда Торп сказал, что у него нет наличных, брокер продал серебро Торпа в минус, убытки Торпа составили около 6000 долларов. Это был сокрушительный удар — более половины годовой зарплаты доцента в 1962 году.

После второй неудачи Торп решил взяться за ум. В конце концов, он же был всемирно известным экспертом в области математики азартных игр. И фондовый рынок не так уж отличается от игры в казино или скачек: делаешь ставки, исходя из определенной частичной информации о будущем, и если все получается как задумал, имеешь выгоду. Рыночные цены даже можно представить себе как отражение вероятности выигрыша в «заведении»: если получить доступ пусть к неполной информации, имеющей отношение к делу, можно будет сравнить рыночную вероятность выигрыша с реальной и определить, имеешь ли ты преимущество, почти как в игре в блэкджек.

Все, что Торпу было необходимо, — это найти способ получить информацию. Торп начал внимательно изучать рынки летом 1964 года, когда ему в руки попал сборник «Случайный характер цен на акции» с работами Башелье, Осборна и Мандельброта*. Они утверждали, что если взглянуть на подробные статистические данные, поведение цен на акции действительно в реальности имеет случайный характер, потому что, как утверждали Башелье и Осборн, вся доступная информация уже учтена в ценах акций на определенный момент. К концу лета Торп оказался в безвыходном положении. Если Осборн прав, Торп не видел способа получить преимущество над рынком.

При полной учебной нагрузке на 1964/65 учебный год у Торпа оставалось мало времени на что-либо еще. Он отложил изучение рынка в сторону, решив вернуться к этому проекту следующим летом. Тем временем дела в Нью-Мексико изменились, и Торп вынужден был заняться поиском другой работы. Он узнал, что Университет Калифорнии

* Важно отметить в связи с центральным утверждением этой книги, что в интервью Торп подтвердил, что помимо работ Башелье и Осборна читал работу Мандельброта, включенную в том Кутнера. Несмотря на то что он понимал, как эффект «толстых хвостов» мог повлиять на модель, основанную на лог-нормальном распределении, он тем не менее решил использовать более простую модель доходности Осборна при создании своей формулы ценообразования на опционы. Он учитывал эффекты «хвоста», ведя себя с осторожностью при применении своей формулы ценообразования, то есть постоянно помня о том, что при определенных обстоятельствах она может дать сбой.

готовится к открытию нового кампуса примерно в восьмидесяти километрах к югу от Лос-Анджелеса, в центральной части округа Оранж. Торп подал заявление и получил работу в новом Университете Калифорнии в Ирвайне. Похоже было на то, что работу на фондовом рынке придется еще отложить, поскольку сейчас предстояло обосноваться на новом рабочем месте.

И все же Торпа по-прежнему интересовал этот проект. Однажды, когда Торп просматривал рекламные объявления в инвестиционных журналах, ему попалась на глаза публикация под заголовком «Обзор варрантов RHM». Варрант — это тип опциона, предлагаемый непосредственно компанией, на чьи акции оформляется опцион. Подобно обыкновенному опциону «колл», он предоставляет владельцам право приобрести акцию по фиксированной цене до установленной даты окончания срока действия опциона. В течение всей середины XX века торговля опционами не была широко распространена в Соединенных Штатах. Варранты были ближе всего к опционам. Компания RHM заявляла, что торговля варрантами — это потенциальный источник несказанных богатств, если вы понимаете, что это такое. Подразумевалось, что большинство людей понятия не имеет, что надо делать с варрантами. Это было как раз то, что искал Торп, и он решил подписаться. Но у него было мало времени, чтобы изучать документы, которые начали поступать.

Когда закончился весенний семестр в Нью-Мексико, у Торпа образовалась пара свободных недель до переезда в Калифорнию. Он начал листать документы RHM. Составители, очевидно, думали о варрантах как о чем-то вроде лотерейных билетов. Они были дешевыми, обычно не имели никакой ценности, но время от времени можно было неожиданно разбогатеть, если акция начинала торговаться по цене, значительно превышавшей цену исполнения варранта.

В том, в чем RHM и большинство других инвесторов видели лотерейный билет, Торп увидел пари. Варрант — это пари относительно того, как акция будет себя вести в течение установленного периода времени. Цена же варранта между тем является отражением мнения рынка о степени вероятности того, что покупатель выиграет пари. Она также отражает выплату, поскольку ваша чистая прибыль, в случае если варрант поднимется в цене, определяется тем, сколько вы должны были изначально заплатить за варрант. Но Торп только что

провел все лето, читая о том, насколько случайны цены на акции. Он достал листок бумаги и начал считать. Его аргументация строго следовала положениям диссертации Башелье за исключением предположения Торпа, что цены по-осборновски распределены лог-нормально. Он быстро вывел уравнение, которое подсказывало, сколько на самом деле должен стоить варрант.

Это был отличный результат, если не сказать новаторский. Но у Торпа был в рукаве один сюрприз, нечто, чего Башелье и Осборн даже не предполагали. Имея за плечами пятилетний опыт азартных игр, Торп понимал, что рассчитать «действительную» цену варранта — это все равно что рассчитать «действительную» вероятность выигрыша на скачках. Другими словами, теоретическая связь, которую Торп обнаружил между ценами на акции и ценами варранта, указала ему путь к точной рыночной информации — информации, которая стимулировала его не непосредственно на рынке акций, а на смежном рынке варрантов. Такая неполная информация и была как раз тем, что Торпу было необходимо, чтобы реализовать систему Келли и максимально увеличить прибыль в долгосрочной перспективе.

Работа над варрантами зарядила Торпа энергией. Ему казалось, что он наконец сможет идеально воспользоваться своим опытом игры в азартные игры и сорвать куш в самом большом в мире казино. Но была одна проблема. Когда он закончил вычисления и ввел несколько цифр в компьютер (он придумал способ, как использовать компьютер для выполнения заключительных расчетов), Торп обнаружил, что покупка варрантов не давала никаких преимуществ. Другими словами, нельзя было выйти на улицу, купить варранты и рассчитывать, что получишь прибыль. По системе ставок Келли инвестировать не надо! И дело не в том, что все варранты торгуются точно по той цене, сколько они стоят; скорее, варранты торгуются по слишком высокой цене. Эти продающиеся за бесценок лотерейные билеты, рекламировавшиеся в «Обзоре варрантов RHM», на самом деле намного, намного дороже.

Если рассматривать инвестирование как вид азартной игры, то покупка акции представляет собой ставку на то, что цена акции вырастет. Между тем продажа акции — это ставка на то, что акция пойдет вниз. Торп, как и Башелье до него, понимал, что «реальная» цена акции (или опциона) соответствует цене, при которой вероятность

выигрыша покупателя такая же, как и вероятность выигрыша продавца. Но в случае традиционных торгов присутствует асимметрия. Вы можете купить акцию практически всегда; но продать акцию можно, только если вы уже владеете ею. Поэтому можно сделать ставку против акции, только если вы уже решили сделать ставку за нее. Это аналогично игре в казино: в рулетке, например, желательно сделать ставку против какой-то цифры. Ведь именно это делает заведение, и в конечном счете именно заведение имеет преимущество в долгосрочной перспективе. Но ни одно казино не позволит вам сделать ставку на то, что ваша комбинация при игре в блэкджек проиграет.

Однако в случае инвестирования такая возможность существует. Если вы хотите продать акцию, которой еще не владеете, все, что вам необходимо сделать, — это найти кого-либо, кто владеет акцией, но не хочет ее продавать, и кто хочет предоставить вам акции во временное пользование. Затем вы продаете полученные во временное пользование акции в надежде на то, что позднее выкупите то же количество акций и вернете их первоначальному владельцу. Таким образом, если после продажи цена упадет, вы получите прибыль, поскольку сможете выкупить их по более низкой цене. Кто бы ни предоставил вам акции во временное пользование, его положение будет не хуже, чем если бы он просто владел ими. Происхождение этой инвестиционной практики, известной как «короткие продажи», непонятно, но ей уже как минимум триста лет. Мы знаем это, поскольку в Англии эта практика была запрещена еще в XVII веке.

Сегодня короткие продажи — абсолютно стандартная практика. Но в 1960-е годы и на самом деле в течение большей части истории этой практики она считалась в лучшем случае опасной, а в худшем — порочной и непатриотичной. Владелец коротких позиций воспринимался как закоренелый биржевик, играющий на рынке в азартные игры вместо того, чтобы инвестировать капитал для стимулирования роста. И что еще хуже, он имел финансовую заинтересованность в плохих новостях. Это ударило по многим инвесторам, которых стали воспринимать как деклассированный элемент. В 1970-1980-х годах взгляды на короткие продажи изменились, отчасти благодаря работам Торпа и других, а отчасти благодаря подъему «чикагской школы» в экономике. Как утверждали в то время ее представители, короткие продажи могут показаться примитивными, но они принципиально

служат на благо общества: помогают поддерживать эффективность рынков. Единственные, кто могут продать акцию — это люди, которые ее уже владеют. Люди же, владеющие информацией, которая может плохо отразиться на репутации компании, часто не имеют никаких рычагов, чтобы оказать влияние на рыночные цены. Это означает, что может иметься информация, которая не отражается на цене акций, потому что люди, имеющие к ней доступ, не являются участниками рынка. Короткие продажи предотвращают возникновение такой ситуации.

Какими бы ни были социальные последствия, короткие продажи имеют реальные риски. Когда вы покупаете акцию (что иногда называют «взять длинную позицию», в отличие от «короткой» позиции), вы знаете, сколько денег вы жертвуете. Акционеры не отвечают по долгам корпорации, поэтому если вы вложите 1000 долларов в AT&T, а акции AT&T пойдут вниз, вы потеряете не более 1000 долларов. Но акции могут пойти вверх на произвольно большую высоту. Поэтому если вы делаете короткую продажу, никогда нельзя сказать заранее, сколько денег вы жертвуете. Если вы играете на понижение акциями AT&T на сумму 1000 долларов, когда придет время выкупать акции, чтобы вернуть их человеку, у которого их взяли во временное пользование, вам может потребоваться значительно больше денег.

И все же Торп сумел найти брокера, который был готов оформить необходимые сделки. Это решило одну проблему — определить в первую очередь, как применить на практике результаты Келли. Но даже если Торп мог игнорировать «социальный позор» коротких продаж, а он мог, оставалась реальная опасность неограниченных потерь. Хотя здесь у Торпа была одна из его самых изобретательных аналитических наработок. В результате анализа ценообразования варрантов он получил способ соотнесения цен на варранты с ценами на акции. Используя эту взаимозависимость, он понял, что если играть с варрантами на понижение и одновременно покупать акции, лежащие в основе опциона, можно защитить себя от повышения цены варранта: если стоимость варранта растет, по расчетам Торпа, цена на акции должна тоже расти, ограничивая ваши потери по варранту. Торп обнаружил, что если выбрать правильное соотношение варрантов и акций, можно гарантированно быть в прибыли, если только цена на акции не изменится кардинально.

Теперь эта стратегия называется «дельта-хеджирование»*, она породила другие стратегии, подразумевающие другие «конвертируемые» ценные бумаги (ценные бумаги, которые можно обменивать на другие ценные бумаги, например, на некоторые облигации или привилегированные акции, конвертируемые в обыкновенные акции). С помощью таких стратегий Торпу удавалось систематически зарабатывать 20% в год... в течение примерно сорока пяти лет. Он и до сих пор это делает. 2008 год был одним из самых плохих за всю современную историю фондовых рынков, а он заработал 18%. В 1967 году Торп со своим коллегой из Калифорнийского университета Ирвином, работавшим над аналогичными проблемами, написали книгу под названием «Победи рынок»**.

Книга «Победи рынок» была слишком необычной, чтобы в одночасье изменить Уолл-стрит. Многие трейдеры просто проигнорировали ее; большинство же из тех, кто ее прочитал, не поняли ее сути и важности.

Но один читатель, фондовый брокер по имени Джей Рейган, разглядел в Торпе гения. Он написал Торпу и предложил заключить партнерские отношения в целях создания хедж-фонда. (Термину «хедж-фонд» было уже двадцать лет, когда Торп и Рейган встретились, но в наши дни такое множество хедж-фондов основывается на идеях, связанных со стратегией дельта-хеджирования, что кое-кто полагает, что и само их название — детище Торпа и Рейгана.) Рейган брал на себя те задачи, которые Торп ненавидел: он занимался рекламой фонда, находил клиентов и работал с ними, взаимодействовал с брокерами, оформлял сделки. Торп же отвечал за выявление сделок и разработку комбинаций акций и конвертируемых ценных бумаг для их покупки и продажи. Торпу для этого даже не надо было уезжать с западного побережья: Рейган был рад заниматься вопросами бизнеса прямо из Нью-Джерси, в то время как Торп оставался в Ньюпорт-Бич в Калифорнии, окруженный коллективом из математиков, физиков и специалистов по информатике, которые выявляли благоприятные сделки. Казалось, что их альянс слишком хорош, чтобы быть похожим на правду.

* Страхование продавцами опционов своего риска путем купли или продажи наличного инструмента в соответствии с коэффициентом дельта. *Прим. пер.*

** Это была книга Торпа и Кассуфа (1967 г.).

Компания, созданная Торпом и Рейганом, сначала называлась Convertible Hedge Associates. В 1974 году они переименовали ее в Princeton-Newport Partners. Успех пришел быстро. За полный первый год работы компании каждый из их инвесторов получил чуть больше 13% от вложенных ими средств после уплаты комиссионных, в то время как рынок давал доход в размере всего 3,22%. У них появились первые почитатели. Один из их первых инвесторов, Ральф Жерар, декан аспирантуры в Калифорнийском университете, в определенном смысле был руководителем Торпа, унаследовал целое состояние. Он хотел вложить средства в новый фонд, потому что его прежний инвестиционный менеджер переходил на другие проекты. Прежде чем вложить средства во вновь образованное партнерство, Жерар хотел, чтобы его бывший инвестиционный менеджер, который был еще и его другом, которому он доверял, внимательно понаблюдал за Торпом. Торп согласился на встречу и в один из вечеров вместе с Вивиан поехал в Лагуна-Бич. Там жил бывший инвестиционный менеджер Жерара. Они собирались сыграть в бридж и неформально поговорить о делах.

Хозяин рассказал Торпу, что уходит из бизнеса, связанного с управлением денежными средствами, и хочет сосредоточиться на новом предприятии — текстильной компании, которую собирается перестроить. Он заработал свой первый миллион, управляя деньгами других людей, и теперь пришло время заставить работать собственные деньги. Но главной темой обсуждения все же стала теория вероятности. Пока они играли, хозяин упомянул о каких-то хитрых «нетранзитивных костях». Нетранзитивные кости — это комплект из трех костей с разными числами на каждой стороне. Они обладают необычным свойством. Если вы бросите одновременно игральные кости 1 и 2, кость 2 получит преимущество; если одновременно бросить кости 2 и 3, кость 3 получит преимущество; а если одновременно бросить кости 1 и 3, кость 1 получит преимущество. Торп, который всегда увлекался играми и вероятностями, связанными с играми, уже давно интересовался нетранзитивными костями. С этого момента началась дружба Торпа и человека, с которым он познакомился. По пути домой в Ньюпорт-Бич Торп сказал Вивиан, что думает, что человек, у которого они гостили, когда-нибудь станет самым богатым в мире. В 2008 году его предсказание сбылось. Прежнего управляющего

денежными средствами звали Уоррен Баффет. И по его рекомендации Жерар вложил деньги в компанию Торпа.

Фирма Princeton-Newport Partners быстро стала одним из самых успешных хедж-фондов на Уолл-стрит. Но все хорошее заканчивается. А конец Princeton-Newport был по-настоящему драматичен*. 17 декабря 1987 года около пятидесяти агентов ФБР, Объединенных тактических сил и Казначейства стянулись ко входу в офис фирмы в Принстоне. Агенты ворвались в здание в поисках записей и аудиокассет о ряде сделок, проведенных фирмой с дилером Майклом Милкеном, которому вскоре будет предъявлено официальное обвинение. Бывший сотрудник фирмы Princeton-Newport по имени Вильям Хейл свидетельствовал перед расширенной коллегией присяжных, что Рейган и Милкен замешаны в уклонении от уплаты налогов, так называемом «паркинге акций»**. Один из недостатков дельта-хеджирования и связанной с ним стратегии заключается в том, что прибыль от коротких и длинных позиций облагается налогом по разным ставкам. Так, если вы покупаете и одновременно продаете, прибыли и убытки, которые в противном случае взаимно компенсировали бы друг друга, не делают этого с точки зрения налогообложения. Рейган пытался избежать дополнительного налогообложения, скрывая, кто на самом деле владел длинными позициями, «паркуя» акции в фирме Милкена. «Запаркованные» акции официально продавались Милкелю, с которым была заключена неофициальная договоренность о том, что Рейган может выкупить их по заранее оговоренной цене, независимо от того, что тем временем произойдет на рынке. Подобная «парковка» акций считалась незаконной, и Руди Джулиани, который поддерживал обвинение, надеялся, надавив

* Эта история о том, как Princeton-Newport убирала позиции из своих книг учета, чтобы избежать налоговых убытков, основана на описаниях, содержащихся в работах Паунстоуна (2005 г.) и Стюарта (1992 г.), а также в современных новостных статьях, таких как статья Эйхенвальда (1989а, б). Во время интервью Торп подчеркивал другой аспект необоснованных заявлений, сводившихся к сокрытию владения акциями в другом направлении: один трейдер из фирмы Милкена, Брюс Ньюберг, использовал Princeton-Newport, чтобы убрать позиции из своих книг учета и обойти федеральное законодательство об отчетности и правила биржевой торговли Дрекселя. Рейган, Ньюберг и другие ответчики были первоначально признаны виновными по обоим обвинениям, хотя обвинительный приговор был отменен в апелляционном порядке и ответчики были освобождены от обвинения в совершении правонарушения.

** Временные инвестиции в безопасные активы до принятия основного инвестиционного решения. *Прим. пер.*

на Princeton-Newport, раскопать дополнительные факты против Милкена.

По всеобщему признанию, Торп был в полном неведении о происходящем. Он не знал, что часть их фирмы, расположенная на восточном побережье, делала что-то незаконное, до тех пор пока скандал не попал в сводки новостей. Его самого никто ни в чем не обвинял. К моменту, когда ему стало известно о рейде, Рейган уже нанял адвоката и отказывался разговаривать со своим партнером. Фирма просуществовала еще один год, но судебные тяжбы нанесли сокрушительный удар по ее репутации. В 1989 году Princeton-Newport Partners закрылась. В течение двадцати лет ее доход в среднем составлял 19% (более 15% после уплаты комиссионных), это — беспрецедентный результат.

После закрытия Princeton-Newport Торп взял на некоторое время паузу, прежде чем собраться с силами и образовать Edward O. Torp Associates, собственную фирму, занимавшуюся управлением денежными средствами. Он уже давно отказался от идеи профессионального управления чужими денежными средствами, сегодня Торп распоряжается только собственными деньгами. Между тем в попытках повторить успех Princeton-Newport открылись (и закрылись) сотни квантовых хедж-фондов. Как писал в 1974 году The Wall Street Journal, Торп положил начало «переходу в управлении денежными средствами» к количественным, компьютеризированным методам. Невероятно, что смогла сделать теория передачи информации*.

* Статья Лэинга (1974 г.).

Глава 5

Физика ВЫХОДИТ на улицу

В феврале 1961 года научный руководитель Фишера Блэка Энтони Оттингер писал в Комитет Гарварда по присуждению ученых степеней: «У меня есть основания волноваться за тренировку ума [Блэка] настолько, что, признавая его способность и стремление работать самостоятельно, я опасаясь, чтобы он не скатился на позиции дилетантизма»*. Через два месяца Оттингер был председателем экзаменационной комиссии на экзамене, который должен был дать ответ на вопрос, готов ли Блэк к работе над диссертацией в докторантуре. Блэк сдал экзамен, но ему было предъявлено недвусмысленное требование: представить к январю 1962 года «последовательное, понятное, краткое изложение своей диссертации». Через неделю Блэк оказался в тюрьме за участие в студенческих беспорядках на Гарвард-сквер, и когда декан Гарварда попытался поручиться за него, чтобы его отпустили на поруки, Блэк не пожелал раскаиваться**. Он ведь протестовал не только против полицейского произвола, но и против руководства Гарварда. Наступил и пролетел январь 1962 года, а Блэк ничуть не продвинулся в написании своей диссертации. В конце концов ему сообщили, что он не может вернуться в Гарвард.

* Цитата из работы Мерлинга (2005 г., с. 37). Биографические материалы по Фишеру Блэку взяты в основном из недавно изданной биографии (Мерлинг, 2005 г.), некоторые материалы взяты из работ Блэка (1987, 1989 г.), Мертона и Шоулза (1995 г.), Лемана (2005 г.), Дермана (2004 г., 2011а), Фиглевски (1995 г.), Форвара (2007 г.), Бернштайна (1993, 2010 г.), а также из интервью с Эмануэлем Дерманом, который работал и сотрудничал с Блэком в Goldman Sachs.

** «Через неделю Блэк оказался в тюрьме за участие в студенческих беспорядках...»: Как это ни странно, импульсом для начала массовых беспорядков послужило решение президента Гарварда Натана Пуси печатать дипломы на английском языке, а не на латинском. В день массовых беспорядков на демонстрацию вышло четыре тысячи студентов; полиция Гарварда разгоняла их с помощью слезоточивого газа и дымовых шашек. Начались шестидесятые годы.

Сегодня Фишер Блэк — одна из известнейших фигур в истории финансов. Его самый важный вклад — модель ценообразования опциона Блэка—Шоулза (которая иногда называется модель Блэка—Шоулза—Мертон) — остается стандартом, по которому оцениваются все остальные модели деривативов*. В 1997 году соавторам Блэка — Майрону Шоулзу и Роберту Мернтону — была присуждена Нобелевская премия по экономике за создание модели Блэка—Шоулза. Блэк умер в 1995 году и получить свою часть премии не мог (Нобелевская премия никогда не присуждается посмертно), но в этот раз в качестве исключения Нобелевский комитет особо подчеркнул вклад Блэка. Раз в два года Американская финансовая ассоциация присуждает Премию Фишера Блэка, одну из самых престижных наград в области финансовых исследований, лицам в возрасте до сорока лет, чья работа «служит лучшим примером фирменной марки Фишера Блэка в развитии оригинальных научных исследований в сфере финансов»**. Факультет управления Слоуна в МТИ в память о Блэке унаследовал председательство в сфере финансовой экономики. И этот перечень можно продолжать.

В обширной истории взаимоотношений физики в финансах Блэк, пожалуй, лучшая переходная фигура из всех. Он получил физическое образование, но никогда не был успешным физиком — во многом потому, что был слишком разносторонним человеком, не способным сосредоточиться на чем-то одном. Несмотря на то что он был более успешным финансовым экономистом, ему быстро надоедали проекты, благодаря которым он приобретал известность, и он переключался на новые идеи, которые воспринимались с большим скептицизмом. И все же именно эти качества — которые, как опасался Оттингер, приведут Блэка к дилетантизму — и позволили тому в конце концов с успехом свести свои знания в обеих областях воедино. Он был в достаточной степени физиком, чтобы понять и развить идеи таких людей, как Башелье и Осборн, и в то же время он был в достаточной степени экономистом, чтобы выразить сущность

* Справедлива ли эта позиция — это важный вопрос, но то, что модель Блэка—Шоулза занимает в первую очередь привилегированную позицию, представляется очевидным. См. работу Хауга и Талеба (2011 г.).

** Эта цитата взята из описания премии Фишера Блэка на сайте АФА. См. <http://www.afajof.org/association/fischerblack.asp>.

своих открытий языком, который будет понятен экономистам. В этом смысле он был похож на Самуэльсона, хотя никогда не обладал такими выдающимися интеллектуальными способностями. Но в отличие от Самуэльсона Блэк смог донести до инвесторов и банкиров с Уолл-стрит, как можно на практике использовать новые идеи из физики. Торп был первым, кто понял, как с выгодой для себя использовать гипотезу Башелье и Осборна о случайных блужданиях, но пришел к пониманию этого не через научные исследования, а через Princeton-Newport Partners. С другой стороны, Блэк был человеком, фактически создавшим количественные финансы, корни которых уходят глубоко в физику — важную часть современной инвестиционно-банковской практики. Блэк вывел физику на улицу*.

Блэк впервые приехал в Гарвард в 1955 году в возрасте семнадцати лет. Если бы у него спросили, почему он подал заявление в Гарвард, а не в какое-либо другое учебное заведение, он бы ответил, что ему нравилось петь, а в Гарварде был потрясающий клуб хорового пения. С самого начала он должен был прокладывать свой собственный путь в научном сообществе. Он отказывался выполнять порученную ему работу и занимался тем, что сам считал интересным. Проучившись несколько семестров на вводных курсах по разным предметам, он решил перевестись на старший курс, выбрал междисциплинарную специальность, которая называлась «общественные отношения» и сочетала в себе несколько дисциплин. Затем начал экспериментировать над самим собой, например, менял режим сна, чередуя четыре часа бодрствования и четыре часа сна, все время ведя добросовестные и подробные записи, как на это реагировал его организм. Он стал принимать наркотики, включая галлюциногены, и отслеживать их воздействие. Большинство его друзей были аспирантами.

Когда Блэк перешел на третий курс, к нему пришло переосмысление выбора специальности. Общественные отношения были интересны, но Блэку хотелось сделать карьеру в сфере научных исследований. Как Осборн и Торп, Блэк был прирожденным ученым, постоянно изобретавшим новые теории, которые надо было проверять на практике, и он просто не понимал, как общественные отношения могут ему в этом помочь. Блэк обратился к естественным наукам,

* Имеется в виду Уолл-стрит. *Прим. пер.*

немного поиграл в химию и биологию, а потом окончательно занялся физикой. Он хотел вести фундаментальную теоретическую работу и на следующий год подал заявление в аспирантуру по теоретической физике в Гарвард и выиграл престижную стипендию Национального научного фонда. Осенью 1959 года Блэк начал учебу в аспирантуре по специальности физика.

Но к концу первого курса его внимание снова стало рассеиваться. Он перешел с физического отделения на прикладную математику; затем записался на курс МТИ по искусственному интеллекту, который вел пионер в этой области, Марвин Мински, а к осени 1960 года вернулся к изучению общественных наук, записавшись на два курса психологии.

Было бы неправильно сказать, что Блэк плохо учился. Но его подход был, конечно, необычным. С одной стороны, он просто проходил какие-то курсы, включая один курс по физике, на который записался. На втором году обучения он провалил курс психологии, потому что в нем делался акцент на «поведенческие» методы, а Блэк чувствовал, что ему ближе более современная, более модная «школа когнитивизма». Но он, безусловно, был одной из лучших голов Гарварда. На первом курсе он успешно решил сложнейшую задачу, предложенную одним из преподавателей математики, и заработал стипендию. В его способностях никогда никто и не сомневался. Но тем не менее нетрудно понять озабоченность Оттингера: на втором курсе аспирантуры Блэк был не ближе к выбору специализации, чем на последнем курсе института. Скорее наоборот: скорость, с которой он метался от одной дисциплины к другой, только возрастала. По мнению самого Блэка, ему было просто любопытно, он не мог допустить, чтобы ему навязывались устаревшие правила о том, что есть настоящая научная работа. Даже если несоблюдение этих правил грозило исключением из Гарварда.

В конечном итоге Блэк получил степень доктора философии по прикладной математике. Но он пошел драматическим путем. Когда его попросили уйти из Гарварда, он нашел работу в Bolt, Beranek and Newman (BBN), высокотехнологичной консультационной фирме. BBN наняла Блэка благодаря его навыкам работы на компьютере, и большую часть времени он проводил, работая с компьютеризованными информационно-поисковыми системами в рамках проекта, по-

рученного компании Советом по библиотечным ресурсам. В рамках этого проекта Блэк написал программу, которая использовала формальную логику для ответа на простые вопросы. Программа принимала вводные данные, например, «Назовите столицу Румынии», и пыталась сделать дедуктивный вывод, каков будет ответ, исходя из перечня фактов, хранящихся в базе данных. Основная часть этого проекта была посвящена простому синтаксическому анализу вопроса, с помощью которого надо было определить, о чем спрашивает задающий вопрос. Работа Блэка была первым важным вкладом в область знаний, известную сегодня как математическая лингвистика, с помощью которой люди пытаются понять, как заставить компьютеры понимать и воспроизводить естественный язык.

В Кембридже быстро распространился слух о работе Блэка в BBN. Весной 1963 года Мински услышал о программе Блэка типа «вопрос-ответ». Он был достаточно впечатлен ею и достаточно влиятелен, чтобы обсудить возможность приглашения Блэка обратно в Гарвард. Мински и другой профессор, Патрик Фишер, взяли на себя ответственность за работу Блэка. В течение следующего года Блэк превратил свой консультационный проект в диссертацию по дедуктивным диалоговым системам и с успехом защитил ее в июне 1964 года.

Но к этому времени научные исследования уже надоели Блэку — по крайней мере, на какое-то время. Он работал над проектом достаточно долго, даже написал по нему диссертацию, но вряд ли это свидетельствовало о том, что искусственный интеллект станет увлечением всей его жизни. Он подумывал стать писателем, поработать над популярными научными проектами. Или, возможно, уйти в компьютерный бизнес. Он рассматривал возможность остаться в Гарварде и работать над вопросами взаимосвязи между техникой и обществом — новым предметом, развитие которого стимулировали новые послевоенные технологии. Но в конечном итоге ничего не получилось, и по окончании Гарварда Блэк вернулся к консультационной деятельности. По крайней мере, в этой области он мог работать над множеством разнообразных проектов. К тому же он обнаружил, что ему нравится решать конкретные задачи.

Но вместо того чтобы вернуться в BBN, Блэк принял предложение местной фирмы под названием Arthur D. Little, Inc. (ADL) занять вакансию в отделе, занимавшемся научной организацией управления

производством. Сначала Блэк работал преимущественно над вопросами, связанными с компьютерами. Например, в MetLife был ультрасовременный компьютер, но компании все равно казалось, что он не удовлетворяет ее потребностям в части выполнения необходимых вычислительных операций. MetLife наняла ADL, чтобы ее специалисты разобрались, нужен ли компании еще один компьютер. Блэк вместе с двумя другими работниками ADL выяснил, что проблема заключалась не в компьютере, который работал вполсилы, а в том, как в нем хранились данные: вместо того чтобы использовать тридцать имеющихся дисков, для выполнения повседневных задач использовалось всего восемь. Блэк со своей командой разработал схему оптимизации, в которой были бы задействованы все имеющиеся диски.

Блэк проработал в ADL около пяти лет. Этот опыт изменил его жизнь. Когда Блэк пришел в компанию, он отвечал за научную организацию управления производством и вычислительную технику. Круг его интересов был необычно широк, но свидетельств тому, что в круг его интересов входили еще и финансы, нет. Когда в 1969 году он уходил, он уже заложил основу модели Блэка—Шоулза. Он был признан, по крайней мере в определенных кругах, как интересный, перспективный финансовый экономист. Уэллс Фарго сразу же пригласил его для разработки торговой стратегии.

Это превращение началось сразу после того, как Блэк пришел работать в ADL, где встретился с сотрудником отдела научной организации управления производством по имени Джек Трейнор, который был немного старше него. Трейнор пошел учиться в Хейвфорд колледж, предполагая, что его специализацией будет физика, но решил, что отделение физики здесь не очень сильное, и перешел на математику. После окончания колледжа он пошел учиться на факультет бизнеса в Гарварде, а затем в 1956 году, за десять лет до приезда Блэка, поступил на работу в ADL. Трейнор и Блэк недолго работали вместе в ADL: в 1966 году Трейнора переманили в Merrill Lynch. Но два математика с практическим складом ума быстро подружились. Блэку нравился образ мышления Трейнора, он заинтересовался его работой, посвященной управлению рисками, финансовым результатам хедж-фондов и ценообразованию на рынке ценных бумаг. Несмотря на то что у Трейнора тоже не было формального образования в сфере теории финансов, знания, полученные на факультете бизнеса, по-

зволяли ему решать ряд задач, над которыми он мог с успехом работать в ADL. Между тем он занимался еще и другими теоретическими научно-исследовательскими проектами на стороне, часто в той или иной степени подсказанными проблемами, с которыми сталкивались клиенты ADL.

К тому моменту, когда Блэк пришел работать в ADL, Трейнор уже разработал новый способ понимания взаимосвязи между риском, вероятностью и ожидаемой стоимостью, известный теперь как «Модель оценки финансовых активов» (МОФА)*. Главная идея, лежащая в основе МОФА, заключается в том, что есть возможность назначить цену риска. Риск означает неопределенность или волатильность. Определенные виды активов — например, государственные (казначейские) облигации США — по существу, безрисковые. Тем не менее они обеспечивают определенную доходность, так что если инвестировать в государственные облигации, вам будет гарантирован доход по фиксированной ставке. Однако большинство инвестиций по своей природе рискованные. Трейнор осознавал, что глупо вкладывать собственные деньги в рискованные инвестиции, если вы не предполагаете, что рискованные инвестиции будут иметь более высокую доходность (по крайней мере, среднюю), чем безрисковые инвестиции. Трейнор называл этот дополнительный доход «рисковой премией», потому что он представлял собой доход, который потребует инвестор, прежде чем купить рисковый актив. МОФА была моделью, которая позволяла найти связь между риском и доходом, оценивая экономическую эффективность рискованных премий путем анализа, основанного на критерии «затраты-выгода».

Когда Блэк узнал о МОФА, он тут же попался на крючок. Он считал, что простая взаимосвязь между неопределенностью и прибылью необычайно убедительна. МОФА была теоретическим обоснованием некой общей картины. Она очень абстрактно описывала роль риска при принятии рациональных решений. Позднее Блэк укажет на одну отличительную особенность МОФА, которая, в частности, его

* Трейнор (1961 г.) был не единственным человеком, предложившим МОФА, но то, что он был первым, сейчас общепризнанный факт. Среди других ученых, которые заявляют, что разработали МОФА, Вильям Шарп (1964 г.), который в 1990 году получил Нобелевскую премию за вклад в оценку активов, и Джон Линтнер (1965 г.). Подробнее о происхождении МОФА см., например, у Френча (2003 г.); также см. работу Бернштайна (1993 г.).

привлекала: на теорию равновесия. «Равновесие — это была концепция, которая привлекала меня к финансам и экономике», — писал Блэк в 1987 году*. МОФА была теорией равновесия, потому что описывала экономическую стоимость как естественное равновесие между риском и вознаграждением. Идея о том, что мир — это постоянно развивающееся равновесие, понравилась бы эмоциональному Блэку как физику: в физике часто оказывается, что сложные системы стремятся к стабильному состоянию с небольшими изменениями. Такое состояние называется состоянием равновесия, своего рода баланс между различными воздействиями**.

Если Джек Трейнор инициировал превращение Блэка в финансового экономиста, то Майрон Шоулз довел начатое дело до конца. Шоулз приехал в Кембридж в сентябре 1968 года из Университета Чикаго. Его коллега-аспирант в Чикаго Майкл Йенсен рекомендовал Шоулзу найти Блэка — «интересного парня», по оценке Йенсена***. Оба были молоды: Шоулзу только что исполнилось двадцать семь, Блэку было тридцать лет. Ни один из них не был очень опытен, хотя недавнее назначение Шоулза на должность ассистента профессора в МТИ было многообещающим знаком. Они встретились за обедом в сером кафетерии кампуса ADL. С трудом можно представить себе, что на посиделках в кафе двух ничем не примечательных мужчин рождалась история. И все же та первая встреча между Блэком и Шоулзом стала началом дружбы, которая навсегда изменит финансовые рынки.

Блэк и Шоулз представляли собой полные противоположности. Блэк был тихим, даже застенчивым. Шоулз — общительным и дерзким. Блэка интересовала прикладная работа, но у него был теоретический, абстрактный склад ума. Шоулз между тем только что написал в значительной мере эмпирическую диссертацию, проанализировав массу информации, чтобы протестировать гипотезу об эффективности рынка, которая на тот момент была поднята до уровня главного принципа экономики неоклассицизма. Трудно себе представить, как могла бы пойти их первая беседа. Но все-таки что-то по ее ходу

* Цитата из работы Блэка (1987 г.).

** То, что концепции равновесия в физике и экономике так похожи, прослеживается еще от наследия Гиббса—Самуэльсона.

*** Цитата из работы Мертона и Шоулза (1995 г., с. 121).

в обоих определенно замкнуло. Они встретились еще, а потом и еще раз. Так были заложены основы дружбы и интеллектуального партнерства длиной в жизнь. Шоулз пригласил Блэка принять участие в еженедельном финансовом семинаре МТИ, который стал первой для Блэка возможностью полностью погрузиться в науку о финансах. Вскоре после этого Уэллс Фарго обратился к Шоулзу с предложением заключить консультационное соглашение, чтобы помочь банку реализовать некоторые новые идеи в сфере финансов, такие как МОФА, разговоры о которых только начинали бурлить в научных кругах. Шоулз чувствовал, что у него недостаточно времени, чтобы справиться с этой работой самостоятельно, но он знал одного человека, который идеально подходил для такой работы. Блэк быстро согласился, и в марте 1969 года, примерно через полгода после их первой встречи в столовой ADL, он уволился из ADL и начал работать на себя. Он открыл консалтинговую фирму под названием Associates in Finance, главным клиентом которой стал Уэллс Фарго. Вместе с Шоулзом они начали оказывать помощь Уэллсу Фарго в создании новой, ультрасовременной инвестиционной стратегии.

Приблизительно в это же время Блэк стал задумываться над тем, как распространить сферу применения МОФА на различные виды активов и портфелей. Например, он попытался применить МОФА к решению вопроса, как распределять инвестиции во времени. Следует ли с возрастом менять степень рискованности, как предлагали некоторые люди? Блэк решил, что аналогично тому, как в конкретный момент необходимо диверсифицировать акции, точно так же надо диверсифицировать их и во времени, чтобы минимизировать последствия любых неудач. Вопрос о том, как оценивать опционы с помощью МОФА, был одним из множества подобных вопросов, над которыми Блэк работал в этот период. Уже летом 1969 года Блэк сдвинулся с мертвой точки, выведя фундаментальное соотношение, которое в конечном счете приведет к созданию уравнения Блэка—Шоулза.

Важнейшая идея заключалась в том, что в любой конкретный момент всегда есть возможность создания портфеля, состоящего из акции и опциона на эту акцию, который будет абсолютно безрисковым. Если вам это что-то напоминает, то потому, что эта идея очень схожа с идеей, лежащей в основе стратегии дельта-хеджирования Торпа: он тоже понимал, что если цены опционов и лежащих в их основе

активов взаимосвязаны, можно сочетать опционы и акции, чтобы управлять рисками. Отличие состояло в том, что стратегия дельта-хеджирования Торпа была направлена на то, чтобы гарантировать прибыль при условии, что цена лежащей в основе акции кардинально не изменится. Этот подход снижал риск, но полностью его не устранял (на самом деле, если аргументация в стиле МОФА верна, вы не сможете и устранить риск, и получить существенную прибыль). Подход Блэка заключался в том, чтобы сформировать безрисковый портфель, состоящий из акций и опционов, а затем доказать, приведя МОФА в качестве довода, что этот портфель даст безрисковую доходность. Стратегия Блэка, заключающаяся в создании безрискового актива из акций и опционов, теперь называется «динамичным хеджированием»*.

Блэк прочитал сборник рефератов о случайности рынков Кутнера, поэтому был знаком с трудами Башелье и Осборна о гипотезе случайных блужданий. Это подсказало ему способ смоделировать изменение с течением времени цен на акции, лежащие в основе опциона, который, в свою очередь, помог понять, как с течением времени должны меняться цены на опционы. Когда Блэк вывел фундаментальное соотношение между ценой акции, ценой опциона на эту акцию и безрисковой процентной ставкой, ему оставалось лишь выполнить несколько алгебраических вычислений, чтобы получить уравнение для выведения цены опциона путем деления величины рискованной премии по акции на величину рискованной премии по опциону. Но тут он зашел в тупик. Полученное им уравнение было сложным дифференциальным уравнением — уравнением, показывающим отношение текущего показателя нормы изменения цены опциона к текущему показателю нормы изменения цены акции. Блэк, несмотря на свое физико-математическое образование, недостаточно хорошо знал математику, чтобы его решить.

После нескольких месяцев упорной борьбы Блэк сдался. Он никому не рассказывал о своей задаче с опционами до 1969 года, когда Шоулз впервые упомянул, что один из его студентов, обучавшихся в маги-

* Похоже, несколько вещей проходит под названием «динамичное хеджирование», и на самом деле любая стратегия, которая предполагает регулярное изменение хеджа, заслуживает такого названия. Однако по всему тексту я подразумеваю нечто совершенно конкретное: стратегию, в соответствии с которой постоянно обновляется соотношение акций и опционов в портфеле, чтобы портфель в целом был безрисковым.

стратуре МТИ, заинтересовался ценообразованием опционов. Шоулз начал рассуждать о том, можно ли использовать МОФА для решения этой задачи, и в этот момент Блэк выдвинул ящик письменного стола и вынул оттуда листок бумаги с тем самым дифференциальным уравнением. С этого момента они уже стали работать над этой задачей вдвоем. И решили ее к лету 1970 года, а в июле на конференции в МТИ, организованной Шоулзом при поддержке Уэлса Фарго, уравнение Блэка—Шоулза для определения цены опциона было впервые представлено общественности.

Тем временем новый коллега Шоулза в МТИ, Роберт Мертон (инженер по образованию, решивший продолжить обучение в докторантуре по экономике) повторно вывел то же самое дифференциальное уравнение и получил то же решение, но начав абсолютно с другой отправной точки. Имея два разных способа решения, которые дали один и тот же ответ, Блэк, Шоулз и Мертон были убеждены, что установили какую-то важную истину.

Вскоре после этого Блэк и Шоулз передали статью в *Journal of Political Economy*^{*}, одно из самых влиятельных изданий в этой области. Статью отвергли, не дав никаких объяснений (сообщив, что ее даже не рассматривают всерьез). Они предприняли вторую попытку. На этот раз обратились в *Review of Economics and Statistics*^{**}. И опять получили отказ без каких-либо объяснений, что редакции не понравилось в их статье.

Между тем Мертон откладывал публикацию своего альтернативного подхода, чтобы Блэк и Шоулз могли получить по заслугам за свое открытие.

Невзирая на прежние неудачи, Блэк и Шоулз не собирались пребывать в безвестности. Могущественные силы в научных кругах, в сфере финансов и в политике, объединялись в их поддержку. И некоторые из находившихся тогда на олимпе богов науки уже были готовы вмешаться. После второго отказа преподаватели Университета Чикаго Юджин Фама и Мертон Миллер, два наиболее влиятельных экономиста того времени, руководители зарождавшейся в то время Чикагской школы экономики, убедили *Journal of Political Economy*

* «Журнал политэкономии». *Прим. пер.*

** «Обозрение экономики и статистики». *Прим. пер.*

пересмотреть свое решение, и в августе 1971 года статья была принята к публикации*.

Тем временем Фишер Блэк привлек к себе внимание в Университете Чикаго. Экономисты университета были знакомы с его работой над опционами при спонсорстве Уэллса Фарго; они видели Блэка на конференции, спонсировавшейся тем же Фарго. Несколько лет назад, в 1967 году, Блэк ездил в Чикаго с Трейнором представлять некоторые из своих совместных трудов. Экономистам из Чикаго не нужны были журнальные публикации, чтобы оценить возможности молодых ученых: они умели распознавать таланты, а Блэк, безусловно, был человеком талантливым. В мае 1971 года они предложили Блэку работу. На тот момент после окончания Блэком аспирантуры прошло уже семь лет, а у него было только четыре публикации, всего две из которых были посвящены финансам. У Блэка была степень доктора философии, и к области финансов она не имела никакого отношения. Но все это не имело никакого значения. Чикаго он был нужен.

Чикаго не руководствовалось только интуицией, когда посчитало труд Блэка важным. Профессорско-преподавательский состав этого университета обладал определенной инсайдерской информацией: опционы в ближайшее время станут по-настоящему большим делом, и формула, позволяющая инвесторам оценить их, докажет свою принципиальную важность. В это время во внутренней и в международной политике США намечались два изменения. И центр разработки обоих изменений находился в Чикаго. Скоро они взорвут индустрию деривативов, и иметь в своей команде такого специалиста, как Блэк, было большим подспорьем.

Первое крупное изменение произошло 14 октября 1971 года, через несколько недель после переезда Блэка в Чикаго. Комиссия по ценным бумагам и биржам (КЦББ) дала зеленую улицу Чикагской опционной бирже (ЧОБ), первому открытому специализированному рынку опционов в истории Соединенных Штатов. Опционы существовали сотни лет и торговались в Соединенных Штатах, часто под видом варрантов, как минимум с середины XIX века. Но они никогда раньше не торговались на открытом рынке. Экономисты в Чикаго агитировали

* Статья Блэка и Шоулза была опубликована в 1973 г. Также см. работы Мертона (1973 г.) и Блэка и Шоулза (1972, 1974 г.). Подробнее о формуле Блэка—Шоулза и ее обобщениях и детализациях см. у Халла (2011 г.) и Кокса и Рубинштейна (1985 г.).

за то, чтобы КЦББ ликвидировала препятствия, годами мешавшие открытому обмену опционами, до тех пор пока наконец в 1969 году не убедили Чикагскую торговую палату (ЧТП) создать комитет для рассмотрения этой возможности. Возглавил его Джеймс Лори, преподаватель факультета бизнеса в Университете Чикаго*. Позднее Лори и Мертон Миллер сыграют существенную роль в написании отчета о влиянии опционной биржи на общество, который составит основную часть предложения ЧТП КЦББ в марте 1971 года.

За месяц до выхода статьи Блэка и Шоулза из печати ЧОБ открылась для торгов. В первый день на бирже торговалось девятьсот опционов на шестнадцать акций**. Объемы торгов росли поразительным темпом: только в 1973 году он составил свыше миллиона опционов, а к октябрю 1974 года в отдельные дни объем торгов на бирже составлял сорок тысяч опционов (обычный объем составлял более тридцати тысяч)***. В течение десяти лет это число достигнет полумиллиона. Конкуренция со стороны других бирж возникла очень быстро: сначала Американская фондовая биржа объявила, что будет торговать опционами, вскоре к ней присоединились Фондовая биржа Филадельфии и Тихоокеанская фондовая биржа. В январе 1977 года в Амстердаме была основана Европейская опционная биржа, созданная по модели ЧОБ****. Торговля опционами неожиданно превратилась в большой бизнес, и инвесторы, по крайней мере поначалу, стремились как можно больше узнать о новых инструментах. Блэк, Шоулз и Мертон быстро стали известными личностями.

Второе неожиданное изменение в политике, удачное для карьеры Блэка, произошло почти одновременно с созданием ЧОБ, хотя это изменение отразилось на Блэке не так быстро. За этой инициативой тоже стояли влиятельные экономисты Чикаго, особенно известный сторонник доктрины монетаризма Милтон Фридман. В 1968 году, когда Никсон был избран президентом США, Фридман написал ему письмо, пытаясь убедить его отказаться от так называемой Бреттон-

* Подробнее историю Чикагской опционной биржи см. у Маркхэма (2002 г.) и Маккензи (2006 г.).

** Эти цифры взяты у Маркхэма (2002 г., том 3, с. 52).

*** Эти цифры взяты у Ансбахера (2000 г., с. xii).

**** Подробнее о рынках опционов в Европе см. у Миши (1999 г.).

Вудской системы*. Бреттон-Вудская система, названная по имени городка в штате Нью-Гемпшир, представляла собой международное валютное соглашение, заработавшее в конце Второй мировой войны**. Бреттон-Вудская конференция привела к созданию Международного валютного фонда (МВФ) и Международного банка реконструкции и развития (ныне входящего в состав Всемирного банка). Для нашего же рассказа важнее то, что в соответствии с Бреттон-Вудской системой основные мировые валюты оценивались по фиксированным обменным курсам в зависимости от стоимости доллара США (а в конечном счете — от стоимости золота, поскольку доллар свободно конвертировался в золото, по крайней мере в отношениях с правительствами других стран). Изменения курса обмена происходили нечасто и предполагали длительный дипломатический процесс.

Однако к 1968 году, когда Фридман написал письмо Никсону, в Бреттон-Вудской системе стали возникать разногласия. Проблема заключалась в том, что в мире не было столько золота, чтобы финансировать то бурное развитие послевоенной международной торговли. Несмотря на то что Соединенные Штаты владели большей частью мировых запасов золота, золотом по-прежнему торговали на открытом рынке, и цена на него могла колебаться. До тех пор пока Соединенные Штаты и их союзники могли удерживать цены на золото на открытом рынке в соответствии с Бреттон-Вудской ценой, проблем не возникало. Но если бы цены на золото на открытом рынке поднялись слишком высоко, что естественно в условиях растущего спроса и ограниченного предложения, возник бы риск массового спроса на доллары (в том смысле, что все бросились бы конвертировать доллары в золото), поскольку иностранные государства попытались бы урегулировать собственные долги, покупая американское золото и продавая его с маржой на открытом рынке. Но в этом случае система просто потерпела бы крах. Такой ажиотаж на самом деле возник в конце 1967 года, он и побудил Фридмана написать свое письмо. Но для такого мыслителя, как Фридман, Бреттон-Вудская система была с самого начала плохо продумана, а идея установить курсы

* Взято из предисловия Милтона Фридмана к работе Меламеда (1993 г.).

** Подробнее о Бреттон-Вудской системе см. у Маркхэма (2002 г.) и Маккензи (2006 г.), а также у Айхенгрина (2008 г.) и Меламеда (1993 г.).

обмена для правительств — безнадежна. Курсы обмена, как и все остальное, должны свободно определяться на открытом рынке.

Сначала Никсон не послушал Фридмана, но к 1971 году, когда возросли расходы на войну во Вьетнаме, а долг США стал расти ускоренными темпами, он понял, к чему все идет. Сначала из Бреттон-Вудского соглашения вышли ФРГ и Япония, которые объявили, что их валюты больше не будут сохранять паритет с долларом. И вместо того, чтобы ждать, когда мировая экономика потерпит полный крах, Никсон положил конец конвертируемости долларов США в золото, покончив с Бреттон-Вудской системой. В течение последующих лет фиксированные курсы обмена уступили место свободно колеблющимся курсам валют, создав систему, при которой соотношение цен валют определялось на открытом рынке.

Между тем в Чикаго Лео Меламед, председатель Чикагской товарной биржи (ЧТБ), еще одной биржи фьючерсов, возникшей из недр ЧТП в начале XX века, понял, что мировая фискальная политика подвержена постоянным изменениям*. Послушав рекомендации Фридмана, в мае 1972 года Меламед открыл собственную биржу под названием Международный валютный рынок (МВР), чтобы торговать фьючерсными контрактами в иностранной валюте. До тех пор пока работала Бреттон-Вудская система, торговать валютными фьючерсами было не очень интересно, потому что стоимость валют можно было изменить только в рамках кропотливого публичного процесса. Но после того как был разрешен плавающий курс обмена, определявшийся торговлей на открытом рынке, возникла необходимость в рынках фьючерсов. Самое главное заключалось в том, что компании, и в особенности банки, могли использовать валютные фьючерсы, чтобы защититься от неожиданных изменений в стоимости валют. Представим, что компания в Соединенных Штатах заключает контракт с компанией в Великобритании об отправке партии ковбойских сапог в обмен на оплату в фунтах по доставке. Соглашение заключается в определенное время, но оплата не будет произведена до тех пор, пока ковбойские сапоги не достигнут Британии. А тем временем стоимость фунта может измениться, и прибыль американской компании (в долларах) станет меньше, чем должна была быть на

* Подробнее об истории Чикагской товарной биржи и Международного валютного рынка см. в работе Меламеда (1993 г.).

момент заключения контракта. Чтобы защитить себя от таких изменений, американская компания могла продать фьючерсный контракт на сумму, которую она планирует получить по прибытии партии сапог, эффективно устраняя риск неожиданного изменения стоимости валюты.

Что общего между МВР и формулой ценообразования на опционы Блэка и Шоулза? На первый взгляд ничего, но через несколько лет торговля фьючерсами на МВР расширилась и включала уже новые деривативы на основе валют, в том числе опционы. Поскольку валютный риск является важной частью любой международной сделки, валютные деривативы очень быстро стали неотъемлемой частью международной экономики. И опять, так же как и на ЧОБ, модель Блэка—Шоулза стала неотъемлемой частью повседневной торговой жизни. Что еще важнее, Блэк и Шоулз указали также и способ моделирования других контрактов с деривативами, которые быстро росли на МВР, поскольку предприятия искали новые пути защитить себя от валютного риска. МВР и ЧОБ — это был мир Блэка и Шоулза, превосходно воспользовавшийся их новыми идеями.

Формула ценообразования на опционы, которую вывели Блэк, Шоулз и Мертон, была аналогична методу, разработанному Торпом в 1965 году для ценообразования на варранты, хотя Торп использовал компьютерную программу для расчета цен опционов вместо того, чтобы вывести конкретное уравнение, которое ныне носит имя Блэка, Шоулза и Мертона. Но аргументы, лежащие в основе работы Торпа, были другими. Обоснование Торпа соответствовало обоснованию Башелье: он утверждал, что справедливая цена опциона должна быть ценой, по которой опцион можно было бы рассматривать как честную ставку. Исходя из этого, Торп определил, какой должна быть цена опциона, допустив, что цены акций соответствуют лог-нормальному распределению, описанному Осборном. Как только он нашел способ расчета «реальной» цены опциона, Торп продолжил работу над определением пропорции акций и опционов, необходимой для выполнения стратегии дельта-хеджирования.

* Выражаю свою благодарность Джону Конхине, бывшему руководителю Merrill Lynch Futures и бывшему члену правления как Чикагской торговой палаты, так и Чикагской товарной биржи, за то, что он обратил мое внимание на взаимосвязь между упадком Бреттон-Вудской системы и подъемом торговли производными финансовыми инструментами (деривативами).

Блэк и Шоулз между тем вели работу в другом направлении. Они начали со стратегии хеджирования, заметив, что всегда можно создать безрисковый портфель, состоящий из комбинации акций и опционов. Затем они применили МОФА, чтобы сказать, какой должна быть прибыльность у этого портфеля — то есть безрисковая ставка, — и вернулись к началу, чтобы определить, как цены опционов должны зависеть от цен на акции, чтобы реализовать такой безрисковый доход.

Отличие может показаться незначительным — в конце концов, это два доказательства одной и той же модели опционных цен*. Но на практике оно было кардинальным. Причина заключается в том, что динамичное хеджирование, являвшееся главной идеей в методе Блэка—Шоулза, предоставило инвестиционным банкам инструмент, который им был необходим, чтобы разрабатывать опционы. Представим, что вы являетесь банком и хотите начать продавать своим клиентам опционы. Это означает, что вы хотите продавать право покупать или продавать конкретную акцию по заранее определенной цене. В идеале вы сами не должны делать рискованных ставок — вы получаете прибыль от комиссионных, которые заработаете от продаж, а не от доходов от спекуляций. На самом деле это означает, что когда банк продает опцион, он должен найти способ компенсировать возможность того, что лежащая в его основе акция станет ценной, не потеряв денег, если опцион не станет ценным. Стратегия динамичного хеджирования Блэка и Шоулза создала для банков способ это сделать: используя метод Блэка—Шоулза, банки могли продавать опционы и покупать другие активы таким образом, что они не несли никаких рисков (по крайней мере теоретически). Это превратило опционы в такой тип продукта, который банки могли создавать и продавать.

Блэк жил в Чикаго до 1975 года, а затем МТИ переманил его обратно в Кембридж. Несколько лет Блэку казалось, что научный мир — это именно то, что ему надо. Он мог работать над тем, что ему нравилось, и, по крайней мере, на первых порах расцвета биржевой торговли опционами казалось, что он не сделал ничего плохого. Он был известным деятелем науки самого высокого порядка, это давало уважение

* Я благодарен Эмануэлю Дерману за то, что он обратил мое внимание на то, насколько логично возникновение этих отличий с точки зрения практикующих банкиров. Тем не менее см. работы Дермана и Талеба (2005 г.) и Хауга и Талеба (2011 г.).

и свободу. Однако его личная жизнь становилась все более похожей на катастрофу: его (вторая) жена Мими ненавидела жизнь в Чикаго, что сыграло большую роль в принятии решения о переезде обратно в Кембридж, поближе к ее семье. Но переезд на восток не очень помог. На фоне охлаждения отношений с супругой Блэк все больше и больше времени посвящал работе, приобретавшей со временем новые направления. Он начал работать над обобщением МОФА, чтобы попытаться объяснить цикличность экономики: почему в рациональном мире периоды роста должны сменяться периодами снижения деловой активности. Это привело его к новой теории макроэкономики, которую он назвал «общим равновесием»*. Он начал «крестовый поход» против индустрии бухгалтерского учета, которую считал отсталой и бесполезной для инвесторов.

Но все эти другие направления его работы были плохо восприняты научным сообществом. Казалось, Блэк уже использовал все отпущенные ему удачу и время на работу, посвященную опционам, и другие работы, по деривативам и финансовым рынкам. Его труд, в особенности в сфере макроэкономики, уже не шел в ногу со временем. Экономисты 1970-х и 1980-х годов были заняты непрерывной полемикой об экономическом регулировании и кредитно-денежной политике. По одну сторону были адепты чикагской школы; по другую — сторонники экономического учения Кейнса, который выступал за государственную интервенцию во все сферы экономики. Общее равновесие было направлением, ворвавшимся в биполярное общество. Блэка атаковали с обеих сторон, а затем обе спорящие стороны стали его игнорировать. Никто не хотел издавать его работы. Коллеги стали списывать его со счетов. Меньше чем за десять лет он прошел путь от аутсайдера до идола, а затем опять вернулся в аутсайдеры. К началу 1980-х годов Блэк был сыт научными кругами по горло. Он хотел на свободу.

В декабре 1983 года Роберт Мертон, старый коллега Блэка по тем дням, когда была открыта формула Блэка—Шоулза, выполнял проект для инвестиционного банка Goldman Sachs. Мертон занимался в Goldman тем, чем Блэк и Шоулз в Wells Fargo в 1970 году: пытался

* Общее равновесие уходит корнями в работу Самуэльсона (1947 г.) и в наследие Гиббса. Однако вклад Блэка в эту идею был оригинален. См. сборник рефератов Блэка на эту тему (1987 г.) и его более поздние взгляды на данный предмет (2010 г.).

реализовать новые идеи из науки на практике. Он обратился к Роберту Рубину, тогда занимавшему пост руководителя отдела фондовых ценностей, с советом, что в Goldman Sachs следует взять теоретика-ученого, который будет занимать достаточно высокое положение в компании, чтобы новые идеи имели шанс претвориться в жизнь. Он убедил Рубина, поехал в МТИ, чтобы подыскать на новую должность кого-нибудь из аспирантов. Мертон спросил совета у Блэка и получил неожиданный ответ: Блэк сам хотел работать на такой позиции. Через три месяца Блэк ушел из науки, поступил на работу в Goldman Sachs и организовал Группу количественных стратегий при отделе фондовых ценностей. Так он стал одним из первых квантов, сотрудником инвестиционного банка с чрезвычайно сильным научным уклоном, который в равной степени был заинтересован в интеллектуальных инновациях и в создании солидной отрасли. Уолл-стрит уже никогда больше не будет такой, как прежде.

4 октября 1957 года Советский Союз первым в мире запустил искусственный спутник Земли. Америка была в панике. Эйзенхауэр немедленно приказал создать американскую программу. Срок для запуска своего спутника был установлен на 6 декабря. Это событие транслировалось по телевидению по всей стране, поскольку американские ученые пытались доказать, что они на равных с Советами. Миллионы американцев настроили свои приемники, когда первый американский космический корабль взял старт на площадке космодрома, медленно оторвался от земли примерно на метр, упал и взорвался. Зрелище было унижительным для американского научного сообщества. Через четыре года Советы добились еще большего, снова обойдя американцев, успешно запустив первый космический корабль с человеком на борту. Кеннеди отреагировал через неделю, потребовав от NASA, чтобы они поставили новую сложную задачу. 25 мая 1961 года Кеннеди объявил о твердом решении высадить первого человека на Луну.

Физика в Соединенных Штатах была на подъеме со времен Второй мировой войны. Но после запуска спутника интерес к физике резко возрос*. В 1958 году около пятисот аспирантов получили

* Подробнее о влиянии спутника на науку США см. у Вонга (2008 г.), Кэдбери (2006 г.) и Коллинза (1999 г.). Представленная здесь информация о докторрах философии по физике получена в Центре статистических исследований Американского института физики, на сайте <http://www.aip.org/statistics/>. Сведения о бюджете NASA в динамике получены в Службе управления и бюджета по данным от Роджерса (2010 г.).

степень доктора по физике. К 1965 году их было уже около тысячи, а к 1969 году — свыше полутора тысяч. Бурный рост отчасти зависел от роста национального самосознания: стать ученым в области ракетостроения было хорошим способом послужить своей стране. Но еще больше он зависел от финансирования. С 1958 года годовой бюджет NASA увеличился в семьдесят раз и к середине шестидесятых годов достиг своего максимального показателя. В 1966 году NASA получила на фундаментальную науку почти 6 миллиардов долларов — 4,5% от общего бюджета страны. Другие учреждения, финансируемые за счет государственных средств, такие как Департамент энергетики и Национальный фонд содействия развитию науки, тоже не испытывали трудностей с денежными средствами (хотя ни тот, ни другой не могли соревноваться с NASA). Даже посредственным выпускникам докторантур среднего звена была гарантирована работа в сфере науки в качестве либо преподавателей, либо научных сотрудников бюджетных организаций. Спрос на физиков был высок.

20 июля 1969 года Нил Армстронг и Базз Олдрин стали первыми людьми, ступившими на поверхность Луны. Америка и ее союзники ликовали: наконец-то победа американцев в космической гонке. И почти сразу рухнул рынок труда для физиков. По мере ускорения космической гонки росли и затраты Америки на войну во Вьетнаме. Успех миссии Аполлона-11 оправдывал отвлечение Никсоном средств от NASA и других научно-исследовательских групп на военные цели. К 1971 году бюджет NASA составлял менее половины бюджета 1966 года (в реальном исчислении). Тем временем стал уменьшаться и набор в колледжи, в значительной степени потому, что закончился период беби-бума. Когда дети, родившиеся в период беби-бума, окончили университеты, университеты перестали нанимать на работу новых преподавателей.

Эмануэль Дерман был южноафриканским физиком, который испытал на себе все эти «американские горки» финансирования*. Он поступил в аспирантуру Колумбийского университета в 1966 году, на пике государственного финансирования науки в США. Он занимался экспериментальной физикой элементарных частиц — областью, далекой от основных интересов NASA, но тем не менее получал выгоду от

* Материалы о Дермане взяты у Дермана (2004 г., 2011b) и из интервью, которое я с ним провел.

роста государственной поддержки физики. Как большинство аспирантов, он упорно занимался наукой, жил на маленькую стипендию, проводя долгие часы за работой. Студенты, которых он знал, придя в аспирантуру, получили работу в университетах по всей стране. Но к тому моменту, когда в 1973 году сам Дерман окончил обучение, постоянных рабочих мест уже не осталось. Дерману и другим физикам с трудом удавалось устроиться на временные позиции научных сотрудников. Дерман провел два года в Университете Пенсильвании, затем два года в Оксфорде, потом еще два года в Рокфеллеровском университете в Нью-Йорке. К концу десятилетия он уже был готов сдать экзамен, рассматривал вариант ухода из физики и поступления в медицинский институт. Но вместо этого решил пойти в Лабораторию Белла программистом.

Шли семидесятые годы, число физиков, получавших степень доктора философии по физике в Соединенных Штатах, уменьшалось примерно на тысячу человек в год. Хотя их число уже было значительно меньше, чем в пиковый период 1968 года, но намного больше, чем мог переварить рынок труда. Это означало, что к тому времени, когда Блэк в 1983 году перешел в Goldman Sachs, тысячи талантливых мужчин и женщин с ученой степенью по физике и связанным с ней наукам были либо безработными, либо выполняли работу, не соответствующую их высокой квалификации.

Переход Блэка в Goldman Sachs совпал еще и с другой переменой. К 1983 году опционы представляли собой растущий бизнес, благодаря которому такие люди, как Блэк, сделались привлекательными фигурами для Уолл-стрит. Но в центре радикальных перемен в это время находились биржевые операции с облигациями, уже ставшие основным направлением деятельности финансового сектора. Начиная с правления администрации Картера, в конце 1970-х годов, экономика США вступила в период сильной инфляции и слабого роста, который впоследствии стали называть «стагфляцией»*. В ответ Пол Волкер, председатель Федеральной резервной системы с 1979 по 1987 годы, существенно повысил процентные ставки. Базисная ставка (ставка, которая определяет, насколько дорого банкам обходится предоставление заемных средств друг другу и, соответствен-

* Подробнее о борьбе Волкера с инфляцией см. у Маркхэма (2002 г.).

но, потребителю) достигла беспрецедентного уровня в 21,5%. Волкеру удалось снизить инфляцию, а к 1983 году — взять ее под контроль. Волатильность процентных ставок навсегда изменила в прошлом безжизненную индустрию облигаций. Если банки не могли друг у друга занять средства меньше чем под 20%, то корпорациям и государствам, которые хотят выпустить облигации, надо будет заплатить еще по более высоким ставкам (поскольку обычно облигации подвержены большему риску, чем межбанковские кредиты). Так называемые «облигационные зануды» 1970-х годов — трейдеры, которые решили работать на самом скучном из финансовых рынков, — теперь должны были научиться «выгрести» на самом изменчивом из рынков. (Шерман Маккой, родившийся под несчастливой звездой антигерой романа Томаса Вулфа «Костры амбиций», был биржевым торговцем облигациями эры восьмидесятых годов, который считал себя таким важным, учитывая изменения на рынке облигаций конца семидесятых — начала восьмидесятых годов, что неофициально называл себя «Хозяином Вселенной». Имя запомнилось, и теперь так называют трейдеров всех мастей на Уолл-стрит*.)

Успех модели Блэка—Шоулза и других моделей деривативов в 1970-е годы вдохновил ряд экономистов. Они задались вопросом, можно ли создать аналогичную модель для облигаций и опционов. Вскоре Блэк и другие поняли, что сами облигации можно считать простыми деривативами, а процентные ставки — лежащим в их основе базовым активом. Они стали разрабатывать видоизмененные версии модели Блэка—Шоулза для оценки стоимости облигаций, основанные на гипотезе о том, что процентные ставки претерпевают случайные блуждания.

Блэк оказался на Уолл-стрит в тот момент, когда деривативы и модели деривативов неожиданно стали приобретать все большее значение. Группа количественных стратегий Блэка в Goldman Sachs, аналогичные группы в других крупных банках дали ответ на вопросы, которые многие инвестиционные банки и особенно биржевые торговцы облигациями не знали, как разрешить. В то же время в резерве было много физиков, которые выполняли работу, не соответствовавшую их высокой квалификации, или работали неполный рабочий

* См. работу Вулфа 1987 г.

день и были готовы включиться и работать под руководством Блэка. Когда несколько физиков и наполовину физиков пробились на Уолл-стрит и польза идей, которые Блэку удалось превратить из теории в практику, была оценена по достоинству, шлюзы открылись. Уолл-стрит начала сотнями брать на работу физиков.

Дерман проработал в Лаборатории Белла пять лет. Однако начиная с 1983 года ему стали звонить специалисты по подбору персонала из инвестиционных банков. Он был настолько недоволен работой в Лаборатории, что воспринимал эти предложения всерьез, но когда наконец получил реальное предложение от Goldman Sachs, он отказался от него по совету знакомого, который раньше там работал. Но мир менялся. Следующий год, проведенный в Лаборатории Белла, оказался Дерману совсем невыносимым, и в 1985 году, когда ему опять позвонили с Уолл-стрит, он был готов перейти к ним. Дерман решил пойти все-таки в Goldman Sachs, и в декабре 1985 года он совершил этот «прыжок». Его ждала работа в группе финансовых услуг, которая сопровождала торговцев облигациями Goldman. К тому времени, когда Дерман пришел в эту компанию, имя Блэка уже было легендой.

Опционные модели и Торпа, и Блэка были основаны на гипотезе Осборна о случайных блужданиях, которая сводилась к предположению о том, что нормы прибыли нормально распределены. Это, возможно, приведет вас в замешательство. Как-никак Мандельброт постоянно заявлял в 1960-х годах, что нормальное и лог-нормальное распределения не учитывают предельные случаи и что рынки «дико» случайны. Даже если заявление Мандельброта о том, что нормы прибыли имеют устойчивое распределение Леви и поэтому не имеют четко определенной волатильности, неверно, а большинство экономистов теперь полагают, что это так, более слабое заявление о том, что рыночные данные демонстрируют «толстые хвосты», все еще остается справедливым. Модели опционов назначают цены, исходя из степени вероятности того, что акция поднимется выше (или упадет ниже) определенного порога — цены исполнения опциона. Если экстремальные рыночные изменения более вероятны, чем предсказывает модель Осборна, то ни модель Торпа, ни модель Блэка—Шоулза не покажет правильно цены опциона*. В частности, они должны

* К его чести, Блэк абсолютно четко понимал, что его модель имела недостатки и что в лучшем случае она была грубым приближением. См., например, работу Блэка 1992 г.

недооценивать опционы, которые будут исполнены, если рынок предпримет кардинальные действия и речь пойдет о так называемых «опционах, находящихся не в деньгах». Между тем более реалистичная модель опционов должна учитывать «толстые хвосты».

Мандельброт ушел из финансов в конце 1960-х годов, но вернулся опять в начале 1990-х. Одной из причин было то, что многие финансисты-практики начинали признавать недостатки модели Блэка—Шоулза. Важную роль в этой перемене сыграл крах фондового рынка в «черный понедельник» в 1987 году, когда мировые финансовые рынки буквально за одну ночь просели больше чем на 20%. Вина за крах рынка легла на принципиально новый финансовый продукт, основанный на модели опционов и модели Блэка—Шоулза и известный как портфельное страхование*. Портфельное страхование было создано и рекламировалось, чтобы сократить риск крупных убытков. Это был вид хеджа, который сводился к покупке акций и фьючерсов фондового рынка коротких продаж, идея которого заключалась в том, что если акции начинали падать, рыночные фьючерсы тоже упадут, и короткая позиция, таким образом, вырастет и покроет убытки. Эта стратегия была создана таким образом, чтобы не продавали слишком много фьючерсов на срок без покрытия, потому что прибыль бы терялась, если рынок пойдет вверх. Вместо этого надо запрограммировать компьютер, чтобы он постепенно продавал ваши акции, если рынок упадет, а вы заплатите меньше договорной цены за фьючерсы — достаточно, чтобы покрыть эти убытки.

Однако когда в 1987 году рынок рухнул, все, у кого было портфельное страхование, одновременно пытались продать свои акции. Проблема состояла в том, что не было покупателей — все продавали и никто не покупал! Это означало, что компьютеры, пытаясь выполнить сделки, продавали по существенно более низким ценам, чем предполагалось, когда изобретали портфельное страхование. А тщательно просчитанные короткие позиции в рыночных фьючерсах мало что могли сделать для защиты инвесторов. (На самом деле инвесторы, имевшие портфельное страхование, чаще оказывались в лучшем положении, чем те, у кого его не было; однако многие полагают, что автоматизированные приказы на продажу, связанные с портфель-

* Подробнее о портфельном страховании см., например, у Бернштайна (1993 г.). Также см. работу Маркхэма (2002 г.).

ным страхованием, только усугубляли распродажу со скидкой, и от этого страдали все, потому что преобладало портфельное страхование.) Расчеты, основанные на модели Блэка—Шоулза, лежащие в основе портфельного страхования, не учитывали возможность краха, потому что модель случайных блужданий указывает на то, что крупное однодневное проседание, которое произошло на практике, не может случиться даже за миллион лет.

Результатом краха было несколько событий. Например, многие практики стали подвергать сомнению статистические прогнозы модели случайных блужданий. Это абсолютно понятно — если модель говорит, что что-то невозможно или практически невозможно, а это вдруг происходит, у тебя должны возникнуть вопросы. Но произошло кое-что еще. После краха изменились сами рынки*. Поскольку годами до момента краха модель Блэка—Шоулза, по-видимому, указывала цены опционов совершенно верно практически в любых обстоятельствах и на всех рынках, после краха в этих прогнозах стали появляться определенные неточности. Эти неточности часто называют «улыбкой волатильности» из-за формы на определенных графиках. Эта «улыбка» появилась внезапно и задала задачу финансовым инженерам в начале 1990-х годов, когда впервые признали ее широкое распространение**. Примечательно, что Эмануэль Дерман предложил свой способ изменения модели Блэка—Шоулза, чтобы она учитывала «улыбку волатильности», хотя и не привел принципиальной причины, по которой модель Блэка—Шоулза перестала работать***.

Однако работа Мандельброта предлагает убедительное объяснение «улыбке волатильности». Одно толкование «улыбки» заключается в том, что это — указание на то, что рынок полагает, что крупные изменения цен более вероятны, чем предполагает модель Блэка—Шоулза. Как раз это и пытался все время утверждать Мандельброт: распределение вероятностей, описывающее рыночную доходность, имеет «толстые хвосты», что означает, что предельные случаи более вероятны, чем можно предсказать, исходя из нормального

* См. работу Маккензи (2006 г.).

** Примечательно, что Клэй Струве, о ком речь пойдет ниже, указывал, что ему и его коллегам было известно об «улыбке волатильности» еще до краха 1987 года, то есть, в конце концов, она не появилась так внезапно, если вы знали, что ее надо искать!

*** См. работу Дермана и Кани (1994 г.).

распределения. Другими словами, похоже, что рыночные силы привели цены в соответствие с теорией Мандельброта. С конца 1980-х годов инвестиционные банки стали значительно серьезнее относиться к работе Мандельброта.

В истории взлета и падения Блэка—Шоулза есть интересный поворот, о котором редко рассказывают*. Первой крупной компанией, которая разработала количественную стратегию, основанную на деривативах, была в высшей степени закрытая чикагская фирма O'Connor and Associates. O'Connor была образована в 1977 году двумя братьями — Эдом и Биллом O'Коннорами, которые заработали состояние на зерновых фьючерсах, и Майклом Гринбаумом, специалистом по управлению рисками, работавшим на них в First Options, расчетной опционной клиринговой палате, которой руководили братья. До поступления в First Options Гринбаум учился в Ренсселеровском политехническом институте по специальности «математика», поэтому у него был опыт решения уравнений. Он первым понял, что новая биржа опционов в Чикаго предоставляла возможность получить большую прибыль, по крайней мере если вы сильны в математике. И предложил братьям O'Коннор открыть новую фирму, которая сосредоточится на биржевых операциях с опционами.

Эта часть истории хорошо известна. Но учитывая время, когда это происходило, многие считают, что братья O'Коннор были первыми, кто применил модель Блэка—Шоулза. Отнюдь нет. Гринбаум понимал с самого начала, что допущения, лежащие в основе модели Блэка—Шоулза, были не идеальны и что она должным образом не учитывала предельные случаи. Поэтому Гринбаум создал команду из специалистов по управлению рисками и математиков, чтобы найти способ усовершенствовать модель Блэка—Шоулза. Одним из первых сотрудников O'Конноров был восемнадцатилетний вундеркинд по имени Клэй Струве, который работал на Гринбаума в First Options на летней практике и на Фишера Блэка в течение учебного года, будучи аспирантом МТИ. В течение 1977 и 1978 годов Гринбаум, Струве и небольшая команда протоквантов разработали видоизмененную

* Эта история основана на интервью, которое я взял у Клэя Струве, а также на опубликованном интервью с Майклом Гринбаумом (Юнг, 2007 г.) и на работе Коуна (1999 г.). Гринбаум упоминает, что в конце 1970-х годов в O'Соппог использовали модели диффузионных скачков; Струве подтвердил это. Коун (1999 г.) между тем описывал, как Струве спас O'Соппог в октябре 1987 года.

модель Блэка—Шоулза, которая учитывала такие моменты, как неожиданные скачки цен, приводящие к «толстым хвостам».

Об успехах компании O'Connor сначала с опционами, а затем с другими деривативами было известно всем, отчасти потому, что видоизмененная модель Блэка—Шоулза стремилась превзойти стандартную. Примечательно, что, как говорил Струве, O'Connor было известно об «улыбке волатильности» с самого начала, а именно — даже до краха 1987 года. Позднее, когда произошел крах 1987 года, O'Connor осталась на плаву.

Есть и еще одна, более серьезная причина для беспокойства в связи с коренными изменениями на рынке, инициированными Блэком и его последователями, которая беспокоила людей в 1987 году и которая стала абсолютно очевидной в результате самого последнего кризиса. Возьмем в качестве примера крах 2008 года. Во время финансового обвала даже квалифицированные инвесторы, прежде всего банки, которые создали секьюритизированные кредиты, похоже, ошибались относительно того, насколько рискованными были эти продукты. Другими словами, модели, которые, как предполагалось, должны были делать эти продукты безрисковыми для тех, кто их создал, потерпели полный провал. Модели терпели провал и в других рыночных катастрофах*. Пожалуй, наиболее примечательный случай — когда потерпела крах небольшая частная инвестиционная фирма Long-Term Capital Management (LTCM), в чью стратегическую команду помимо прочих входил Майрон Шоулз. LTCM успешно осуществляла деятельность с момента своего основания в 1994 году до начала лета 1998 года, когда Россия не смогла исполнить свои обязательства по государственным долгам. Тогда чуть меньше чем за четыре месяца LTCM потеряла 4,6 миллиарда долларов. К сентябрю ее активы испарились. Фирма вложила большие средства на рынке деривативов, создав обязательства во всех крупных банках мира на общую сумму около 1 триллиона долларов. Тем не менее на момент закрытия торговой сессии 22 сентября ее рыночные позиции составляли около 500 миллионов долларов — малая доля того, что они стоили несколько месяцев назад, и слишком небольшая сумма, чтобы погасить кредиты компании.

* Подробнее об управлении долгосрочным капиталом см. у Лоустайна (2000 г.).

Если бы государство не вмешалось и не устранило кризис, малейший толчок привел бы к неисполнению обязательств по долгам на сотни миллиардов долларов, что моментально привело бы к международной панике.

Математические модели, лежащие в основе стратегии динамичного хеджирования в частности и биржевых операций с деривативами в целом, не идеальны. Истории Башелье, Осборна и Мандельброта играют важную роль в понимании того, почему так происходит. Их модели и модели, которые появились с тех пор, основаны на строгих научных рассуждениях, которые в прямом смысле не могут быть неверными. Но даже самые хорошие математические модели могут неправильно применяться. Часто эти ошибки коварны, их бывает трудно выявить. Чтобы сложные финансовые рынки стали легко поддаваться обработке, Башелье, Осборн, Торп, Блэк и даже Мандельброт вводили идеализации и предположения о том, как работают рынки. В частности, Осборн подчеркивал, что получавшиеся в результате этого модели сами были, в сущности, только предположениями. А допущения, которые кажутся отличными, быстро становятся отвратительными в случае изменения конъюнктуры рынка.

По этой причине история О'Сонног очень показательна. Во многих учебниках говорится, что крах 1987 года потряс мир финансов, потому что он был неожиданным — его невозможно было предвидеть, учитывая наиболее распространенные рыночные модели. Неожиданное появление «улыбки волатильности» считается доказательством того, что модели могут некоторое время работать, а затем неожиданно давать сбои, что, в свою очередь, подрывает надежность всей деятельности по моделированию рынков. Если модели, работающие сегодня, могут завтра без предупреждения и без объяснений сломаться, почему тогда вообще на Уолл-стрит надо доверять физикам? Но только это неверно. Внимательно продумав самую простую модель и соответствующим образом усложнив ее (в сущности, учтя в ней «толстые хвосты»), О'Сонног смогла предусмотреть условия, при которых модель Блэка—Шоулза могла «сломаться», и принять стратегию, которая позволила фирме пережить крах 1987 года.

История, которую я до сих пор рассказывал, охватывает долгий период от Башелье до Блэка и показывает, что финансовое моделирование — развивающийся процесс, протекающий с многократными

повторениями, происходящими по мере того, как математики, статистики, экономисты и довольно часто физики пытаются найти недостатки в лучших моделях и способы их устранения. В этом смысле финансовое моделирование очень похоже на математическое моделирование в технике и науке в более широком смысле. Модели дают сбои. Иногда мы можем, как Гринбаум и Струве, предвидеть, когда они дадут сбой. В других случаях мы определяем, что было не так, пытаюсь вернуть все по кусочкам на свои места. Этот простой факт должен призывать к осторожности при разработке и реализации новых методик моделирования и применении старых моделей. И все же если мы и узнали что-то за последние триста лет, так это то, что базовые научные методологические принципы — это лучшее, что у нас есть, и было бы глупо отказываться от них только потому, что они не всегда идеальны.

Более того, поскольку математическое моделирование в сфере финансов является развивающимся процессом, мы должны быть абсолютно уверены в том, что можно разработать новые методы, которые начнут решать проблемы, «мучающие» модели, которые привели нас туда, где мы находимся сегодня. Одна часть этого процесса подразумевает видоизменение идей, введенных Блэком и Шоулзом в финансовую практику, чтобы максимально привести их в соответствие с утверждениями Мандельброта о предельных случаях. Но это только начало. В заключительной части книги будет показано, как модели продолжают развиваться за рамками традиционной науки о финансах, ведь физики постоянно импортируют более свежие и более сложные идеи в сферу финансов и экономики, выявляя проблемы нынешних моделей и выясняя, как их можно усовершенствовать. Блэк сыграл важную роль в создании нового статус-кво на Уолл-стрит, но его идеи были только началом эры финансовых инноваций.

Глава 6

Prediction Company

Когда в 1822 году был проложен торговый путь «Санта-Фе Трейл», он простирался от самой западной точки Соединенных Штатов, города Индепенденс, по территории индейцев команчей до в то время мексиканского штата Нуэво Мехико*. Оттуда он шел по высоким равнинам восточного Колорадо, по ущелью Глориэтта через горный хребет Сангре-де-Кристо, самую южную часть Скалистых гор. На юго-западе была конечная точка маршрута, Дворец губернаторов в городе Санта-Фе, местонахождение мексиканских органов власти к северу от Рио-Гранде. Перед дворцом располагалась центральная рыночная площадь города, где торговцы из Соединенных Штатов выставляли свои товары. Через двадцать лет после того, как сюда пришли первые американские первопроходцы, в город пришла армия США. Она прошла с боями по ущелью Глориэтта и заявила, что город и прилегающие территории становятся частью аннексированных территорий Техаса.

Через полтора столетия двое мужчин в возрасте около сорока лет сидели, потягивая текилу, в салоне в конце этого торгового пути, который уже давно был залит асфальтом и стал федеральной автомагистралью, соединяющей разные штаты**. Снаружи, на рыночной площади была парковка, газоны зеленели от дождей, характерных здесь для конца лета. Через дорогу располагался Дворец губернаторов — старейшее в Северной Америке непрерывно используемое общественное здание. Площадь была окружена невысокими строениями

* Подробнее о торговом пути Santa Fe Trail см. у Даффуса (1972 г.).

** Описание истории основания Prediction Company взято из работы Басса (1999 г.). Дополнительные биографические подробности об основателях Prediction Company взяты из работ Басса (1985, 1999 г.), Гляйка (1987 г.), Келли (1994а, б) и Каплана (2002 г.), а также из интервью и из электронной переписки с Дойном Фармером и другими людьми, которые хорошо знают историю формирования этой компании.

красновато-коричневого цвета в стиле индейской деревни, почти как в 1846 году, когда сюда вошла американская армия. Мужчины в салоне были современными трейдерами, которые разместили свою вывеску в районе исторического рынка Санта-Фе. В конце дороги, отходящей от площади, в одноэтажном здании из красного кирпича на Гриффин-стрит гудела целая батарея современных компьютеров, выполнявшая команды людей, которые ушли, чтобы выпить свой вечерний коктейль. Шел 1991 год, и эти люди работали в бизнесе предсказаний.

Два пожилых человека (по крайней мере по стандартам нового раздела динамики нелинейных систем и хаоса, на создание которого они потратили последние пятнадцать лет) были Джеймс Дойн Фармер и Норман Паккард. До недавнего времени Фармер был руководителем группы комплексных систем в Национальной лаборатории Лос-Аламос, государственной лаборатории, которая приобрела особую известность, потому что являлась штаб-квартирой Манхэттенского проекта. Паккард только что ушел с занимаемой позиции доцента по физике Университета Иллинойса. Другие мужчины в баре были бывшими аспирантами, новоиспеченными учеными, только что получившими степень, искателями приключений, готовыми последовать за Фармером и Паккардом.

Новое предприятие представляло собой компанию, которую вскоре стали называть Prediction Company («компания-предсказатель», хотя, когда они сидели в тот вечер на рыночной площади Санта-Фе, у нее еще не было никакого названия). Их целью было невозможное: предсказать конъюнктуру финансовых рынков. Если кто-нибудь и мог это сделать, так только эта группа. У Фармера и Паккарда за плечами был тридцатилетний опыт работы в нелинейном прогнозировании — разделе физики и прикладной математики, который пытался определить алгоритмы прогнозирования явлений, обладающих очевидно случайным характером. По словам Паккарда, им было необходимо увидеть порядок «на грани хаоса», небольшие временные окна, в которых хаотический процесс обладал достаточной структурированностью, чтобы предсказать, в каком направлении система пойдет дальше*. Инструменты, которыми они пользовались, были

* Выражение «грань хаоса» взято из работы Паккарда (1988 г.).

разработаны, чтобы предсказывать такие вещи, как поведение турбулентного потока в узкой трубе. Но Фармер, Паккард и полдюжины их приверженцев, которые последовали за ними в Санта-Фе, полагали, что могут предсказывать далеко не только это.

Как научный руководитель Манхэттенского проекта Дж. Роберт Оппенгеймер был, безусловно, самым главным членом семьи в Лос-Аламосе*. Но не единственным. Его младший брат Фрэнк тоже был физиком, и когда старший Оппенгеймер взял на себя работу по созданию бомбы, Фрэнк стал ему помогать сначала в лаборатории имени Лоуренса Беркли в Калифорнии, затем в Оук Ридж в Теннесси и, наконец, присоединился к брату в Нью-Мексико. Будучи на восемь лет моложе своего знаменитого брата, Фрэнк приехал в Лос-Аламос как раз вовремя, чтобы помочь ему координировать испытание ядерной бомбы, так называемый «Тринити-тест», первый в мире ядерный взрыв, который проводился в штате Нью-Мексико 16 июля 1945 года. После войны Роберт появился на обложках Time и Life. Он выступал за военную сдержанность в использовании ядерных технологий, развитию которых содействовал. Фрэнк был не настолько выдающимся, но тем не менее благодаря своим исследованиям на оборону получил работу на отделении физики в Университете Миннесоты.

В 1947 году Дж. Роберт Оппенгеймер был назначен директором Института специальных исследований в Принстоне, пожалуй, самого престижного научно-исследовательского института в мире, и вновь сформированной Комиссии по ядерной энергетике. В том же году Washington Times Herald сообщила, что с 1937 по 1939 год Фрэнк Оппенгеймер был членом Американской коммунистической партии**. 1947 год оказался неудачным для потенциального физика-ядерщика, несмотря на его страстное желание пойти по стопам брата. Он был изгнан из этой индустрии в связи с коммунистическими убеждениями. Сначала Фрэнк отвергал все обвинения, и, похоже, ему удалось не запятнать свою репутацию. Но два года спустя в обстановке массовой истерии, вызванной проведением ядерных исследований в Советском

* Подробнее о Ф. Оппенгеймере см. у Коула (2009 г.). Подробнее о Дж. Роберте Оппенгеймере см. у Берда и Шервина (2005 г.), Конанта (2005 г.) и Пэ (2006 г.), а также см. ссылки, представленные перед Манхэттенским проектом: Багготт (2009 г.), Родес (1995 г.), Джонс (1985 г.) и Грузв (1962 г.).

** Это был выпуск газеты от 12 июля 1947 года.

Союзе и нарушением правил хранения «ядерной тайны», Фрэнк вызвали в пользовавшуюся дурной славой Комиссию по расследованию антиамериканской деятельности. Он признал под присягой и в присутствии членов Конгресса, что он и его жена были членами компартии около трех с половиной лет и к политическому экстремизму их подтолкнула Великая депрессия.

Такое признание было мечтой для журналистов. Фрэнк Оппенгеймер, брат американского ученого-спасителя, — коммунист! Он не был осужден, да и не было никаких оснований полагать, что он поставил под угрозу секретные данные. Но в лихие времена разгула маккартизма, когда все были подвержены паранойе, одного предположения о том, что кто-то состоял в коммунистической партии, было достаточно, чтобы занести кого угодно в черный список, независимо от того, чьим братом он был. Фрэнк был вынужден оставить должность в Университете Миннесоты, и больше десяти лет его фактически силой заставляли не заниматься физикой. Живя на солидное наследство (к сожалению, он был вынужден продать одну из картин Ван Гога, которую получил в наследство от своего отца), они с женой купили ранчо в Колорадо и начали все заново, на этот раз в качестве фермеров и поселенцев.

И только после того, как в 1959 году маккартизм в достаточной степени стих, Фрэнк Оппенгеймер смог получить работу преподавателя физики в исследовательском университете. Даже тогда для этого потребовалась поддержка ряда лауреатов Нобелевской премии и обладателей Медали за заслуги перед отечеством в области науки. Признательный за то, что ему позволили вернуться к работе, он принял должность, предложенную ему в Университете Колорадо. Однако к этому времени наука существенно ушла вперед, и Фрэнку пришлось ограничиться тематикой, косвенно связанной с физикой, например научным просвещением.

Именно в Университете Колорадо Оппенгеймер познакомился с молодым аспирантом по имени Том Ингерсон*. Ингерсон вырос в Техасе и учился по специальности «физика» в Университете Калифорнии (Беркли). Он приехал в Колорадо работать над вопросами общей теории относительности, учения о силе тяжести, предложенной

* Рассказ об Ингерсоне, Оппенгеймере, Фармере и Паккарде взят из работ Басса (1985, 1999 г.).

Эйнштейном в 1915 году в качестве альтернативы теории Ньютона. Общая теория относительности принесла славу и богатство человеку, ее открывшему, но ее затмила новая квантовая теория, которая привлекла к себе значительно больше внимания и, как следствие, средств. Но это, похоже, не слишком беспокоило Ингерсона, парня решительного, отчаянного и независимого. Он работал над тем, над чем ему хотелось работать.

В 1964 году Ингерсон начал задумываться о том, чтобы поискать работу на отделении физики. В 1960-х годах научное сообщество представляло собой клуб однокашников в самом строгом смысле. Лучшие университеты заполняли вакансии, приглашая известных физиков из известных школ, требуя при этом рекомендации, которые в то время писались откровенно и определенно*. «Лучшие люди» из таких школ, как Принстон, Гарвард и Университет Мичигана, получали лучшие рабочие места. Менее блистательные зависели от престижа и репутации обучавшего их профессорско-преподавательского состава, хотя, конечно, и личных связей, и принципа «услуга за услугу» обычно бывало достаточно, чтобы получить работу, особенно в расцвет военно-научно-промышленной эры. Университет Колорадо не был университетом «высшего эшелона», но и его выпускник имел все основания быть уверенным в том, что получит хорошую работу. Если только, конечно, он не воспользуется рекомендацией какого-то нежелательного человека.

Ингерсон узнал об этом только много лет спустя, когда понял, что его смертный грех заключался в том, что он сказал, что поручиться за него может Фрэнк Оппенгеймер. В то время для него было загадкой, почему все сообщество физиков одинаково не интересуется его резюме. Ни один из работодателей, к которым он обратился, не отвечал ему до самого конца учебного года, он получил ответ лишь из старого Территориального педагогического колледжа Нью-Мексико, только что преобразованного в Университет западного Нью-Мексико. Так способный, независимо настроенный молодой физик оказался в Сильвер-Сити (Нью-Мексико), где стал единственным сотрудником на отделении физики местного университета.

* В качестве примера рекомендации, которую я имею в виду, см. письмо Вилера (2011 г.). Из этого письма взято выражение «лучшие люди», встречающееся в следующем предложении.

Расположившись на главном водоразделе материка, Сильвер-Сити был образцовым западным горнопромышленным городком*. Построенный на сереброрудном месторождении, он стоял в центре территории, которая традиционно являлась территорией апачей. Вести торговлю и транспортный бизнес было трудно и опасно из-за постоянных нападений местных племен (и местных бандитов). В 1873 году Билли Кид**, который на тот момент был еще подростком, поселился в Сильвер-Сити со своей матерью и братом. Именно там в 1875 году его первый раз арестовали за кражу сыра. Позднее, в том же году, он сбежал из тюрьмы Сильвер-Сити и начал новую жизнь человека вне закона, скрывающегося от местного шерифа. К моменту приезда Ингерсона времена ковбоев и индейцев миновали. Но Сильвер-Сити все еще оставался провинциальным городком. Ингерсон начал с того, что постарался найти общий язык с местными жителями.

Он добровольно вступил в местный отряд бойскаутов, которому, как он полагал, может быть полезным его преподавательский опыт. Уже на первом собрании Ингерсон познакомился с пухленьким двенадцатилетним парнишкой по имени Дойн Фармер. В Сильвер-Сити было полным-полно инженеров, которых привлекала добывающая промышленность. Но ученый был редкостью. Фармер плохо представлял, чем занимаются физики, но находил, что Ингерсон — отличный парень. И решил во время собрания, что чем бы физика ни была, если ею занимался Ингерсон, то и Фармер тоже будет ею заниматься. Он задержался после собрания, затем пошел вместе с Ингерсоном к своему дому. По пути Фармер объявил о новой, только что появившейся цели в его жизни.

Это была неожиданная дружба. Но Фармер и Ингерсон были единомышленниками, оказавшимися по разным причинам где-то далеко от мировых научных центров. Для Ингерсона Фармер был приятной переменной, талантливым учеником, готовым всерьез разговаривать на самые разнообразные научные темы. Для Фармера же

* История Сильвер-Сити взята из работы Уоллиса (2007 г.).

** Уильям Генри МакКарти (1859–1881), известен как Билли Кид (англ. Billy the Kid, дословно Малыш Билли) — американский преступник. Хотя Билли Кид не был широко известен при жизни, он превратился в легенду через год после смерти, когда его убийца, шериф Пэт Гэрретт, опубликовал сенсационную биографию преступника под названием «Истинная жизнь Билли Кида». С подачи Гэрретта Билли Кид стал одним из символов Дикого Запада. Билли Кид является героем десяти кинофильмов и нескольких книг. *Прим. ред.*

Ингерсон был настоящим источником вдохновения. Он изменил его жизнь.

Скоро Ингерсон сформировал группу, которую называл Explorer Post 114, и превратил свой дом в своеобразный клуб. Группы Explorer были дочерней структурой Бойскаутов Америки и были рассчитаны на детей старшего возраста, чтобы они учились, получая практический опыт. Фармер был первым членом группы Ингерсона, вскоре в нее вступили и другие. Группы Explorer в определенном смысле были похожи на бойскаутов. Они выезжали в лагеря и ходили в походы по пустыне, но главное внимание было сосредоточено на ремонте и создании разных вещей, таких как любительское радио или велосипеды для езды по бездорожью.

Официально, чтобы вступить в Explorer, надо было быть не младше четырнадцати лет. Но однажды в 1966 году на собрании оказался мальчик помладше. Его попросили прочитать лекцию о новой радиотехнике. В этой области он был настоящим экспертом. Хотя ему было всего двенадцать лет, остальные члены Explorer признали Нормана Паккарда своим и тут же пригласили вступить в группу как нового гуру в сфере электроники. В отличие от Фармера Паккард с раннего возраста знал, что хочет стать физиком. Казалось, он создан для этого. В конечном счете благодаря не по годам развитой эрудиции он был приглашен в группу Explorer. Паккард и Фармер быстро подружились.

Ингерсон еще два года пробыл в Сильвер-Сити, прежде чем получил работу в Университете Айдахо. Но за эти четыре года ему удалось направить в определенное русло жизнь двух ребят, которые впоследствии станут физиками мирового уровня. Когда Ингерсон уехал, Фармеру было шестнадцать лет, он учился в одиннадцатом классе школы (Паккард был на два года младше). Фармеру порядком надоело Сильвер-Сити, он желал последовать за своим другом. Поэтому он решил подать заявление в Университет Айдахо на год раньше, чем положено, прошел по конкурсу и, вместо того чтобы заканчивать школу в Сильвер-Сити, переехал в мансарду к Ингерсону в Москве (штат Айдахо) и начал карьеру физика. Однако через год пребывания в Айдахо Фармер уже был готов расширить свои «угодья». В 1970 году он перевелся в Стэнфордский университет. Верный своим амбициям, он выбрал специальность «физика», создав задел на будущую карьеру, которая навсегда изменит науку и финансы.

Идеи, лежавшие в основе работы Фармера и Паккарда, были впервые разработаны человеком по имени Эдвард Лоренц*. Когда Лоренц был маленьким мальчиком, он хотел стать математиком. У него был очевидный талант к изучению математики, и когда настало время определяться со специальностью в Дартмуте, у него не было сомнений насчет того, какой предмет выбрать. Он окончил университет в 1938 году и перешел в Гарвард, планируя учиться там в докторантуре. Но в его планы вмешалась Вторая мировая война: в 1942 году он вступил в авиакорпус армии США. Его работа заключалась в том, чтобы предсказывать погоду для пилотов союзнических сил. Лоренцу поручили эту миссию в силу его математического образования, но, по крайней мере, на тот момент математика приносила мало пользы в деле предсказания погоды. Это скорее делалось на основании интуиции, метода приблизительной оценки и просто наудачу. Лоренц же был уверен, что есть способ лучше — с использованием математики. Когда в 1946 году Лоренц ушел с военной службы, он решил продолжить работу в сфере метеорологии. Это была область, где он мог реально использовать свои знания во благо других.

Он пошел в МТИ, чтобы получить степень по метеорологии, и остался там до конца своей трудовой жизни — сначала как аспирант, затем как штатный метеоролог и, наконец, как преподаватель. Он работал над многими проблемами, но у него были некоторые необычные пристрастия. Одно из них, основанное на его армейском опыте, — интерес к составлению прогнозов. Его коллеги считали это пристрастие в лучшем случае донкихотским; слабые технологии составления прогнозов многих убедили, что это дело бессмысленное. Другая странность заключалась в том, что Лоренц думал, что компьютеры (которые в 1950-х и 1960-х годах были чуть более прогрессивными, чем арифмометры) могут быть полезны в науке, и в особенности при изучении таких сложных систем, как атмосфера. В частности, Лоренц полагал, что при наличии достаточно мощного компьютера и при проведении достаточно тщательного исследования можно разработать ряд уравнений, определяющих, как развиваются и изменяются такие вещи, как бури и ветры. Тогда можно будет использовать компьютер для решения уравнений в режиме реального времени, что

* Биографические и исторические подробности о Лоренце и история теории хаоса взяты из работ Гляйка (1987 г.) и Лоренца (1993 г.).

позволит постоянно на шаг опережать фактическую погоду и делать точные предсказания на будущее.

Ему удалось убедить в этом немногих своих коллег. В качестве попытки доказать своим коллегам-метеорологам, что он не сумасшедший, Лоренц предложил очень простую модель ветра. Эта модель походила на поведение ветра в реальности, но была очень идеализирована и содержала двенадцать правил, которые определяли, как будет дуть ветер, но без учета сезонности, смены дня и ночи, дождя. Лоренц написал программу с помощью примитивного компьютера (Royal McBee, одного из самых первых настольных компьютеров), которая должна была решать уравнения его модели и выдавать ряд цифр, соответствующих магнитуде и направлению преобладающих ветров по мере их изменения с течением времени. Это не была модель предсказания погоды; она скорее была похожа на игрушечный климат. Но этого было достаточно, чтобы убедить хотя бы некоторых из коллег, что в ней что-то есть. Аспиранты и младший преподавательский состав каждый день приходили к нему в офис, чтобы заглянуть в нереальный мир Лоренца, заключив пари, в какую сторону подует ветер в конкретный день — на юг или на север, усилится он или ослабеет.

Сначала казалось, что модель Лоренца была изящным доказательством правильности концепции. Она даже обладала некоторой (ограниченной) прогнозирующей способностью: определенные алгоритмы возникали вновь и вновь с достаточной регулярностью, чтобы работающий метеоролог мог найти схожие алгоритмы в фактических данных о погоде. Но настоящее открытие стало случайностью. Однажды, анализируя данные, Лоренц решил, что ему необходимо внимательнее изучить какой-нибудь погодный промежуток времени. Он запустил программу, вставляя в нее показатели ветра, соответствовавшие началу интересовавшего его периода. Если бы все происходило как положено, компьютер должен был бы произвести вычисления и выдать результаты, какие он уже видел ранее. Лоренц запустил компьютер и ушел на весь день.

Когда через несколько часов он вернулся, стало ясно, что что-то пошло не так. Информация на его компьютере совсем не была похожа на то, что он видел, когда запускал процесс моделирования с этими же цифрами. Он проверил введенные числовые показатели. Все было

правильно, они в точности соответствовали распечатке. Немного покопавшись в компьютере, Лоренц пришел к заключению, что тот, наверное, сломался.

И только позже он понял, что на самом деле произошло. Компьютер обладал достаточной памятью, чтобы хранить в ней одновременно шесть цифр. Мини-мир Лоренца был весь сведен в десятичный разряд из шести цифр, что-то вроде 0,452386. Но он настроил программу так, чтобы она записывала только три цифры, чтобы сэкономить место на распечатках и чтобы их было легче читать. Так, вместо 0,452386 (например) на компьютерной распечатке было 0,452. Когда же он запустил моделирование на компьютере повторно, он начал с более короткой, округленной цифры вместо шестизначной, которая полностью отражала состояние системы во время первого прогона.

Такого рода округление не должно было сыграть никакой роли. Представьте себе, что вы пытаетесь загнать мячик, играя в гольф. Лунка, в которую вы метитесь, лишь немного больше самого мячика. И все же, если вы ошибетесь хоть на сантиметр и ударите по мячику слишком сильно или слишком слабо или прицелитесь немного неточно, вы все равно будете ожидать, что мячик подкатится близко к лунке, даже если и не закатится в нее. Если вы кидаете бейсбольный мяч, вы будете ожидать, что он подлетит довольно близко к кетчеру, даже если ваша рука и не вытянется ровно настолько, насколько вам бы хотелось, и даже если пальцы слегка проскользнут по мячу. Такой физический мир: если два объекта начинают движение в более или менее одинаковом физическом состоянии, они пройдут более или менее одинаковый путь и закончат его примерно в одном месте. Мир — это упорядоченное место. Или, по крайней мере, так все думали, пока Лоренц случайно не обнаружил хаос.

Лоренц не называл это хаосом. Это слово появилось позднее, в работе двух физиков — Джеймса Йорка и Тьен-Йен Ли — под названием «Третий период подразумевает хаос»*. Лоренц называл свое открытие «сложной чувствительностью к исходным условиям», которое, хотя и значительно менее интригующе, необычайно описательно передает суть хаотического поведения. Несмотря на то что система эта была абсолютно детерминистской, полностью подчиня-

* Это статья Ли и Йорка (1975 г.).

ющейся законам погоды Лоренца, малейшие различия в состоянии системы на данный момент быстро выливались в большие различия на более позднем этапе. Это наблюдение, результат одной из самых первых компьютерных симуляций в процессе решения научной задачи, противоречило любому классическому предположению о том, как работали такие вещи, как погода. (Лоренц быстро показал, что значительно более простые системы, такие как маятники и водяные колеса, которые можно было создать в собственном подвале, тоже демонстрировали чувствительность к исходным условиям.)

К базовой идее хаоса добавился еще один неожиданный вклад Лоренца: так называемый «эффект бабочки»*. 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.)

Лоренц так и не ответил на вопрос, заданный в названии доклада, но подтекст был очевиден: небольшое изменение исходных условий может оказать серьезное влияние на дальнейшие события. Но в действительности мораль такова, что даже несмотря на то, что хаотичные системы детерминистичны (в том смысле, что бесконечно точное описание на любой момент времени может, в принципе, вести к точному прогнозу), состояние мира с такой точностью отразить невозможно. Невозможно учесть каждый взмах крыла каждой бабочки на Земле. И 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.

Фармер окончил отделение физики в Стэнфорде в 1973 году. Нельзя сказать, что учеба прошла гладко (после первого курса ему назначили академический испытательный срок по причине неуспеваемости, после чего он даже хотел бросить учебу и открыть заведение в Сан-Франциско или заняться контрабандой мотоциклов). К концу учебы

* Это работа Лоренца (2000 г.). Сам Лоренц никогда не использовал метафору бабочки, машущей крыльями, но иногда использовал аналогичную метафору с участием чайки.

в колледже, однако, Фармер собрался с мыслями и подал документы сразу в несколько аспирантур по специальности «астрофизика». Но путешествия по побережью Калифорнии было Фармеру достаточно, чтобы решить остаться в Университете Калифорнии в Санта-Круз. Паккард тем временем пошел учиться в колледж Рид в Портленде (штат Орегон), в школу, известную своим независимым духом.

Летом 1975 года, когда Паккард окончил предпоследний курс колледжа Рид, а Фармер учился на втором курсе аспирантуры, они решили попробовать себя в азартных играх. Они изучали эту идею независимо друг от друга: Фармер — читая «Все о том, как выиграть в покер» А. Х. Морхеда, а Паккард — читая «Победи крупье» Эда Торпа*. Они обладали аналитическим складом ума и презрением к любым авторитетам, и обоим определенным образом привлекали системы азартных игр. Ведь можно зарабатывать деньги не работая, по крайней мере, в случае с игрой в блэкджек. Идея была романтична. Сложность заключалась только в ее реализации.

Паккард внимательно изучил систему Торпа и с другом из колледжа Рид по имени Джек Байлс отправился в Вегас. Они внимательно следили за своими выигрышами и проигрышами. Они получали прибыль изо дня в день. Они переходили к столам, на которых были более высокие ставки по мере роста накопившегося капитала, и их прибыли становились еще выше. Но вдруг что-то произошло. Несмотря на успех, постоянно возникала черная полоса, которая снова возвращала их на ноль. В конце концов они едва смогли завершить игру безубыточно. И только в самом конце поняли, что их обманывают. За годы, прошедшие с момента, когда была впервые внедрена система карточных подсчетов Торпа, казино научились очень хорошо определять игроков, которые занимались подсчетом карт, и побеждать их, в том числе при помощи нечестной сдачи карт.

Фармер между тем выучил наизусть книгу Морхеда. Но он никогда не играл в покер до того, как прочитал ее, поэтому даже несмотря на то, что знал, что делать в каждой конкретной ситуации, он не умел тасовать карты и обращаться с фишками. Он сдавал карты как в детском саду. Но плохая техника в конечном счете играла ему на руку: за столом он выглядел простаком. Играя в залах в Миссуле под вы-

* Фармер читал Морхеда (1967 г.); Паккард читал Торпа (1966 г.).

мышленным именем «простофиля из Нью-Мексико», Фармер и его приятель из Айдахо — сообщник из схемы контрабанды мотоциклов по имени Дэн Браун — сорвали большой куш в игре против ковбоев Миссулы. Браун, более опытный игрок, который даже оплатил свою учебу в колледже, играя в азартные игры в Спокейне, восхищался невероятным успехом Фармера.

В конце лета Фармер и Паккард решили встретиться и сравнить свои заметки о мире азартных игр. У Фармера были отличные новости: играя в покер, можно получить большую прибыль. Для этого надо только играть, как описано в книге. Опыт Паккарда был менее успешным. Но вместо побед в блэкджек он принес нечто большее: новую идею для системы игры в азартные игры. Эта идея была отчасти подсказана загадочными замечаниями Торпа в конце книги, и Паккард убедил себя, что одну игру можно покорить еще эффективнее, чем блэкджек (и с меньшей вероятностью проделок со стороны казино). У Паккарда, как и у Торпа до него, появилась идея насчет рулетки.

Фармер относился к затее скептически, но Паккард настаивал и наконец убедил Фармера подумать над этим. Он, Паккард и Байлс три дня размышляли над проблемой, проводя определенные исходные расчеты и все больше увлекаясь своим проектом. К тому времени, когда Фармер должен был вернуться в Санта-Круз, троица уже решила, что они создадут компьютер, который победит рулетку.

Осенью 1975 года Фармер начинал учебу на третьем курсе аспирантуры. Предполагалось, что он окончательно выберет тему диссертации и начнет научное исследование в области астрофизики. Вместо этого он и Браун стали проводить эксперименты с колесом для рулетки, которое они купили в Рено в Paul's Gaming Devices, компании — изготовителе колес, которые использовались в Рено и Лас-Вегасе и, по слухам, были регулируемы. (Научный руководитель Фармера, Джордж Блументаль, имел успешный «игроцкий» опыт методом карточных подсчетов в Лас-Вегасе. Проект Фармера заинтересовал его, и он закрыл глаза на то, что научное исследование Фармера остановилось. На самом деле, проанализировав расчеты Фармера, он даже предположил, что в проекте игры в рулетку, возможно, таится диссертация по физике.) Тем временем Паккард и Байлс вернулись в Портленд работать над электронными часами, которые могли бы делать точные замеры пути, совершаемого шарик на колесе

рулетки. Наряду с работой над проектом игры в рулетку Паккард оканчивал колледж и подавал заявления в аспирантуру. Санта-Круз стоял первым в его списке. На этом этапе, даже несмотря на то, что Паккард знал, что еще Торп думал о том, как победить рулетку, никто в группе ничего не знал о расчетах Торпа или о компьютере, который Торп и Шеннон опробовали в Лас-Вегасе. Они изобретали колесо.

Весной 1976 года четыре азартных игрока встретились в Санта-Круз, чтобы составить план на лето. Одним из первых шагов, которые им было необходимо предпринять, было согласование названия группы. Фармер недавно, листая словарь, случайно встретил новое слово эвдемонизм (*eudaemonia* — счастье). Находясь в центре этики древнегреческого философа Аристотеля, эвдемонизм означал состояние идеального процветания человека. Группа, занимавшаяся вопросами игры в рулетку, дала себе название *Eudaemonic Enterprises* («Предприятия, ведущие к счастью»), а члены группы называли себя эвдемонами (от греческого «добрые духи»). Они арендовали на лето дом у одного преподавателя и создали там лабораторию, где занимались сборкой электроники и проведением экспериментов с колесами для рулетки. Эвдемоны самостоятельно создали такую же базовую стратегию, какую использовали Торп и Шеннон, когда два человека управляли игрой: один хронометрировал колесо, а остальные делали ставки. Наследие Ингерсона проявилось в уверенности Фармера и Паккарда, что они могли сделать все что угодно. Эвдемоны были лишь немного более зрелой версией «Эксплорер Пост 114» (позднее Ингерсон помогал группе в Вегасе, когда они пытались реализовать разработанную схему).

К первым четырем участникам вскоре присоединился еще один физик по имени Джон Бойд и друг Фармера, с которым он учился на последнем курсе, — Стив Лоутон. Лоутон был гуманитарием, специалистом по утопической литературе. Его задачей было просвещение членов группы в части политической фантастики. С самого начала группа была привержена революционному мировоззрению. С годами, по мере того как они продолжали работать над игрой в рулетку, к ним присоединялось все больше и больше людей — профессиональных игроков, физиков, программистов, утопистов. Члены группы считали себя яппи, сторонниками движения, отвергающего традиционные культурные ценности, основанного Эбби Хоффманом и другими в 1967 году с целью нарушить сложившееся в обществе

статус-кво анархическими выходками, которые они называли «Граучо марксизм». Для эвдемонов проект рулетки был способом победить президента США и отобрать у него деньги, на которые они планировали построить свою коммуны на Вашингтонском побережье.

Торпу и Шеннону никогда особо не везло с рулеткой ввиду изношенности проводов и нервов. У эвдемонов дела шли лучше, они упорно трудились над задачей почти пять лет. Не то чтобы у них не было проблем с аппаратным оборудованием. Вместо наушника, который использовал Торп, первое поколение техники эвдемонов посылало сигналы через вибрирующий магнит, прикрепленный под одеждой к туловищу игрока, делающего ставки. Однажды провода на магните Фармера стали то и дело отходить, обжигая кожу каждый раз, когда поступал сигнал. Каждые десять минут ему приходилось вскакивать от игорного стола и сообщать что-то вроде «Боже мой, я так и буду бегать сегодня!» по пути в туалет, чтобы закрепить оборудование (это продолжалось до тех пор, пока за ним не пошел распорядитель и не зашел в соседнюю кабинку, после чего Фармер решил, что на этот раз с него хватит, и покинул игровой зал). Но к лету 1978 года компьютеры уже работали достаточно хорошо, чтобы взять их с собой в Вегас и начать получать прибыль.

Между тем, по мере того как команда Eudaemonic Enterprises продолжала работать над созданием более совершенного «игрока», Фармер, Паккард и некоторые другие члены группы стали задумываться над физикой, лежащей в основе проекта. Они составили уравнения, необходимые для предсказания рулетки. Мысли о рулетке вообще возбудили у них интерес к проблеме более общего характера. Рулетка — пример динамической системы, которая демонстрирует довольно причудливое поведение. Что еще важнее, это то, что место приземления шарика зависит от исходных условий — почти как в системе погоды Лоренца*. Работая над тем, как использовать компьютеры

* Хотя и существует определенная полемика относительно того, что именно следует считать действительно хаотической системой, практически каждый согласится, что рулетка не хаотична. Причина заключается в том, что варианты остановки шарика и колеса всегда сводятся к небольшому количеству возможных конфигураций, поэтому есть смысл в том, что все исходные условия ведут к небольшому количеству возможных конечных состояний. Но существует точный математический смысл, и в этом смысле рулетка «почти» хаотична, поскольку, если не брать во внимание потерю энергии из-за таких вещей, как трение, система становится хаотичной. Подробнее о том, что означает хаотичность системы, см., например, у Строгача (1994 г.) или Гутгенхаймера и Холмса (1983 г.).

для решения дифференциальных уравнений, необходимых для предсказания поведения рулетки, Фармер и Паккард случайно оказались в авангарде новейшего исследования в теории хаоса. Научный руководитель Фармера был прав, сказав, что это целая диссертация. Но не представлял себе, что это ознаменует начало нового века физики.

В 1977 году некоторые физики, работавшие в Eudaemonic Enterprises (Фармер и Паккард наряду со студентом старшего курса по имени Джеймс Крачфилд и аспирантом Робертом Шоу), создали неофициальную научно-исследовательскую группу, которую по очереди называли то Dynamical Systems Collective, то Chaos Cabal*. Шоу отложил в сторону почти готовую диссертацию и полностью посвятил себя теории хаоса; Фармер ушел из астрофизики. К концу 1970-х годов он проделал огромную работу в области теории хаоса. Лоренц обнаружил много базовых принципов, а затем привел простые примеры хаотических систем и описал их поведение. Он был первым, кто признал, что в хаотических системах есть определенного рода порядок: если нарисовать траектории движения объектов, подчиняющихся дифференциальным уравнениям, можно увидеть, что они имеют тенденцию складываться в регулярные алгоритмы. Эти алгоритмы называются точками притяжения, потому что имеют тенденцию притягивать траектории объектов. В рулетке, например, точки притяжения соответствуют желобам колеса: какая бы ни была траектория движения шарика, рано или поздно он примет одно из положений**. Но для других систем точки притяжения могут быть значительно более сложными. Главным вкладом в изучение теории хаоса было осознание того, что если система хаотична, эти точки притяжения имеют в высшей степени замысловатую фрактальную структуру.

Но, несмотря на эти основы, сам по себе предмет изучения был все еще очень молод. Работа проводилась нерегулярно, не было никакого исследовательского центра. Обычно научно-исследовательскую работу по физике выполняют совместно несколько аспи-

* На самом деле они публиковали работы, указывая Dynamical Systems Collective как организацию, которой «официально» принадлежали: например, см. работу Паккарда и др. (1980 г.).

** Помимо работ Строгача (1994 г.) и Гуггенхаймера и Холмса (1983 г.) см. работу Мандельброта (2004b).

рантов, молодые исследователи, уже имеющие докторскую степень, и преподаватель. Но теория хаоса была настолько нова, что таких исследовательских групп еще не существовало. Вы не могли пойти в аспирантуру изучать теорию хаоса. Компания Dynamical Systems Collective была попыткой исправить положение. Некоторые представители профессорско-преподавательского состава в Санта-Круз скептически относились к этому «отступлению» от традиционной учебной практики. Но отделение физики здесь было новым и не возражало против новаторских идей, достаточное количество преподавателей разделяли мысль о том, чтобы разрешить этим первым четырем членам самостоятельно управлять написанием докторской диссертации по теории хаоса.

С самого начала, возможно, из опыта рулетки, Dynamical Systems Collective интересовали прогнозы. Это был новый способ восприятия хаотических систем, которыми интересовалось большинство людей именно потому, что они казались непредсказуемыми. Самая важная работа Collective, опубликованная в 1980 году, демонстрировала, как использовать поток данных от, скажем, датчика, помещенного в середине трубы, по которой течет вода, чтобы воспроизвести, какой должна быть точка притяжения этой системы*. И когда у вас уже была точка притяжения — важная составляющая в понимании того, как хаотическая система будет вести себя с течением времени, — вы могли начинать делать определенные прогнозы. Раньше точки притяжения воспринимались как теоретический инструмент, как нечто, что можно получить, только решив уравнения. Паккард, Фармер, Шоу и Крачфилд показали, что на самом деле эту важную особенность можно постигнуть эмпирически, понаблюдав за тем, как фактически ведет себя система.

Dynamical Systems Collective просуществовала четыре года, за которые судьбоносно продвинулась в изучении теории хаоса. Ей удалось превратить годы размышлений о рулетке в науку, заслуживающую уважения. Но эвдемоны не могли вечно оставаться в аспирантуре. Фармер закончил учебу в 1981 году и сразу уехал в Лос-Аламос. Паккард уехал в следующем году во Францию. Обоим было около тридцати лет, когда они ушли из высшей школы. Eudaemonic Enterprises

* Это «Геометрия из временных рядов» (Паккард и др., 1980 г.).

зарабатывала деньги на игре в рулетку, но в конечном счете это было сборище единомышленников, а не способ зарабатывания на жизнь.

То, что Фармер и Паккард, чьи диссертации были посвящены хаосу, получили работу в науке в начале 1980-х годов, когда мало кто из физиков знал, о чем вообще было новое учение о динамических системах, а еще меньшее количество физиков признавало его как нечто стоящее, было чудом. Лос-Аламос, как и Санта-Круз, намного опережал время. Фармеру повезло, что он оказался в центре научных исследований в новой области. (Паккарду тоже повезло. После года работы во Франции он получил должности в Институте специальных исследований в Принстоне и в Центре исследования комплексных систем в Университете Иллинойса — двух центрах исследования комплексных систем.) Еще лучше сложилась судьба Фармера в 1984 году, когда группа старших научных сотрудников лаборатории открыла новый научно-исследовательский центр по изучению комплексных систем, включая хаос, — Институт Санта-Фе. Физика играла центральную роль в исследованиях института, но сам центр был задуман, в сущности, как междисциплинарный. Комплексные системы и хаос — тема, актуальная для физики, метеорологии, биологии, информатики, а также, как вскоре поняли исследователи, для экономики.

Одной из тем, характерных для большей части исследований по комплексности и хаосу в начале 1980-х годов, была идея о том, что простые крупномасштабные процессы могут возникать из лежащих в их основе процессов, которые, вероятно, не обладают похожей структурой. Возьмем пример из физики атмосферы. Представим, что атмосфера в самом маленьком масштабе состоит из сгустка газообразных частиц, хаотично движущихся в небе. Но когда одна частица отступает от этого движения, каким-то образом образуются ураганы. Аналогичное явление происходит в биологии. Кажется, что модель поведения отдельных муравьев предельно проста. Они добывают еду, ходят по феромоновым тропам, строят муравейники. Однако если взять эти простые действия в совокупности, они формируют колонию, нечто, что оказывается скорее суммой частей. В целом колония муравьев, оказывается, даже может адаптироваться к изменениям окружающей среды или смерти отдельных муравьев. Как только эти идеи возникли в Санта-Фе, было совершенно естест-

венно задать вопрос, можно ли экономику стран и конъюнктуру рынков тоже воспринимать как совместные действия отдельных людей.

В 1986 году в Институте Санта-Фе была проведена первая конференция по экономике под названием «Международные финансы как комплексная система»*. Фармер, который на этот момент был научным руководителем исследовательской группы в Лос-Аламосе, занимавшейся изучением комплексных систем, был одним из небольшой группы ученых, которых попросили выступить. Это был его первый контакт с экономикой. Другие докладчики были представителями банков и бизнес-школ. Банкиры вставали и объясняли сущность своих моделей группе ошеломленных ученых, которые находили финансовые модели почти по-детски простыми. При этом банкиры уходили, думая, что услышали в выступлениях ученых сирену из будущего, хотя практически не имели представления о том, что говорилось. В возбуждении они просили институт принять следующую конференцию и пригласить разных знаменитостей с отделений экономики лучших университетов.

Идея, стоявшая за второй конференцией, заключалась в том, что даже если финансисты могли следить за последними достижениями в области физики и информатики, то и профессиональным экономистам это, конечно же, под силу. К сожалению, не все пошло по плану. Фармер и Паккард выступили, как и другие исследователи из Института Санта-Фе. Экономисты тоже выступили. Но обмен информацией не очень-то получился. Две группы участников пришли из двух радикально отличных друг от друга культур и слишком много вещей считали не требующими доказательства. Физики полагали, что экономисты все делают слишком просто. Экономисты считали, что физики говорят глупости. Великий синтез дисциплин так и не произошел.

Несмотря на неудачу, институт предпринял третью попытку в феврале 1991 года. Однако на этот раз экономисты не приехали. Вместо них институт пригласил практиков из банков и инвестиционных компаний, которые фактически управляли мировыми финансовыми рынками. Тон конференции был намного более практичным и сосредоточенным на том, как создавать модели, тестировать их

* Материалы этих конференций публиковались: Андерсон и др. (1988 г.), Артур и др. (1997 г.) и Блюм (2006 г.).

и использовать в целях развития торговых стратегий. Трейдеры оказались менее настороженными, чем экономисты, и к концу конференции каждая группа смогла оценить то, что предлагала другая. Фармер и Паккард, в частности, ушли с конференции с уже более четким пониманием того, как работает практическая стратегия биржевых операций. Они ушли, убежденные в том, что могли бы заниматься этим делом лучше трейдеров. Через месяц они передали уведомления об увольнении своим работодателям. Пора было вступить в борьбу.

Создать компанию — это не то же, что создать радио или мотоциклетный двигатель, или даже компьютер, который победит рулетку. Но многие навыки, необходимые для одного, оказываются полезными и для другого: умение увидеть, как по-новому сложить все воедино; терпение при выполнении мелких работ, пока вся система не заработает; неослабевающая настойчивость. Процесс создания чего-то нового — затягивающий процесс, и поэтому многие предприниматели — инженеры или ученые.

Сильная склонность к антиистэблишментаризму тоже мотивировала Фармера и Паккарда потянуться обратно в те дни, когда они были эвдемонами. Новая компания не была предназначена для того, чтобы стать первым шагом в мир финансов. Она была частью плана коренного его изменения, плана взять все ценное от Уолл-стрит, просто немного перехитрив ее, оказавшись немного коварнее, чем сотрудники спецслужб. Эта компания была создана примерно в том же духе, что и рулеточный проект, — приключение яппи и возврат к культуре чистых исследований без правил. На первое официальное собрание новой компании, состоявшееся в марте 1991 года, Фармер надел футболку с надписью «СЪЕШЬ БОГАТЫХ».

Здесь на карту ставилось больше, чем в рулетке. Фармер и Паккард хотели, чтобы проект работал, и были готовы рассмотреть возможность того, что им может пригодиться настоящая деловая хватка. Поэтому третьим партнером они взяли Джима Макгилла, бывшего физика, который стал бизнесменом. В 1978 году Макгилл основал компанию под названием Digital Sound Corp., которая специализировалась на видах микрочипов, необходимых для обработки информации, поступающей от электромузыкальных инструментов и микрофонов, а затем позднее открыл отделение устройств голосовой почты. Макгилл был, по крайней мере номинально, руководителем

Prediction Company, человеком, имевшим деловой вид в их компании, где все ходили в джинсах и другой одежде фирмы Birkenstock. Фармер и Паккард прекрасно представляли себе, что они будут делать, скажем, с сотней миллионов долларов капитала. Задачей Макгилла было найти кого-нибудь, кто даст им эту сотню миллионов. Макгилл — это связующее звено между Prediction Company и Eudaemonic Enterprises.

Быстро обнаружилось, что найти будущих инвесторов не так трудно, как учредители себе представляли. Фармер и Паккард завоевали репутацию в дни экономических конференций в Институте Санта-Фе. Когда поползли слухи о том, что Фармер и Паккард уходят из научного сообщества завоевывать Уолл-стрит, некоторые влиятельные люди обратили на это внимание. Фармеру пришлось купить костюм, чтобы выглядеть презентабельно на встречах в таких местах, как Bank of America и Salomon Brothers. После того как журнал The New York Times опубликовал статью под названием «Определение новых оракул, на которые перекуют старые мечи», дела пошли еще лучше*. Статья рассказывала, как физики, которых после Второй мировой войны в значительной степени поглотил военно-промышленный комплекс, расширяли бизнес по мере завершения холодной войны. Статья, в первом эшелоне которой была Prediction Company, — идеальное сопутствующее мероприятие, учитывая историю Фармера в Лос-Аламосе. После ее выхода в свет начались звонки от сотни поклонников — от богатых нефтяников до банков с Уолл-стрит.

Сложность заключалась не в том, чтобы достать деньги. Сложность заключалась в том, чего хотели потенциальные инвесторы взамен. Некоторые из учреждений на Уолл-стрит были в восторге от мысли образовать хедж-фонды на базе идей Prediction Company. Но Фармеру и Паккарду не нравилась затея с путешествиями по стране в целях мобилизации капитала, чем им потребовалось бы заняться, если бы они решили управлять хедж-фондом. В идеале им был нужен стартовый капитал, чтобы они могли сосредоточиться на развитии науки. Другие компании готовы были сразу же купить Prediction Company. Эта идея казалась людям, которые только что решили начать собственный бизнес, такой же непривлекательной. Некоторые компании были готовы разместить капитал в обмен на часть дохода, при этом

* Это статья Брода (1992 г.).

они хотели больше, чем просто доход на инвестированный капитал. Например, Дэвид Шоу, бывший преподаватель информатики в Колумбийском университете, который в 1988 году открыл собственный хедж-фонд D. E. Shaw & Co., хотел владеть интеллектуальной собственностью компании в обмен на стартовый капитал, которого бы хватило на несколько лет работы.

Многие из предложений были привлекательными. Но Фармер и Паккард продолжали сопротивляться. Все казалось неподходящим. К сожалению, они не могли постоянно управлять инвестиционной фирмой за счет личных расчетных счетов. По мере приближения в марте 1992 года окончания первого года существования компании было необходимо заключить подходящую сделку.

Было искушение сказать, что Фармер, Паккард и участники Prediction Company использовали теорию хаоса, чтобы прогнозировать рынки, или что-то в этом роде. Их предприятие обычно характеризуется именно так*. Но это не совсем верно. Фармер и Паккард не использовали теорию хаоса, как ее использовал бы метеоролог или физик**. Они не предпринимали, например, попыток найти фрактальную геометрию, лежащую в основе рынков, или вывести детерминированные законы, управляющие финансовыми системами.

Пятнадцать лет, которые Фармер и Паккард провели в работе над теорией хаоса, дали им беспрецедентные (по стандартам 1991 года) знания о работе комплексных систем и возможности использовать компьютеры и математику таким образом, как человек с экономическим образованием (или даже с образованием в большинстве областей физики) никогда бы не представил себе возможным. Опыт в области теории хаоса помог им понять, как обычные алгоритмы (алгоритмы с реальной способностью прогнозирования) могут маскироваться под внешней случайностью. Их опыт также показал, как применять правильные статистические оценки для выявления действительно

* Это впечатление, конечно, возникает при чтении Басса (1999 г.); аналогично Брод (1992 г.) пишет, что Фармер и Паккард являются «частными предпринимателями, которые используют достижения мирового класса в области теории хаоса, чтобы предсказывать подъем и падение акций и облигаций».

** Этот раздел, в частности, основан на интервью с Фармером. Самое похожее произведение тех дней, когда Фармер и Паккард были физиками, которое было полезно на заре их карьеры в Prediction Company, — это работа, которую можно найти у Фармера и Сидоровича (1987 г.), в которой они представляют метод краткосрочного прогнозирования на основании определенной алгоритмической аппроксимации.

прогнозных алгоритмов, как тестировать данные с помощью моделей конъюнктуры рынка и, наконец, как определить, что эти модели уже больше не выполняют свою функцию. Они свободно оперировали статистическими свойствами распределений с «толстыми хвостами» и «дикой» случайностью, характерными для комплексных систем как в случае с физикой, так и в случае с финансовыми рынками. Это означало, что они могли бы легко применять некоторые идеи Мандельброта в части управления рисками таким образом, каким люди, получившие более традиционную подготовку в сфере экономики, не смогли бы.

Что же касается Prediction Company, то рынки могли быть хаотическими, а могли и не быть. Случайность в поведении рынка может быть разной степени. Рынками могут управлять простые или необычайно сложные законы, или законы, которые меняются так быстро, что их могло бы и вовсе не быть. Что же делали «Предсказатели»? Они скорее пытались извлечь небольшие порции информации из огромного количества шума. Это был поиск таких же закономерностей, какие ищет множество инвесторов: как рынки реагируют на те или иные экономические новости: процентные ставки или показатели занятости; как изменения на одном рынке заявляют о себе на других; как связаны между собой финансовые результаты различных отраслей.

Одна из используемых ими стратегий называлась «статистический арбитраж», когда ставят на определенные статистические свойства акций, которые имеют тенденцию возвращаться, даже если они резко исчезают. Классический пример — это торговля парами*. Торговля парами работает, если вы сделали наблюдение, что цены на акции некоторых компаний обычно тесно связаны. Рассмотрим Pepsi и Coca-Cola. Практически любая новость, которая не имеет прямого отношения к компании, может оказать влияние на продукты Pepsi точно так же, как на продукты Coca-Cola, что означает, что цены на эти акции обычно повторяют друг друга. Но изменение цен акций в этих двух компаниях не всегда возникает одновременно, иногда цены выбиваются из ряда по сравнению с их долгосрочным поведением. Если Pepsi немного поднимется, а Coca-Cola нет, нарушив

* Подробнее об истории статистического арбитража см. у Букстейбера (2007 г.). Эд Торп тоже играл важную роль в развитии этой идеи на раннем этапе; подробнее о его вкладе см. в работе Торпа (2004 г.).

обычное соотношение, покупайте Coca-Cola и продавайте Pepsi, потому что у вас есть все основания полагать, что цены на эти два продукта скоро вернуться на прежний уровень. Фармер и Паккард не стали торговать парами (пионерами в сфере торговли парами были в 1980-х годах в Morgan Stanley астрофизик Нунцио Тарталья и специалист в области информатики Джерри Бамбергер), они выявили и протестировали статистическую зависимость, лежащую в основе этой стратегии, которую подняли на новый уровень жесткости и сложности.

Эта сложность представляла собой набор инструментов, которыми Фармер и Паккард как физики успешно владели. Паккард был на переднем крае исследований разнообразных компьютерных программ, известных как «генетические алгоритмы» (алгоритм — это набор инструкций, который можно использовать, чтобы решить конкретную задачу)*. Представьте себе, что вы хотите определить идеальные условия, при которых надо проводить определенный эксперимент. Традиционный подход может подразумевать длительный поиск идеального ответа. Это будет лобовая атака. С другой стороны, генетические алгоритмы подходят к решению таких задач косвенно. Вы начинаете с множества возможных решений, с огромного разнообразия возможных экспериментальных конфигураций, которые, скажем, конкурируют друг с другом, как животные, соперничающие за ресурсы. Наиболее успешные из возможных решений затем разбиваются на составные части и перекомпоновываются по-другому, чтобы создать второе поколение решений, которым опять дается возможность конкурировать. И так далее. Это — естественный отбор по принципу «выживает сильнейший», где сила определяется по определенному стандарту оптимальности: например, насколько хорошо пойдет эксперимент при определенном наборе условий. Оказывается, во многих случаях генетические алгоритмы очень быстро находят оптимальные или почти оптимальные решения сложных физических задач.

Физики вообще, а Фармер и Паккард в особенности, разработали множество алгоритмов оптимизации, которые разными средствами добиваются одной цели, как и генетические алгоритмы — разных алгоритмов, тщательно приспособленных для решения конкретных задач. Эти алгоритмы ищут стандартные модели: они «прочесывают»

* Подробнее о генетических алгоритмах см., например, у Митчелл (1998 г.). Вклад Паккарда на раннем этапе см. в его работах 1988 и 1990 г.

данные, тестируют одновременно миллионы моделей, чтобы отыскать прогнозные сигналы.

В задачах по физике нет ничего особенного в части алгоритмов. Они могут применяться к любому количеству разнообразных областей, включая финансы. Представьте себе, что вы обнаружили какое-то странное статистическое поведение, связанное с валютным рынком японской иены и рынком рисовых фьючерсов. Может показаться, что достаточно обратить внимание на то, что если иена идет вверх, то и цены рисовых фьючерсов тоже идут вверх. Тогда вы будете покупать рисовые фьючерсы каждый раз, когда заметите, что иена растет. Или еще представьте себе, что у вас есть идея относительно возможной торговли парами, такими как в случае с Pepsi и Coca-Cola.

Заметьте, что в этих случаях основная стратегия ясна. Но также существуют и разного рода возможности, совместимые с этой базовой стратегией. Чтобы абсолютно научно подойти к этому вопросу, необходимо определить, насколько тесно взаимосвязаны эти две цены и меняется ли степень взаимозависимости от других условий рынка. Также надо подумать и над тем, сколько риса купить и когда именно совершить покупку, чтобы быть максимально уверенным в том, что иена действительно растет. Но если попытаться найти способ соотнести все эти переменные оптимальным образом с нуля, это будет очень сложный процесс, отнимающий массу времени, и у вас не будет уверенности в том, что вы все сделали верно. А тем временем будет упущена возможность. Если же использовать генетический алгоритм, можно дать тысячам тесно связанных моделей и торговых стратегий, основанных на предполагаемой связи между иеной и рисом, конкурировать друг с другом. Вскоре вы остановитесь на оптимальной или почти оптимальной стратегии. Это — разновидность прогнозирования, но она не требует от вас полного описания рынков, основанного на теории хаоса.

Другая идея Prediction Company — использовать одновременно много различных моделей, каждая из которых основана на разных упрощенных допущениях о статистических свойствах разных активов. Фармер и Паккард разработали алгоритмы, позволяющие разным моделям «голосовать» за сделки, а затем приняли стратегию, согласно которой сделка имеет право на существование только в том случае, если модели могли прийти к консенсусу. Голосование может

казаться чем-то непохожим на физику, но идея, лежащая в основе, пришла из комплексных систем. Позволив многим разным моделям голосовать, можно определить, какие торговые стратегии обоснованы в том смысле, что они не реагируют на особые детали какой-то конкретной модели. Между поиском обоснованной стратегии и поиском точек притяжения в комплексной системе существует тесная взаимосвязь, поскольку точки притяжения не зависят от исходных условий.

Такого рода моделирование, когда для определения оптимальной стратегии используются алгоритмические методы, часто называют в финансовом секторе «моделированием методом черного ящика». Модели «черного ящика» очень отличаются от таких моделей, как модель Блэка—Шоулза и ее предшественников, чьи внутренние механизмы не только прозрачны, но и зачастую дают глубокое понимание того, почему эти модели работают. Модели «черного ящика» значительно более непрозрачны и, как результат, часто более пугающие, особенно для людей, которые не понимают, откуда они происходят и почему им надо доверять. Модели «черного ящика» периодически использовались и до появления Prediction Company, но Prediction Company была одной из первых компаний, построивших всю бизнес-модель на их основе. Это было абсолютно новое восприятие биржевой торговли.

Почти год существования новой компании старшие партнеры ничего не зарабатывали. Инвестиционная компания должна что-то инвестировать. Фармер, Паккард и Макгилл пока могли только работать, не принося домой зарплаты, и, что еще хуже, они восемь месяцев финансировали команду аспирантов и хакеров из собственного кармана, поскольку в июле 1991 года все они поселились в офисе на Гриффин-стрит. Время привередничества заканчивалось. Партнеры знали, что они не хотят так быстро продавать компанию, но идея стать чьим-либо хедж-фондом начинала им казаться привлекательной. По крайней мере, у них будет капитал, и они будут (более или менее) независимыми. Они провели месяцы собеседований с потенциальными партнерами, и на тот момент трудно было представить себе иное решение.

А затем, в начале марта 1992 года, случилось чудо. Фармера пригласили сделать доклад на ежегодной компьютерной конференции.

Он нехотя согласился принять участие — только потому, что там будут инвесторы из Кремниевой долины и, возможно, они захотят предложить ему какое-то безвозмездное финансирование без каких бы то ни было обязательств. Он сделал доклад о роли компьютеров в прогнозировании, который вызвал массу вопросов. Потом, пока он собирал свои слайды, к нему подошел мужчина в костюме. Он представился Крейгом Хеймарком, партнером в O'Connor and Associates, фирме, которая заработала свое первое состояние, успешно видоизменив уравнение Блэка—Шоулза с учетом распределений с «толстыми хвостами». Фирмой руководили Майкл Гринбаум и Клэй Струве. К 1991 году это был один из крупнейших участников товарного рынка в Чикаго, основным направлением деятельности которого была биржевая торговля наукоемкими деривативами. В штате компании было шестьсот сотрудников, она управляла миллиардами долларов. O'Connor не использовала нелинейное прогнозирование, а Prediction Company не интересовали деривативы. Но тем не менее в O'Connor and Associates работал как раз тот тип людей, который интересовал «Предсказателей». Одним из последних кадровых приобретений O'Connor был университетский друг и коллега Фармера и Паккарда по научно-исследовательской работе.

Вскоре после того, как Фармер и Хеймарк познакомились, Фармеру позвонил другой партнер O'Connor — Дэвид Вейнбергер. Вейнбергер был одним из первых квантов, который оставил в 1976 году преподавательскую работу на отделении научной организации управления производством (по сути, направление прикладной математики) в Йеле и пошел работать в Goldman Sachs еще до приезда Блэка. Он перешел в O'Connor в 1983 году, чтобы помочь этой компании разработать новую стратегию, когда все больше компаний переходили на сторону Блэка—Шоулза. Даже в 1991 году он был одним из немногих людей в отрасли, которые обладали достаточными полномочиями, чтобы заключать сделки, и при этом говорили на языке ученых, языке управляющих Prediction Company. В пятницу во второй половине дня он прилетел из Чикаго. Утром в субботу он уже сидел в офисе на Гриффин-стрит.

O'Connor оказалась как раз такой фирмой, с которой Prediction Company хотела работать, по большей части потому, что люди, работавшие в O'Connor, понимали, что Фармер и Паккард достаточно

успешны, и могли оценить ее по достоинству. В соответствии с договором, который они в конечном счете обсудили, Prediction Company сохраняла независимость. O'Connor вкладывала инвестиционный капитал в обмен на большую часть дохода; она также предоставляла Prediction Company средства, которые ей были необходимы для выплаты зарплат и покупки оборудования.

Сделка с O'Connor на тот момент казалась безупречной. Но она оказалась еще лучше, чем надеялись учредители Prediction Company. Когда O'Connor пришла к дверям Prediction Company, она уже состояла в длительных партнерских отношениях с Swiss Bank Corporation (SBC)*, швейцарским банком с полуторавековой историей. И вот в 1992 году, когда еще чернила не просохли на договоре между O'Connor и Prediction Company, SBC объявил о своем намерении приобрести O'Connor в стопроцентную собственность. Prediction Company оказалась в партнерстве со своими единомышленниками в O'Connor, финансируемом из значительно более солидных источников SBC. Вейнбергер получил позицию топ-менеджера в SBC и продолжил исполнять роль главного связующего звена с Prediction Company. Это была идеальная схема. «Предсказатели» добились своего.

В 1998 году SBC осуществил сделку по слиянию с еще более крупным банком, Union Bank of Switzerland, и образовался один из крупнейших банков в мире — UBS. Невзирая на разницу в масштабах, большинство руководящих должностей в UBS перешли тем не менее бывшим менеджерам SBC, и отношения с Prediction Company сохранились.

Prediction Company, следуя традиции O'Connor, которая была скрытной высокотехнологичной фирмой, ни разу не предала гласности количественные показатели своего успеха, и ни один из бывших представителей руководства или членов правления, с которыми мне удалось поговорить, не был уполномочен делиться на этот счет какой-либо конкретной информацией. Это может показаться подозрительным. В конце концов, если вы успешны, почему это надо скрывать? Но в данном случае происходит все как раз наоборот: на Уолл-стрит успех порождает имитацию, и чем больше фирм реализуют какую-то стратегию, тем менее выгодно это для всех. Однако имеются опреде-

* Швейцарская банковская корпорация. *Прим. пер.*

ленные признаки того, что Prediction Company крайне успешна. Как указал один из бывших членов правления, с которым я имел разговор, она до сих пор является действующей дочерней компанией UBS, хотя прошло уже более десяти лет. Еще один хорошо осведомленный источник сказал мне, что за первые пятнадцать лет существования фирмы ее доходность с учетом риска была почти в сто раз выше, чем доход S&P 500 за аналогичный период*.

Фармер проработал в фирме около десяти лет, прежде чем страсть к исследованиям снова переманила его в научное сообщество. В 1999 году он занял должность штатного научного работника в Институте Санта-Фе. Паккард проработал в компании на несколько лет дольше в должности руководителя до тех пор, пока в 2003 году не ушел, чтобы создать новую компанию под названием ProtoLife. К моменту, ухода из компании они дали ясно понять: владения статистикой и творческого использования средств физики вполне достаточно, чтобы победить человека, облеченного властью. Настало время заняться другими проблемами.

Модели «черного ящика» и в более широком смысле «алгоритмическая торговля» стали вызывать сильную критику в период финансового кризиса 2007–2008 годов. Негативные отзывы в печати не были незаслуженными. Модели «черного ящика» часто работают, но по определению невозможно точно сказать, почему они работают, или полностью предсказать, когда они дадут сбой. Это означает, что создатели модели «черного ящика» лишены такой роскоши, как возможность угадать, когда предусмотренные их моделями допущения окажутся неверными. Вместо такого рода теоретической гарантии надежность модели «черного ящика» должна постоянно тестироваться статистическими методами, чтобы определить степень, до которой они должны продолжать делать то, для чего они предназначены. По этой причине они могут казаться рискованными, и в некоторых случаях, если они используются неразумно, они действительно рискованные. Их легко неправильно использовать, поскольку любой может убедить себя в том, что модель, которая работала раньше — это что-то вроде волшебной палочки, которая будет работать всегда, что бы ни случилось.

* В частности, этот человек сказал мне, что коэффициент Шарпа компании был 3.

Однако в конце концов, данные сильнее теории. Это означает, что, какой бы хорошей ни была теоретическая база, подведенная под вашу модель (не модель «черного ящика»), в конечном счете вы должны оценить ее на основании того, какие она дает результаты. Даже самые прозрачные модели должны постоянно тестироваться точно такими же статистическими методами, которые используются для оценки модели «черного ящика». Самый яркий пример этого можно найти, посмотрев на то, как модель Блэка—Шоулза не учла «улыбку волатильности» после краха 1987 года. Теоретическая база под любой моделью может оказаться палкой о двух концах: с одной стороны, она может помочь направить практиков, пытающихся понять пределы возможностей модели; с другой стороны, она может внушить вам чувство ложной уверенности в том, что модель должна быть правильной, потому что у вас имеется определенное теоретическое ее обоснование. К сожалению, наука таким образом не работает. И с этой точки зрения модели «черного ящика» имеют преимущество над другими, более теоретически прозрачными моделями, потому что вас, по существу, вынуждают оценить их эффективность, исходя из их фактического успеха, а не из предположений о том, что должно быть успешным.

Больше, чем непрозрачность модели «черного ящика», волнует другой момент. Все физики, чью работу я до сих пор обсуждал, от Башелье до Блэка, утверждали, что рынки непредсказуемы. Чисто случайны. Единственные споры, которые возникают, касаются характера случайности и того, достаточно ли они стабильны, чтобы отражаться в виде нормального распределения. За годы, прошедшие с момента, когда об этом впервые заявили Башелье и Осборн, идея о том, что рынки непредсказуемы, была возведена в ранг основного принципа традиционной теории финансов под эгидой гипотезы об эффективности рынка.

И все же Prediction Company, как и сотни других, появившихся впоследствии торговых групп, использующих модель «черного ящика», заявляет о том, что она предсказывает конъюнктуру рынка на короткую перспективу и при особых обстоятельствах. Prediction Company, по крайней мере, никогда не работала с деривативами. Ее модели пытались прямо предсказывать, как будут вести себя рынки, таким способом, каким, по предположениям многих экономистов

(и множества инвесторов), это предсказать невозможно. Тем не менее они имели успех.

К успеху компании вполне разумно относиться скептически. Инвестирование часто сводится к удаче. То что рынки случайны, не просто общепринятая на отделениях экономики точка зрения. Есть невероятное количество статистических данных в ее поддержку. Опять же, возможно, идея о том, что рынки случайны, потому что эффективны (в том смысле, что рыночные цены быстро меняются с учетом всей имеющейся информации об ожидаемом поведении акции), не обязательно противоречит успеху Prediction Company. Это звучит парадоксально. Но подумайте об основаниях гипотезы об эффективности рынка. Стандартный аргумент звучит приблизительно так: представьте себе, что есть способ обойти рынки; то есть какой-то надежный способ предсказать, как будут меняться цены с течением времени. Инвесторы сразу попытались бы извлечь выгоду из этой информации. Если рынки всегда в последнюю неделю мая находятся на высокой точке в конкретном месте, или если они всегда проседают по понедельникам после победы команды Giants, то, как только этот алгоритм будет замечен, квалифицированные инвесторы начнут продавать акции в конце мая и покупать акции, как только выиграет команда Giants. Будьте уверены, каждый раз, когда экономист находит аномальный алгоритм в поведении рынка, он производит коррекцию еще до того, как можно будет провести следующее исследование, чтобы подтвердить его.

Вполне справедливо. Такого рода рассуждения могут заставить вас подумать, что даже если рынки выйдут каким-то образом из строя, существуют внутренние процессы, которые быстро помогут им войти в привычную колею. (Безусловно, одна из основных причин, почему считают, что гипотеза об эффективности рынка очень несовершенна, заключается в очевидном присутствии спекулятивных «пузырей» и дефолтов. Поддаются ли прогнозу такого рода широкомасштабные аномалии, когда кажется, что цены «срываются с цепи», — это тема следующей главы. Сейчас речь идет о менее масштабных отклонениях от идеальной эффективности, если представить, что таковая существует.) Но в чем заключаются эти внутренние процессы? Они предполагают действия так называемых квалифицированных инвесторов, людей, которые быстро выявляют определенные алгоритмы,

а затем принимают торговую стратегию, предназначенную для эксплуатации этих алгоритмов. Эти квалифицированные инвесторы как раз и делают рынки случайными, по крайней мере, такова стандартная позиция. Но они делают их случайными, правильно выявляя прогнозные алгоритмы, когда они возникают. Такие алгоритмы могут быстро исчезать. Но если вы окажетесь первым, кто заметит этот алгоритм, утверждение о саморегулирующихся рынках не работает.

О чем это говорит? Это говорит о том, что даже если вы будете все-речь придерживаться стандартной позиции в отношении эффективности рынков, у квалифицированных инвесторов все равно останется шанс получить прибыль. Просто вы должны быть самым квалифицированным инвестором, инвестором, который лучше всех приспособился к рыночным алгоритмам, инвестором, который лучше всех вооружен, чтобы найти способы превратить алгоритмы в прибыль. И в решении этой задачи огромную помощь окажут несколько десятилетий опыта извлечения информации из хаотических систем, плюс помещение, полное суперкомпьютеров. Другими словами, Prediction Company добилась успеха, поняв, как становиться самым квалифицированным инвестором как можно чаще.

Безусловно, не каждый верит в идею об эффективности рынков. Фармер, например, часто критикует идею о том, что рынки непредсказуемы, и у него есть на то все основания, поскольку он сделал состояние, предсказывая рынки. Аналогично «дикая» случайность может говорить о том, что в ее основе лежит хаос. Это, возможно, как ни странно, указывает на то, что часто там достаточно структур, чтобы сделать полезные предсказания. Поэтому независимо от того, как вы смотрите на рынки, там всегда есть место «Предсказателям». Поэтому неудивительно, что толпы инвесторов пошли по первопроходческим стопам Фармера и Паккарда. За двадцать лет, прошедших с момента, когда первые компьютеры были доставлены к дверям офиса на Гриффин-стрит, 123, модели «черного ящика» прижились на Уолл-стрит. Они являются главным инструментом квантовых хедж-фондов от D. E. Shaw до Citadel. Бизнес предсказаний стал индустрией.

Глава 7

Тирания Короля-дракона

Дидье Сорнетт опять посмотрел на данные*. Он задумчиво потер лоб. Алгоритм был очевиден. Что-то вот-вот произойдет — что-то большое. Он был уверен, даже несмотря на то что предсказывать такие вещи было откровенно трудно. Он откинулся назад и посмотрел в окно своего кабинета в Университете Калифорнии на факультете геофизики в Лос-Анджелесе. Такая вибрация может привести к значительным последствиям. Однако вопрос заключался в том, что с этим делать. Написать предостережение? Ему кто-нибудь поверит? И даже если поверит, то что можно сделать?

Был конец лета 1997 года. Сорнетт работал над своей теорией уже годы, хотя идея о том, чтобы применить ее в современном контексте, была не нова. И все же у него было достаточно времени, чтобы протестировать ее с помощью исторических данных. Каждый раз перед крупным событием он наблюдал характерный алгоритм. Он был похож на волнистую линию, но колебания со временем становились быстрее и быстрее, вершины сдвигались все ближе и ближе друг к другу, как будто стремились собраться в одной точке. Критической точке. Сорнетт обнаружил (и теоретически, и экспериментально), что эти алгоритмы должны быть достаточно устойчивыми, чтобы на их основании делать прогнозы, планировать, когда наступит критическая точка. Везде появлялся один и тот же алгоритм: перед землетрясениями,

* Вступительный рассказ, который проходит через всю главу, драматизирует события, но основные детали верны. В конце лета 1997 года Сорнетт заметил алгоритм в финансовых данных США, который, как он утверждал ранее, можно было использовать, чтобы предсказать финансовый крах; он обратился к своим коллегам Оливье Ледуа и Андерсу Йохансену и рассказал историю, как здесь и описано. Эта история кратко рассказана, например, у Чапмана (1998 г.), а также упомянута у Сорнетта (2003 г.); дополнительные подробности взяты из интервью и обширной электронной переписки с Сорнеттом. В общем, биографический материал о Сорнетте основан на этом интервью и на рассказе Сорнетта о том, как он заинтересовался финансами (2003 г.). Сорнетт любезно прочитал более ранний вариант этой главы и дал полезные комментарии, чтобы сделать ее понятнее и точнее.

перед лавинами, перед взрывами определенного рода материалов. Но на этот раз было по-другому. На этот раз Сорнетт фактически увидел алгоритм заранее. В этом заключалась разница между пониманием того, что есть возможность предсказать (попытка с нулевым риском), и фактическим предсказанием. Сорнетт был уверен. Он был готов сделать ставку на это.

Он взял трубку и позвонил своему коллеге Оливье Ледуа. Ледуа был молодым преподавателем в аспирантуре Школы управления Андерсона в Университете Калифорнии. Сорнетт рассказал своему другу, что он обнаружил. Данные говорили о том, что приближается какое-то критическое событие. Возможно, чрезвычайно важное, которое сотрясет Землю, но не геологическое. Этим событием будет, возможно, драматический крах мировых финансовых рынков. Сорнетт мог даже сказать, когда это произойдет. По его расчетам — в конце октября, осталось буквально несколько месяцев.

Сорнетт трудился в сфере финансов уже несколько лет, но, несмотря на это, он все еще оставался физиком. Ледуа был знаком с финансовой отраслью и мог помочь ему рассчитать следующие шаги. Они согласовали план действий. Сначала они передадут предупреждение властям. Сорнетт и его научный сотрудник с докторской степенью из Университета Калифорнии, еще один геофизик и экономист по имени Андерс Йохансен, написали уведомление и отправили его в патентное бюро Франции. На данном этапе им, конечно, никто не поверит. Ни один из традиционных методов анализа рынков не указывал на нестабильность. Но если бы они стали ждать наступления краха, им тоже никто не поверил бы, хотя уже и по другой причине: их голоса затерялись бы среди тысяч голосов экономистов и инвесторов, которые будут настаивать, что знали о его приближении. Регистрация их уведомления в патентном бюро послужит страховым полисом, доказательством того, что они действительно предсказали это более чем за месяц до краха. Уведомление было зарегистрировано 17 сентября 1997 года. В нем предсказывалось, что в конце октября того же года произойдет крах рынка.

А как насчет второго шага? Прибыль. Легко зарабатывать деньги, когда рынки идут вверх. Но крах рынка во многом является еще более исключительной возможностью заработать деньги, если вы можете предвидеть его наступление. Есть несколько способов заработать

на крахе, но самый простой из них — купить «пут-опционы». Опционы, которые мы обсуждали выше, известны как колл-опционы. Вы покупаете право приобрести когда-нибудь в будущем акции по какой-то фиксированной цене, которая называется цена-страйк. Если рыночная цена акции поднимется выше цены-страйк, вы в прибыли, потому что имеете право купить эту акцию по цене-страйк, а затем продать ее по более высокой рыночной цене, оставив себе разницу. Конечно, если цена не вырастет, то тоже ничего страшного не случится. Вы только потеряете деньги, уплаченные за опцион, но не должны будете платить более высокую цену за саму акцию. Пут-опционы работают, в сущности, ровно наоборот. Вы покупаете право продать акцию по определенной цене. В этом случае вы получите выгоду, если цена акции упадет ниже цены-страйк, потому что можете купить акцию по рыночной цене и продать ее по более высокой цене-страйк, опять же оставив себе разницу.

Вспомним, что убыточные опционы — это опционы, которые приобретут ценность, только если на рынке произойдут сенсационные колебания. Поскольку маловероятно, что рынок будет переживать сенсационные колебания, убыточные опционы обычно очень недороги (поскольку люди, их продающие, полагают, что несут небольшие риски). Однако когда происходит обвал рынков, эти убыточные пут-опционы могут стать поистине ценными, не обладая почти никакой начальной стоимостью. А если вы знаете, когда произойдет крах рынков, то можете получить огромные прибыли за очень короткое время — всего за несколько дней, при этом со сравнительно низким риском. Эта стратегия, конечно, побьет стратегию «купить и держать». Проблема, однако, состоит в том, что необходимо предсказать непредсказуемое.

Представьте себе, что вы надуваете шарик*. Вы начинаете с вялого кусочка резины. В этом ненадутом состоянии шарик легко растягивается, и его трудно порвать. Его можно ткнуть пальцем, можно даже потыкать ножом, и если вы его предварительно сильно не растянете, то вряд ли проткнете. Теперь попробуйте наполнить его воздухом.

* Сорнетт дает очень четкое изложение того, как могут использоваться критические явления, чтобы понять крах рынка, и в том числе объясняет механизмы, которые приводят к самоорганизации на рынках, в своей работе 2003 г. Подробнее о работе Сорнетта о критических разрушениях и применении этих идей в другом контексте см. также в его работе 2000 г.

Через несколько выдохов шарик начинает расширяться. Давление воздуха внутри него начинает выталкивать стенки шарика, его поверхность начинает грубо напоминать сферическую форму. Материал все еще существенно растягивается. В зависимости от того, сколько теперь в нем воздуха, очень острый нож уже, возможно, разрежет резину, но шарик не лопнет, даже если вам удастся его проколоть. Через прокол воздух начнет выходить наружу, но ничего неожиданного не произойдет.

Однако если продолжить надувать шарик, он становится все более восприимчивым к внешним воздействиям. Полностью надутый шарик может лопнуть от легчайшего прикосновения ветки дерева или кусочка бетона, а от легкого укола булавки он наверняка взорвется. На самом деле, если продолжить надувать шарик, он может взорваться просто от прикосновения кончиков пальцев или дополнительной порции воздуха. Стоит только уколоть шарик, и последствия будут очень драматичными: шарик разорвется на мельчайшие кусочки быстрее скорости звука.

Почему шарик лопается? В определенном смысле по причине внешнего воздействия: ветка дерева, или булавка, или, возможно, давление пальцев, удерживающих шарик. Но точно такие же воздействия в большинстве других случаев окажут очень небольшое влияние или вообще никакого. Шарик необходимо надуть или даже излишне надуть, чтобы внешнее воздействие сработало. Более того, не очень важно, какое именно внешнее воздействие — значительно важнее, чтобы шарик был сильно надут, когда его уколют. На самом деле внешняя причина того, что шарик лопнул, вовсе не то, из-за чего он лопнул. То что шарик стал подвержен взрыву, вызвано внутренней нестабильностью его состояния.

Взрыв шарика — это одно из явлений, известных как разрушение. Разрушения происходят с любого рода материалами, когда к ним применяется какое-то усилие. Разрушение часто воспринимается как «эффект соломинки, которая сломала хребет верблюду»: усилие, применяемое к материалу, такое как высокое внутреннее давление (вызванное, например, воздухом, закачанным в шар, или газом в банке с лимонадом, которую встряхнули, или весом, накопленным на спине верблюда), приводит к нестабильности, которая, в свою очередь, делает материал подверженным взрывам. Эти взрывы, которые иногда

называют критическими событиями, и есть разрушения. Так же как и в случае с взрывом шарика, изменения в состоянии рвущегося материала происходят стремительно. При этом выделяется существенное количество энергии. События, которые в противном случае имели бы небольшой эффект, как, например, в случае с булавкой, разрушающей поверхность лишь частично надутого шарика, проявляют тенденцию нарастать лавиной, постепенно увеличивая масштаб.

Никто не сделал больше для улучшения нашего понимания разрушений, чем Дидье Сорнетт. Он был потрясающе плодовитым автором. Когда ему было чуть больше пятидесяти лет, он уже опубликовал свыше 450 научных статей. Он также написал четыре книги: одну по физике, две по финансам и одну о законе Ципфа, нестандартном распределении, которое первым привлекло внимание Мандельброта*. Но еще более примечателен, чем объем выполненных им работ, диапазон их тематики. Большинство физиков, даже самых успешных, работает в нескольких тесно взаимосвязанных областях. Приобрести профессиональные знания в новой области трудно, и для большинства людей одной или двух попыток часто бывает достаточно на всю жизнь.

Но Сорнетт внес свой вклад в более чем дюжину областей — от материаловедения до геофизики, от теории принятия решений (направление в экономике и психологии) до финансовых рынков и даже до нейробиологии (он провел значительную работу, посвященную происхождению и предсказанию эпилептических припадков). Он считает себя ученым в самом широком смысле этого слова, человеком, владеющим науками в целом. Когда Сорнетт был молодым человеком, он изучал физику не потому что думал, что хочет посвятить свою жизнь этой области знания, а потому что думал, что физика — это что-то вроде базовой науки. Он любит цитировать философа Декарта, который в своем выдающемся произведении «Дискурс о методе» писал, что науки как дерево: метафизика — это корни, физика — это ствол, а все остальное — ветки. (В наши дни Сорнетт скромнее относится к своему образованию. Он думает о своем образовании физика как об отличной подготовке к решению многих проблем, но говорит, что интеллектуальные проблемы таких областей знания, как экономика

* Сорнетт (2003 г.), Сорнетт (2000 г.), Малвернь и Сорнетт (2006 г.) и Саичев и др. (2010 г.).

и биология, по крайней мере, на порядок сложнее, чем проблемы, которые ставит физика.) Однако невзирая на разнообразие тематики, большая часть работ Сорнетта связана с выявлением алгоритмов, присущих структурам комплексных систем, и использованием этих алгоритмов для предсказания критических явлений: разрушений, колебаний, столкновений.

Один из самых первых научных проектов Сорнетта был связан с разрушениями кевлара, синтетического волокна, разработанного в 1965 году фирмой Du Pont (и наследника традиции нейлона, описанного выше). Этот материал, известный своей прочностью, используется для изготовления пуленепробиваемых жилетов для полицейских и солдат и даже заменяет сталь в несущих вантах мостов. При очень низких температурах он крепче, чем при комнатной температуре, очень стабилен при чрезвычайно высоких температурах, по крайней мере, на короткие промежутки времени. Это — чудо современной химии.

Эти свойства сделали кевлар очень привлекательным материалом для любого рода высокотехнологичных областей применения. Одна из таких областей — полеты в космос — заставила Сорнетта принять участие в изучении кевлара. Первоначально в «космической гонке» принимали участие две стороны — Соединенные Штаты и Советский Союз. К середине 1960-х годов лидеры нескольких стран Западной Европы начали осознавать, что Европа не может полагаться на щедрость супердержав, которые будут защищать европейские экономические, военные и научные интересы в космосе*. Сначала вступление Европы в «космическую гонку» происходило медленно и беспорядочно, но затем, в 1975 году, разные организации, которые сформировались в течение предыдущего десятилетия, объединились и образовали единую организацию под названием «Европейское космическое агентство». К этому времени «космическая гонка» начала замедляться, поскольку дальнейшая ее эскалация оказалась слишком дорогостоящей для обеих супердержав. Это дало возможность новому Европейскому агентству стремительно догнать их и заявить о себе как о доминирующей силе в космической промышленности. Основной частью новой европейской инициативы было создание современ-

* Подробный рассказ о Европейском агентстве космических исследований с 1973 по 1987 г. см. у Крига и др. (2000 г.).

нейших ракет под названием Ariane, спроектированных как средства вывода спутников на орбиту.

В 1983 году еще молодое Европейское космическое агентство приступило к разработке новой разновидности ракеты Ariane — Ariane 4, предназначенной для запуска коммерческих спутников, в частности, спутников связи (на определенном этапе эта ракета имела огромный успех, она использовалась для запуска около половины запущенных коммерческих спутников во всем мире). Новая ракета была спроектирована космическим агентством Франции CNES, но изготовлена частными подрядчиками. Именно один из таких частных подрядчиков, фирма под названием Aérospatiale, заключила контракт с Сорнеттом.

Ракетам, включая Ariane, часто требуются несколько веществ, которым необходимо находиться под очень высоким давлением, чтобы не произошло возгорание. Эти химикаты хранятся в сосудах, которые называются «резервуары высокого давления». По существу, это высокотехнологичные водяные шары, предназначенные для поддержания давления на необходимом уровне, которые не взрываются под действием механического напряжения. Исследователи в Aérospatiale, заключившие контракт с Сорнеттом, изучали поведение резервуаров высокого давления, которые предполагалось использовать в Ariane 4. Эти резервуары были изготовлены из кевлара. Обычно резервуары оставались прочными даже при очень высоком давлении, но иногда они внезапно взрывались. Группа сотрудников Aérospatiale пыталась определить условия, при которых это происходит.

Мы знаем, что если шарик достаточно надуть, он почти всегда лопается, если его уколоть острой булавкой. Однако определить, когда это происходит с другими материалами, сложнее. В таких материалах, как кевлар, рано или поздно происходит разрушение от механического напряжения, создаваемого содержимым под высоким давлением, но точно сказать, когда или почему это произойдет, необычайно сложно. Когда такие материалы, как кевлар, подвергаются значительной нагрузке, в них начинают появляться мельчайшие трещины. Иногда эти трещины объединяются и превращаются в трещины немного большего размера. Иногда эти трещины немного большего размера растут и становятся трещинами еще большего размера и так далее до тех пор, пока не появится очень большая трещина. Эти трещины

следуют алгоритму, который мы с вами уже видели: они представляют собой фракталы, где самые мелкие трещинки похожи на трещинки большего размера. Сложность состоит в том, что мелкие трещинки не влияют на поведение резервуаров высокого давления, в то время как самые крупные трещины могут оказаться разрушительными. Но трудно сказать, в чем состоит отличие крупной трещины от маленькой, хотя бы с точки зрения причин, их вызывающих. Крупная трещина — это просто маленькая трещина, которая так и не перестала расти; очень крупные, разрушительные трещины по своему типу ничем не отличаются от очень мелких и неопасных трещин.

Эта взаимосвязь между крупными и мелкими трещинами создала для ракетостроителей серьезную проблему. Она означала, что даже при стандартных рабочих условиях, при которых кевлар обычно стабилен, всегда оставалась опасность того, что обычная мелкая трещинка может внезапно разрастись в крупную и уничтожить ракету. Каждая отдельная трещина, даже самая маленькая, потенциально могла стать взрывоопасной. Когда Сорнетт присоединился к группе ученых, занимавшихся этим вопросом, те пребывали в растерянности. Чтобы использовать резервуары высокого давления по назначению, им было необходимо выяснить, как их использовать безопасно, то есть при каких условиях происходит разрушение. Но это казалось невыполнимой задачей. Разрушения казались просто случайными.

Пока Сорнетт не заметил алгоритм.

Обычно части резервуара высокого давления более или менее независимы друг от друга, как рабочие в XIX веке до появления коллективных договоров. Если ударить по резервуару высокого давления, например, могут возникнуть определенные вибрации, но они довольно быстро прекратятся, и даже если вам удастся оставить вмятину на какой-то части резервуара, ударив по нему ногой (что маловероятно), вы не причините никакого вреда остальной части резервуара. Аналогично, если в этой ситуации возникнет небольшая трещинка, она не вызовет разрушения. Это немного похоже на ситуацию, когда вы пытаетесь проколоть частично надутый шарик: булавка не дает желаемого результата.

Однако иногда отдельные части материала «вступают в сговор». Они демонстрируют что-то вроде стадного эффекта. Это может происходить по разным причинам: под воздействием, скажем, тепла

или давления, или других внешних факторов. Когда это происходит, отдельные части материала как будто ионизируются. Удар в одном месте может распространиться на весь резервуар, и незначительные местные воздействия приведут к драматическим последствиям аналогично тому, как от укола булавкой в одном месте весь надутый шарик может разорваться на клочки. Такого рода «сговор» иногда называют самоорганизацией, потому что независимо от того, насколько вообще случайны и взаимно независимы материалы, если на них оказывается механическое воздействие, они начинают координировать свои действия. Как будто отдельные кусочки материала начинают шевелиться под давлением, постепенно решая объединиться ради достижения общей цели*.

Сорнетт не пришел к понятию самоорганизации, хотя и проделал такую же большую работу над разработкой теории, как и все остальные. Вместо этого он понял нечто немного другое. Он наконец понял, чем небольшая рабочая забастовка отличается от катастрофической. Все забастовки объясняются одинаковыми причинами: вопиющий травматизм; несправедливое увольнение; сокращение зарплаты. Вы, вероятно, думаете, что невозможно сказать, какое из этих событий приведет к общенародной забастовке. Крупная забастовка похожа на небольшую забастовку, которая по какой-то причине просто не прекратилась. То же происходит и с микротрещинами, которые при определенных обстоятельствах как бы взрываются, перерастая в разрушения, которые разрывают материал на куски. Но чтобы произошла самая крупная забастовка, нужно нечто большее, чем просто искра: необходимо рабочее движение, обладающее высокой степенью организации и способностью действовать скоординированно. Для большой забастовки необходим механизм взаимодействия и распространения в рамках всей системы, который преобразует при других обстоятельствах мелкое мероприятие в крупное. Другими словами, если вы хотите предсказать крупную забастовку, не ищите поводы для недовольства. Они всегда есть. Ищите союзы. Ищите яркие модели самоорганизации. К критическим событиям в реальности ведет

* Самоорганизация — это старая идея, хотя в своей современной форме она появилась в работе 1977 года нобелевского лауреата по химии Ильи Пригожина (Глансдорф и Пригожин, 1971 г.; Пригожин и Николис, 1977 г.). Идея, изложенная в тексте, точнее описывается как «самоорганизованная критичность», термин, появившийся благодаря Баку и др. (1987 г.); см. также работу Бака (1996 г.).

скорее координация, чем мелкие неприятности. И Сорнетт пойдет с этим «озарением» прямо в банк.

Сорнетт родился в Париже, а вырос на юго-востоке Франции в городке под названием Драгиньян на Французской Ривьере. Драгиньян находится примерно в часе езды на машине от Сан-Тропе, красивого средиземноморского курортного городка, известного как местоотдыха богатых и знаменитых людей. Учась в старших классах школы, Сорнетт часто ездил в Сан-Тропе плавать на яхте и заниматься виндсерфингом. Окончив школу, он переехал в Ниццу, где поступил на подготовительный факультет, чтобы подготовиться к сдаче вступительных экзаменов в Эколь Нормаль (в подобной школе в Лионе, тремястами километров севернее, во время Второй мировой войны скрывался от нацистов Мандельброт). Сорнетт блестяще сдал экзамены и был принят в самую престижную из элитных высших школ, педагогический институт (École Normale Supérieure).

Докторской степени он удостоился в 1981 году, когда ему было всего двадцать четыре года, и сразу же получил «пожизненную» позицию в Университете Ниццы. Его первая работа была посвящена разделу физики, известному как конденсированная среда, — изучению среды в экстремальных условиях. На следующий год, когда был призван на службу в армию, он работал в государственной военной подрядной организации под названием Thomson-Sintra (все это время за ним сохранялась его университетская позиция). Именно в этот период, проводя научные исследования для военных, Сорнетт впервые начал изучать теорию хаоса и комплексные системы — предметы, которые впоследствии составят основу его междисциплинарной работы.

В июне 1986 года Сорнетт женился на геофизике Анн Сорон. Она училась в докторантуре в Орлеане, после замужества переехала в Ниццу, где обосновался Сорнетт. Вскоре после свадьбы Сорнетт договорился о том, чтобы его молодая жена присоединилась к его исследовательской группе, где он будет ее научным руководителем при написании докторской диссертации. Они сосредоточились на объединении начатой Сорнеттом работы о разрушениях с вопросами, связанными с причинами землетрясений.

Хотя Сорнетт официально был научным руководителем Сорон, их работа на самом деле была плодом сотрудничества двух экспертов в разных областях знания. Поначалу он ничего не знал о землетрясени-

ях (она между тем ничего не знала о разрушении материалов). Но Сорнетт быстро учился. Вместе они начали думать о применении фрактальной геометрии в изучении тектонических плит, участков земной коры, которые медленно перемещаются по планете*. Сейчас полагают, что эти плиты отвечают за такие явления, как землетрясения (которые возникают, когда две плиты сталкиваются или перемещаются по отношению друг к другу), горные хребты (которые образуются при столкновении плит, деформирующихся в месте столкновения), вулканы (которые извергаются в месте соприкосновения пластов, и наружу выходит магма, находящаяся под земной корой) и океанические впадины (в противоположность горным хребтам). Работа Сорнетта и Сорон была попыткой понять, как нынешняя геология и топография границы между Азией и полуостровом Индостан — полосы земли, простирающейся от края до края, как материковая часть Соединенных Штатов, охватывая Гималаи и ряд других горных хребтов, — могла возникнуть за миллионы лет в результате множества небольших землетрясений, которые возникали при столкновении континентов друг с другом.

Геофизики изучают самые разнообразные вопросы, касающиеся внутреннего строения планет. Но их хлеб, исследования, которые вызывают наибольший интерес органов, предоставляющих финансирование, — это предсказание стихийных бедствий, таких как землетрясения и извержения вулканов.

Предсказание землетрясений — это дело особой важности как из соображений науки, так и из гуманистических соображений. Это также, как известно, очень трудное дело. Однако это не удерживает ученых, а до них — философов и астрологов, от того, чтобы попробовать свои силы. Древнеримский историк Клавдий Элиан**, например, намекал на то, что животные могут точно предсказывать землетрясения, заявляя, что змеи и горностаи покинули

* Диссертация Сорон (1990 г.) содержала описание построения небольшой (физической) модели земной коры с помощью песка, силиконового полимера и меда, а затем описывала ее использование для проведения экспериментов по изменению коры при столкновении плит. Сорон и Сорнетт продемонстрировали, что эти столкновения имеют характерный фрактальный алгоритм. Эта работа описана у Дейви и др. (1990 г.), Сорнетт и Сорон (1990 г.), Сорнетта и др. (1990а, b) и Сорнетта (2000 г.). Подробнее об истории изучения тектонических плит см. у Ореска и Леграна (2003 г.).

** Элиан делает эти замечания в книге «О животных», перевод которой называется «Элиан» (1959 г. [200 г. н. э.]).

греческий город Хелис за несколько дней до землетрясения, опустошившего этот регион. Древний индийский астролог и математик по имени Варахамира* полагал, что землетрясения можно предсказывать по конкретным формам облаков.

В 1960-х и 1970-х годах Соединенные Штаты и Советский Союз предложили конкурирующие программы предсказания землетрясений, и на геофизиков посыпались средства, как из рога изобилия.

В результате этих программ появились заявления о том, что все что угодно — от электрических бурь до повышения радиоактивности и отсутствия землетрясений — можно использовать для предсказания стихийных бедствий. Но состояние науки и техники, особенно в середине 1980-х годов, было немногим лучше, чем в 373 году до нашей эры, когда погиб Хелис (на самом деле как поведение животных, так и облака, характерные для землетрясения, и сегодня остаются в перечне действующих программ научных исследований). Способность точно предсказывать землетрясения — это что-то вроде заветной цели.

Сорнетт начал сотрудничать с Aérospatiale в 1989 году. В том же году они с Сорон опубликовали работу**, соединившую самоорганизацию — идею, стоящую за теорией разрушений, которую он разрабатывал, — с землетрясениями.

Аналогия была довольно близкой: земную кору можно рассматривать как материал, который может разрушаться; теория, описывавшая разрушение чего-то вроде кевлара, могла, в принципе, описывать и разрушение чего-то вроде камня. Последним шагом было просто посмотреть на катастрофические землетрясения как на критические события, разрушения на стыке тектонических плит.

Это была не самая первая работа, в которой объединялись идеи самоорганизации, критических состояний и землетрясений***. Но она была одной из первых. И с нее для Сорнетта начался этап, когда он стал параллельно думать о двух проектах — резервуаров высокого давления и землетрясений — как о тесно связанных проектах.

* Бхат (1981 г.).

** Это работа Сорнетт и Сорон (1996 г.).

*** Наиболее важными предшественниками идеи Сорнетта были Вер-Джонс (1977 г.), Аллегр и др. (1982 г.), Смолли и Тюркотт (1985 г.) и Войт (1988 г.).

Вдохновение пришло два года спустя, в 1991 году*. К этому времени он и другие ученые создали подробную модель того, как трещины и щели проникают в материал. Эта модель учитывала то, как степень организации и координации могла помочь увеличить трещины, превратить маленькие причины в большие последствия. Именно думая об этой модели, Сорнетт понял, что если бы присутствовали все составляющие критического события, это повлияло бы на взрывное разрушение, на то, как увеличивается число трещин, ведущих к разрушению. Идея заключалась в том, что перед разрушением происходят менее значительные события, которые возникают в соответствии с особым, ускоряющимся алгоритмом. Этот алгоритм называется логопериодическим, потому что промежуток времени между незначительными событиями сокращается особым образом, связанным с логарифмом времени. Поскольку этот алгоритм появился бы, только если бы система была подготовлена к разрушению, он считался сигналом того, что должно произойти критическое событие. А поскольку алгоритм со временем ускорялся, то если посмотреть на несколько более незначительных событий подряд, можно было определить, демонстрируют ли они логопериодическое поведение (потому что время между событиями будет уменьшаться), и экстраполировать вперед во времени, чтобы определить, когда вершины графика сойдутся друг с другом, предсказав, таким образом, критическое событие**.

Сорнетт сначала попытался протестировать теорию с резервуарами высокого давления. Непосредственно перед разрушением он и его коллеги наблюдали логопериодический алгоритм вибрации резервуаров, известный как акустическая эмиссия. Как правило, резервуары начинали шуметь по мере появления трещин. И если шум был

* Этот момент наступил в то время, когда Сорнетт работал на Aérospatiale. Разработки с помощью резервуаров под давлением были представлены в серии публикаций, которые появились в течение следующих лет, сначала в работе Сорнетта и Ваннеста (1992 г.), затем — Сорнетта и др. (1992 г.), Ваннеста и Сорнетта (1992 г.) и Сорнетта и Ваннеста (1994 г.). Открытие логопериодического звукового излучения до переломного разрыва было подробно представлено в работе Анифрани (1995 г.). Затем эта идея была проверена экспериментально, а результаты экспериментов приведены в работах Ламаинере и др. (1996 г., 1997 г.) и Йохансена и Сорнетта (2000 г.).

** Сорнетт и его соавторы впервые внесли идею о критическом землетрясении в работе Сорнетта и Самми (1995 г.), отталкиваясь от идей, представленных у Бюфа и Варна (1993 г.). Затем эта идея была развита в работах Самми и др. (1996 г.), Салера и др. (1996а, б), Йохансена и др. (1996 г.) и Хуанга и др. (1998 г.). Эта идея была протестирована экспериментально в работе Боумана и др. (1998 г.).

логопериодическим, то должно было произойти критическое событие. Aérospatiale быстро запатентовала эту методику предсказания, когда взорвутся резервуары ее ракет. Эта методика используется по сей день для прогнозирования и тестирования выхода из строя резервуаров высокого давления.

Но резервуары высокого давления были только началом. Если Сорнетт был прав насчет тесной связи между разрушением материалов и землетрясениями, то открытие Дидье имело огромные последствия. Небольшие землетрясения были аналогичны мелким трещинкам в кевларе, возникавшим под воздействием нагрузки. Но если катастрофические землетрясения были, как предполагал Сорнетт, аналогом разрушения, тогда можно предсказать критическое землетрясение, поискав логопериодический алгоритм в геофизических данных. (В течение длительного времени люди верили в то, что небольшие землетрясения предсказывают более крупные. Подход Сорнетта делает это предсказание значительно более точным, говоря о том, когда можно предсказать небольшие землетрясения.) Методы Сорнетта не были полезны для предсказания чего бы то ни было, кроме критических землетрясений. Но это обычно были сильнейшие из землетрясений, землетрясения, которые могли сровнять города с землей и разорвать континенты. Сорнетт предложил механизм предсказания катастроф. Поистине заветная цель.

Когда подкрался конец сентября 1997 года и начался октябрь, Сорнетт и Ледуа начали покупать убыточные пут-опционы. Ни у одного из них не было состояния, чтобы инвестировать, но опционы стоили дешево. Они нервно следили за тем, как маршрутировали главные мировые индексы, беспечно не подозревавшие о том, что катастрофа не за горами. Сорнетт был достаточно уверен в себе, чтобы вкладывать собственные деньги, когда его лучшие научные выкладки подсказывали, что надо поступать именно таким образом. Но современная история знает всего несколько случаев краха рынка. Этот алгоритм, возможно, просто ложная тревога. Для Сорнетта на карту было поставлено много и в финансовом, и в интеллектуальном смыслах.

Середина октября пришла и ушла. Предсказания Сорнетта не были идеально точны — колебания рынка показывали крах где-то ближе к концу октября, но точно определить конкретный день было трудно. С каждым днем вероятность того, что крах произойдет (если уже не

произошел), возрастала. Но это продолжалось очень недолго — теоретически было возможно, если не сказать, маловероятно, что критическая точка пройдет, не вызвав больших потрясений на рынке. Прошла еще неделя. Когда все уходило на выходные дни 24 октября, крах все еще не произошел. Нервы были на пределе. Конец октября наступает, а Сорнетту нечего сказать.

И тут это случилось. В понедельник 27 октября 1997 года индекс Доу-Джонса для акций промышленных компаний испытал шестое по величине падение за один день за всю свою историю, упав на 554 пункта*. Индексы NASDAQ и S&P 500 претерпели аналогичные потери. Впервые в истории Нью-Йоркская фондовая биржа была вынуждена закрыться раньше времени, чтобы избежать еще большей катастрофы. Только за этот день с нью-йоркских финансовых рынков улетучилось 650 миллиардов долларов. Международные рынки демонстрировали такие же слабые результаты. Резкое падение в Лондоне, во Франкфурте, Токио. На следующий вечер Гонконгский индекс фондовой биржи Ханг Сенг упал на 14%.

А Сорнетт и Ледуа получили 400%-ную прибыль**. В подтверждение они опубликовали в ноябре свою отчетность по биржевым операциям, подвергнутую аудиту компанией Merrill Lynch. Крах наступил, как и предсказывал Сорнетт.

Теперь историки объясняют всемирный крах эффектом реверберации***. В начале этого года обрушился тайландский бат после того, как тайландское правительство решило перестать привязывать его к доллару США. Перед обрушением местной валюты у Таиланда был большой внешний долг, а после обрушения страна практически обанкротилась. Трудности Таиланда быстро распространились и на их соседей, этот кризис прозвали «азиатским гриппом» из-за того, как он распространялся на страны Юго-Восточной Азии, обесценивая их валюты и понижая спрос на фондовых рынках региона. Эти обстоятельства повышали неуверенность во всех частях мировой экономики, вели к необычно высоким колебаниям цен на ценные бумаги. Когда азиатские рынки упали за одну ночь на двадцать шестую

* Эти цифры взяты в Комиссии по ценным бумагам и биржам США (1998 г.).

** См. работу Сорнетта (2003 г., с. 250).

*** См., например, работу Радле и Сакса (2000 г.).

позицию, инвесторы в Соединенных Штатах резкоотреагировали, что ускорило крах.

Одна из наиболее поразительных вещей, касающихся краха 27 октября, ставшая причиной, по которой его теперь называют «мини-крахом», заключается в том, что на следующий день нью-йоркские рынки дали отскок. К закрытию торгов двадцать восьмого числа Доу-Джонс уже вернул 60% убытков предыдущего дня. И в противоположность предыдущему дню, когда впервые биржа закрылась раньше времени, 28 октября впервые на Нью-Йоркской фондовой бирже торговалось свыше миллиарда акций. Такого рода сенсационное раскачивание говорит о следующем: поскольку кумулятивный эффект краха и отскока заключался в сравнительно скромном изменении цен, стандартное объяснение ценообразования на эффективном рынке, похоже, не работает. Это означает, что любая теория фондового рынка, учитывающая изменения цен в пересчете на фактическую стоимость компаний, чьи акции торгуются, предсказала бы, что крах будет означать какое-то кардинальное изменение реальной стоимости. Но этого не произошло. Акции 29 октября стоили примерно столько же, сколько они стоили 26 октября, указывая на то, что большинство инвесторов не думают, что стоимость компаний значительно изменилась. Крах, похоже, был результатом какой-то внутренней нестабильности на самих рынках.

По утверждению Сорнетта и его коллег, эта особенность проявляется во многих случаях краха рынка. Еще он любит подчеркивать, что стандартные экономические доводы говорят о том, что если «пузыри» вообще возможны, они могут закончиться только какой-то сенсационной новостью, которая существенно изменит стоимость фирм, чьи акции торгуются на бирже. И все же многие экономисты согласны с тем, что если посмотреть на отдельные случаи краха рынка, часто очень сложно определить, какая именно новость могла оказать на него такое влияние. Безусловно, всегда можно найти какую-то плохую новость и связать ее с крахом рынка. Но мы часто ищем причину в предельных случаях, которые произошли по заурядным внешним причинам, которые, похоже, не меняют стоимость торгуемых предметов. Только одно это уже должно наводить на размышления, по крайней мере, того, кто привык думать о критических явлениях в физике, потому что это означает, что даже если какая-то новость является непосредственной причиной краха, есть что-то такое в состоя-

нии рынка, от чего зависит, произойдет ли его крах на самом деле или биржа просто закроется на несколько пунктов ниже. Как и в случае с разрушениями и землетрясениями, утверждает Сорнетт, даже если невозможно предсказать новость, можно попытаться определить, когда рынок окажется в неустойчивом состоянии. Просто поищите логопериодические вибрации.

Критические явления часто обладают, как выражаются физики, универсальными свойствами*. Это означает, что можно начать с двух материалов, которые чрезвычайно не похожи друг на друга — например, кевларовые резервуары и тектонические плиты, — и обнаружить, что, несмотря на глубочайшие различия в их микроскопическом строении, при определенных обстоятельствах в крупном масштабе они ведут себя абсолютно одинаково. Например, и те и другие разрушаются в результате длительного воздействия напряжения. Если в подробностях изучить, как возникают разрушения, вы обнаружите, что различия в микроскопическом строении исчезают и жизнь совершенно разных материалов заканчивается примерно одинаково. Существуют определенные универсальные законы, которые применимы на статистическом уровне. Их можно воспринимать как законы, регулирующие координацию между отдельными частями, независимо от того, чем являются эти части. Именно такой универсальностью и объясняется столь широкая сфера применения идей Сорнетта и его коллег. Отдельные нюансы могут быть разными в разных областях, но основные механизмы — одни и те же. Одни и те же явления влияют на лавины, лесные пожары, революции и даже на эпилептические припадки.

Первое покушение на экономику Сорнетт совершил в 1994 году**. Он написал один труд в соавторстве с еще одним французским физиком — Жаном-Филипом Бушо. В этом году Сорнетт и Бушо продолжили создание научно-исследовательской компании под названием Science & Finance, которая в 2000 году слилась с парижской управляющей компанией хедж-фонда, Capital Fund Management (CFM). Сегодня Бушо является председателем и руководителем исследовательских работ CFM, которая стала крупнейшей управляющей компанией

* Подробно о роли универсальности в изучении критических явлений см., например, у Баттермана (2002 г.) и см. ссылки в этой работе.

** Первый труд совместно с Бушо был написан Бушо и Сорнеттом в 1994 г.

хедж-фонда во Франции (он до сих пор официально является преподавателем по физике в Политехническом институте, где учился Мандельброт; Сорнетт ушел из Science & Finance в 1997 году). Их совместный труд показывал, как оценивать опцион, даже если лежащая в его основе акция не совершает такого рода случайные блуждания, как допускают Блэк и Шоулз. Он существенно расширил теорию ценообразования опционов до более сложных моделей изменения цен, включая модели с распределениями с «толстыми хвостами» (O'Connor and Associates уже работала в этом направлении, но ее труды не были широко известны).

Потом Сорнетта захватила эта тема. В течение нескольких следующих лет он все больше и больше читал о традиционной экономике, по возможности дополняя свои знания в области таких проблем, как ценообразование опционов и риски (Сорнетт гордится тем, что научился мыслить как экономист). Большая часть этой ранней работы была выполнена в сотрудничестве с Бушо, который к этому моменту уже в полную силу работал над проблемами финансистов.

В 1996 году благодаря своему труду, посвященному землетрясениям, Сорнетт получил временную позицию преподавателя на полставки в Университете Калифорнии, на отделении наук о земле и космосе, и в Институте геофизики и планетарной физики. Однако к этому времени как минимум половину своей энергии он посвящал финансам. В тот же год Сорнетт, Бушо и научный сотрудник Сорнетта Андерс Йохансен поняли, что более ранний труд Сорнетта о предсказании землетрясений и разрушений можно дополнить предсказанием краха рынка. Они вместе опубликовали статью в одном физическом журнале. К своему удивлению буквально через несколько месяцев Сорнетт обнаружил, что определенный им ранее логопериодический алгоритм должен предвещать крах. Октябрь 1997 года углубил его веру в то, что он докопался до какой-то важной истины, и он удвоил свои усилия в области экономики и финансового моделирования.

Как и в теориях разрушения материалов и землетрясений, главная идея, стоящая за гипотезой Сорнетта о крахе рынка как критическом событии, подразумевает коллективное действие или стадное поведение. Вряд ли это само по себе удивительно, поскольку предположение о том, что крах рынка как-то связан с психологией толпы, не ново: в 1841 году Чарльз Маккей написал книгу, в которой помимо прочего

описывал финансовые «пузыри»*. Он назвал свою книгу «Наиболее распространенные заблуждения и безумства толпы». В ней он указал на несколько фактов из истории, когда целые страны оказывались охваченными каким-то безумием, приводившим к «спекулятивным пузырям» — состоянию рынка, когда цены идут в полном отрыве от стоимости торгуемых вещей.

Возможно, самый яркий пример произошел в Нидерландах в начале XVII века. Предметом спекуляций были луковицы тюльпанов**. Тюльпаны родом из Турции, они попали в Западную Европу через Австрию в середине XVI века. Эти цветы считались очень красивыми, и их высоко ценила европейская аристократия, но реальные деньги заключались в луковицах тюльпанов, которые можно было использовать как для выращивания тюльпанов, так и для производства новых луковиц. Тюльпаны стали символом голландской императорской власти. Новый класс этой страны, купечество, который разбогател на торговле в Голландской Ост-Индии и Вест-Индии, подчеркивал свой престиж богато украшенными цветниками, центральное место в которых занимали тюльпаны.

Итак, луковицы тюльпанов были ценным товаром. Но насколько ценным? В 1630-х годах цены начали стремительно расти. К 1635 году были зарегистрированы отдельные сделки на сумму 2500 голландских гульденов (что составляло около 30 000 долларов США в ценах 2010 года) за одну луковицу. Сделки на сумму 1500 гульденов были обычным делом. Для сравнения, квалифицированный рабочий мог рассчитывать на 150 гульденов в год. Примерно в это же время на рынки полилась иностранная валюта, поскольку лица, не осведомленные о тонкостях биржевых операций, пытались быстро заработать на игре с тюльпанами. Голландцы были в восторге. Они думали, что иностранные инвестиции означают, что вся Европа узнала о моде на тюльпаны, и удвоили ставку: простые люди продавали все свое имущество, закладывали дома и вынимали последние сбережения, чтобы принять участие в торговле на бирже тюльпанов.

Луковицы тюльпанов обычно сажают осенью, а затем весной собирают урожай. Но зима была лучшим временем для спекуляций,

* Маккей (1841 г.).

** Подробнее о тюльпаномании см. у Дэша (1999 г.) и Голдгар (2007 г.); другой, более скептический взгляд, см. у Томпсона (2007 г.).

потому что в этот период у будущих инвесторов было меньше всего информации о предложении на будущий год: старые луковицы уже посажены, а новых луковиц и срезанных цветов еще нет в наличии. Зимой 1636–1637 года тюльпаномания достигла своего апогея. В ту зиму одна луковица продавалась за целых 5200 гульденов (свыше 60 000 долларов за одну луковицу тюльпана!)*. И вот однажды, в феврале 1637 года, на обычном (если бы не изменившиеся обстоятельства) аукционе тюльпанов в Гаарлеме ставки прекратились слишком быстро. Очевидно, никто не пригласил следующую партию «тюльпанных безумцев». В тот день высоко ценившиеся тюльпаны продавались лишь за малую долю цены, которую за них давали еще день назад. Паника распространилась быстро, и за несколько дней цены упали до уровня, составлявшего менее 1% от их пикового значения. Состояния, заработанные за одну ночь, к утру испарились. Экономика Голландии заколебалась, было вынуждено вмешаться правительство.

Похоже, явление стадности и тому подобные явления — поведение, которое вело к «пузырям», — постоянно присутствуют в психологии человека. Никто не хочет остаться за бортом, поэтому мы имеем обыкновение копировать друг друга. Однако обычно мы не ведем себя как планктон. Даже если мы ищем совета, обычно мы слепо не следуем ему. Тогда возникает вопрос, почему при определенных обстоятельствах стадное чувство берет верх. Как такое явление, как тюльпаномания, приходит в голову? Когда обычные сдерживающие центры в голове, которые не дают человеку потратить все свои сбережения на луковицу тюльпана, не срабатывают? У Сорнетта нет ответа на этот вопрос, хотя он и разработал несколько моделей, предсказывающих, какие обстоятельства приведут к особенно сильному стадному эффекту. Что Сорнетт может сделать, так это определить, когда стадный эффект взял верх. Это сводится к определению того, когда «спекулятивный пузырь» овладеет конкретным рынком, и к предсказанию вероятности того, что этот «пузырь» лопнет до определенного установленного момента (критической точки).

Несмотря на необычайную продуктивность Сорнетта в сфере финансов, он отрицает, что «переключился» на экономику. С 2006 года

* Эти цифры взяты у Дэша (1999 г.).

он занимает должность заведующего кафедрой предпринимательских рисков в Швейцарском федеральном институте технологии в Цюрихе (который обычно сокращается «ETH в Цюрихе»). Это его первая позиция в учебном заведении, связанная с финансами. Но он, как и прежде, работает на условиях неполной занятости на отделении геофизики в Университете Калифорнии, на отделении физики ETH в Цюрихе. Он продолжает писать статьи и осуществлять контроль над студентами в обеих областях знания. И если спросить, что подсказало ему изменить основную направленность работы, поскольку несомненно, что в середине 1990-х годов он начал работать над новыми проблемами, он отвечает несколько смущенно, что его всегда интересовали эти вопросы. И это понятно, ведь ему интересно все.

И все же Сорнетт действительно полагает, что в экономике и финансах есть что-то особенное. Многие идут в науку из желания понять, как устроен мир. Но, как полагает Сорнетт, физический мир — это только часть мира. Ему так же интересно, а возможно, и еще интереснее, как устроено общество. Сила притяжения может удерживать планету на орбите, но, как поет конферансье в мюзикле «Кабаре», деньги правят миром. А финансовые рынки определяют потоки денежных средств. Как говорит Сорнетт, финансы — это «королева, а не служанка». Они управляют всем. И какова бы ни была ваша политическая позиция относительно роли финансовых рынков в глобальной геополитике, Сорнетт полагает, что достаточно того факта, что финансовые рынки и люди, управляющие ими, действительно обладают таким социальным авторитетом, чтобы повнимательнее изучить, как они работают.

С момента первого предсказания краха рынка в октябре 1997 года Сорнетт продемонстрировал выдающиеся достижения в деле определения, когда будут происходить биржевые крахи*. Он заранее заметил логопериодический алгоритм, предвещавший сентябрьский крах 2008 года, и ему удалось предсказать его сроки. Аналогично и с обвалом российского рубля в 1998 году, который поставил на колени Управление долгосрочным капиталом. На самом деле, считает Сорнетт, даже несмотря на то, что в значительной степени неожиданный дефолт по российскому долгу и спровоцировал в то лето неразбериху на рынке, о крахе свидетельствовали логопериодические предвестни-

* См. описание его предсказаний в работе Сорнетта (2003 г.); мои сообщения о его сравнительно недавних успехах основаны на личном общении.

ки, характерные для стадного поведения. Это означает, что в тот период крах рынка, скорее всего, произошел независимо от обвала российского рубля. Шарик был уже надут; дефолт России сыграл только роль булавки.

Он успешно предсказал и другие дефолты, в частности, крах «доткомов», который произошел в 2000 году. За несколько лет в конце девяностых годов резко взлетели цены акций технологических компаний. В 1998 и 1999 годах индекс S&P 500 технологического сектора вырос в четыре раза, в то время как индекс в целом увеличился всего на 50%. Индекс NASDAQ технологических компаний увеличился почти втрое в период с 1998-го до начала 2000-х годов. Аналитики начали говорить о так называемой новой экономике, состоящей из компьютерных фирм и компаний, бизнес-стратегия которых полностью зависела от интернета. На эти компании не распространялись никакие старые правила. Не имело значения, зарабатывает фирма деньги или нет. Например, доход мог быть отрицательным, но компания могла все равно считаться ценной, если в будущем ожидался успех. Во многих отношениях бум был эхом прошлых лет: например, в 1920-х годах инвесторы тоже говорили о «новой экономике», правда, тогда высокотехнологичными компаниями были AT&T и General Electric.

Сорнетт начал замечать логопериодические колебания в данных NASDAQ начиная с конца 1999 года. К 10 марта 2000 года — в день пиковых показателей NASDAQ — у него было уже достаточно данных, чтобы сказать, что крах неизбежен, и предсказать, когда он произойдет. Он назвал дату: где-то в промежутке между 31 марта и 2 мая. И действительно, в течение недели, начавшейся 10 апреля, NASDAQ упал на 25%. Акции технологических компаний повторили судьбу луковиц тюльпанов.

Методы, которые использовал Сорнетт для выявления «пузырей» и предсказания дефолтов, также можно использовать для выявления ситуации, которую Сорнетт назвал «антипузырь». Это те случаи, когда цены акций неестественно низкие. 25 января 1999 года, например, Сорнетт разместил статью в сетевом физическом архиве, в которой заявлял, что исходя из его наблюдений за логопериодическими алгоритмами данных о рынках японский фондовый индекс Nikkei находится в середине «антипузыря». Эта работа содержала довольно точ-

ные предсказания: Сорнетт указывал, что к концу этого года Nikkei увеличится на 50%.

Это предсказание было еще более замечательным, потому что японский рынок был около своего самого низкого за четырнадцать лет показателя, которого достиг 5 января 1999 года. Были все признаки того, что рынок продолжит падение, — так считало большинство экономистов в то время. Лауреат Нобелевской премии и обозреватель, постоянно ведущий рубрику «Мнение» в The New York Times, Пол Крюгман, например, написал 20 января, что, похоже, японская экономика скоро придет к трагическому концу, а спрос, достаточный для ее восстановления, отсутствует. Но время доказало, что прав был Сорнетт. К концу года Nikkei восстановил свои позиции ровно на 50%, как предсказывал Сорнетт.

Работа Мандельброта давала некоторым экономистам основания полагать, что рынки «дикого» случайны и демонстрируют поведение, какого никто, вроде Башелье или Осборна, и представить себе не мог. Даже если бы Мандельброт оказался неправ, указывая какие-то детали своего предположения, он тем не менее определил, что финансовые рынки управляются распределениями с «толстыми хвостами». Нет ничего особенного в предельных финансовых случаях. Они не составляют исключения; они являются нормой. И что еще хуже, они все время происходят по той же причине, что и более повседневные события. Крупные просадки рынка по сути своей являются просто более мелкими просадками, которые не остановились.

Если это так, то можно подумать, что катастрофу предсказать невозможно.

Действительно, самоорганизация, одна из основных составляющих теории критических явлений, обычно ассоциируется с тем типом распределений с «толстыми хвостами», из-за которых так трудно предсказывать предельные случаи. Трое физиков, которые первыми ввели понятие самоорганизации, Пер Бак, Чао Танг и Курт Визенфельд, считали свое открытие доказательством того, что предельные случаи, в принципе, невозможно отличить от более умеренных случаев. Мораль, по их мнению, заключается в том, что предсказывать такие случаи — безнадежная затея.

Эта проблема лежит в основе аргументации управляющего хедж-фондом Нассима Талеба против моделирования в финансах. В своей

книге «Черный лебедь» Талеб объясняет, что некоторые события (он называет их «черными лебедями») настолько далеки от стандартных ожиданий нормального распределения, что невозможно даже понять вопросы о возможности их возникновения. Они, в сущности, непредсказуемы, и все же, если они возникают, они меняют все. Талеб считает, что это — последствия заявлений Мандельброта о том, что такого рода предельные случаи, случаи с наиболее драматичными последствиями, возникают значительно чаще, чем может учесть модель. Тогда глупо доверять математической модели в такой «дикой» случайной системе, как финансовый рынок, потому что модели исключают наиболее важные явления: катастрофические дефолты.

Недавно Сорнетт ввел новый термин, обозначающий предельные случаи. Вместо «черных лебедей» он называл их «королями-драконами»*. Он использовал слово «король», потому что, если вы попытаетесь сравнить графики, как закон Парето (распределение с «толстым хвостом», регулирующее несоответствие доходов, которое Мандельброт изучал в ИВМ) коррелирует со странами-монархиями, вы обнаружите, что короли не подчиняются правилу 80–20. Короли контролируют значительно большие богатства, чем должны бы, даже по стандартам «толстых хвостов». Короли – это выпадающие значения. И именно они, а не необычайно богатые, которые стоят чуть ниже них, действительно осуществляют контроль. Между тем предполагается, что слово «дракон» передает тот факт, что такого рода события не имеют собственного места в нормальном бестиарии. Они не похожи ни на что другое. Много крупных землетрясений являются мелкими, которые по какой-то причине не остановились. Это невозможно предсказать с помощью методов Сорнетта. Но землетрясения «короля-дракона», критические события, как представляется, требуют большего. Как разрушения, они происходят только если все составляющие присутствуют в определенном порядке. Хороший пример «короля-дракона» — город Париж. Города Франции необычайно хорошо подчиняются закону Ципфа. Распределение городов Франции имеет «толстый хвост», в том смысле, что самые крупные города значительно больше, чем вторые по величине города. Но если нарисовать график величины французских городов, исходя из величины

* См. работу Сорнетта 2009 г.

их населения, как требует закон Ципфа, Париж все равно окажется слишком большим. Это нарушает шаблон.

Талей в своем утверждении использует тот факт, что «черные лебеди» могут иметь огромные последствия. «Короли-драконы» оказывают аналогичное влияние. Они тираничны, когда они появляются. Но в отличие от «черных лебедей» вы слышите, когда они приходят. Сорнетт не утверждает, что все «черные лебеди» действительно являются переодетыми «королями-драконами» и даже что все случаи краха рынка предсказуемы. Но он утверждает, что многое, что может показаться похожим на «черных лебедей», на самом деле выдает предупреждения. Во многих случаях эти предупреждения принимают форму логопериодических предвестников, колебаний определенных форм данных, которые возникают, только когда система находится в особом состоянии, когда может произойти огромная катастрофа. Эти предвестники появляются, только если имеется соответствующая комбинация положительных отзывов и усиливающих процессов наряду с самоорганизацией.

Prediction Company, с одной стороны, и Сорнетт, с другой, предлагают два способа заполнить пробелы в стандартной на настоящий момент аргументации в стиле Блэка—Шоулза. Методы Prediction Company можно воспринимать как локальные в том смысле, что их стратегия подразумевала исследование мелкоструктурных финансовых данных, выдаваемых мировыми рынками каждую секунду в качестве алгоритмов, обладающих некоей временной прогнозирующей способностью. Эти алгоритмы позволяли создавать модели, которые можно использовать за короткое временное окно, чтобы совершать выгодные сделки, даже несмотря на то что алгоритмы зачастую были мимолетными. Наряду с этими методами они разработали механизмы, необходимые для оценки эффективности своих алгоритмов и для определения, когда они проходили свою высшую точку. В определенном смысле подход Prediction Company скромнен и консервативен. Легко понять, почему он должен работать, в том числе и то, что делает рынки более эффективными.

Сорнетт, напротив, выбрал более глобальный подход, он искал закономерности, которые ассоциируются с наиболее крупными событиями, наиболее разрушительными катастрофами, и пытался использовать эти закономерности для предсказаний. Его исходной

точкой было наблюдение Мандельброта о том, что предельные случаи возникают чаще, чем предсказывают обычные случайные блуждания; Сорнетт полагает, что катастрофические дефолты происходят еще чаще, чем предполагал Мандельброт. Другими словами, даже после того, как вы примете распределения с «толстыми хвостами», вы по-прежнему будете видеть предельные случаи необычайно часто. При виде этих очевидных выпадающих показателей интуиция Сорнетта подсказывала, что должен быть какой-то механизм, который хотя бы иногда усиливает крупнейшие катастрофы. Это более рискованная гипотеза, но это гипотеза, которую можно протестировать, и пока похоже, что она проходит это тестирование.

Если вы воспринимаете работу Мандельброта как переработку ранних работ о случайных рынках, которая указывает, почему они дают сбой и как, тогда предположение Сорнетта — это вторая переработка. Это способ сказать, что даже если рынки «дико» случайны и предельные случаи постоянно возникают, по крайней мере, некоторые предельные случаи можно предвидеть, если вы знаете, что надо искать. Эти «короли-драконы» могут в корне изменить всю мировую экономику, но их можно изучить и понять. Они — явления из мифов, но не загадка.

Глава 8

Новый Манхэттенский проект

И снова они спорят. Пиа Мелани положила руки на стол и наклонилась, чтобы лучше слышать своего жениха, Эрика Вайнштейна*. Вайнштейн, недавно защитивший кандидатскую по математике в Гарварде, работал научным сотрудником в Массачусетском технологическом институте. Они сидели в одном из баров в Кембридже. Вайнштейн рассуждал о том, как идеи, использованные в его диссертации, могли быть применимы к ее работе. Проблемой было то, что его работа посвящалась применению абстрактной геометрии в математической физике. А ее — относилась к экономике. Эти два проекта казались настолько далекими друг от друга, насколько это можно было себе представить. Она вздохнула, с иронией вспоминая, насколько проще было вести такие споры до того, как она привлекла его на свою сторону.

Мелани встретила Вайнштейна в 1988 году, когда он уже был выпускником, а она — студенткой экономического факультета в Веллесли, женском колледже, располагавшемся недалеко от Бостона. В то время Вайнштейн имел весьма смутное представление об экономике, такое же как большинство его коллег-математиков. Он считал, что экономика состоит из математически простых теорий, которые ни при каких обстоятельствах не могли описать всю сложность человеческого поведения. Вайнштейн выводил из себя своих друзей с экономического факультета, называя их область специализации «разговором для вечеринок»: несущественным и тривиальным. Он с радостью

* Начало главы опять несколько драматизировано, но основные факты верны. История Мелани и Вайнштейна никогда раньше не рассказывалась. Представленная здесь версия изложена с их точки зрения и включает в том числе их мнения о мотивации некоторых ее героев. История основана на многочисленных интервью с Вайнштейном, а также на интервью с Мелани и Ли Смолиным. Мелани и Вайнштейн читали первые рукописи главы и сделали ряд ценных замечаний в отношении ее тона и достоверности изложения.

признавал, что мало знает об экономике, потому что, в конце концов, больших знаний она и не требует.

Мелани не нравились взгляды ее жениха, и она настойчиво защищала работу своих коллег от нападок Вайнштейна.

А потом однажды она заметила, что убедила его. Внезапно он перешел от попыток доказать ей, что экономика бесполезна, к мысли о том, что они могли бы работать вместе. Теперь Вайнштейн мог говорить только о том, как, имея его подготовку в области математики и физики и ее знания в области экономики, они могли бы разобраться в самых разных проблемах, которые в прошлом ставили экономистов в тупик. Долгое время самой сложной задачей для Мелани было заставить молодого человека прочитать книжки по экономике, чтобы он понял ее суть. Теперь настала ее очередь блуждать в дебрях математической физики. А к этому она была не готова.

И все же она не могла отрицать, что их сотрудничество уже принесло свои плоды. Они начали работать над так называемой проблемой числовых индексов. Эта проблема заключается в том, как свести сложную информацию о мире, например, сведения о стоимости и качестве различных товаров, к одному показателю, который может служить для сравнения, скажем, экономического здоровья и статуса страны в один период времени с ее экономическим статусом в другие периоды. Некоторыми всем известными примерами являются индексы рынка, такие как промышленный индекс Доу-Джонса или S&P 500. Эти показатели заключают в себе сложнейшую информацию о состоянии фондового рынка США. Еще одним часто упоминаемым индексом является Индекс потребительских цен (ИПЦ). Этот показатель заключает в себе информацию о стоимости самых обычных вещей, которые покупает житель США: продуктах питания и коммунальных услугах. Числовые индексы жизненно важны для экономической политики, так как они представляют собой стандарт, с которым сравниваются экономические показатели в различные моменты времени и в различных местах. (Журнал Economist предложил чрезвычайно простой индекс, назвав его «Индексом бигмака». Идея заключается в том, что стоимость бигмака в «Макдоналдсе» является надежной константой, которая может использоваться для определения стоимости денег в различных странах в различные периоды времени).

Вместе Мелани и Вайнштейн разработали абсолютно новаторский подход к решению проблемы числовых индексов с использованием одного из инструментов математической физики: калибровочной теории. (На первых этапах математической проработкой современной калибровочной теории — именно на эту тему Вайнштейн писал свою диссертацию — в основном занимался Джим Саймонс, специалист по математической физике, позднее занявшийся управлением хедж-фондами и основавший в 1980-х годах компанию Renaissance Technologies). Калибровочные теории используют геометрию для сравнения на первый взгляд несравнимых физических величин. Это, по мнению Мелани и Вайнштейна, и было основной проблемой числовых индексов, хотя в данном случае вместо несравнимых физических величин необходимо было сравнивать различные экономические показатели.

Это был необычный, высокотехнический подход к экономике, что заставляло Мелани немного нервничать, так как она не знала, какова будет реакция экономистов, не привыкших к математическому анализу на столь высоком уровне. Но, показав проект своему руководителю, суперзвезде факультета экономики Гарварда Эрику Маскину, она решила сделать этот подход темой своей диссертации. (Эрик Маскин в 2007 году получит Нобелевскую премию по экономике.) Маскин сказал ей, что идея отличная. Он считал, что она продвинулась в изучении столь важной темы, которая в долгосрочной перспективе может оказать значительное влияние и на политику, и на экономику. Летом 1996 года Мелани закончила свою диссертацию и стала думать о поступлении на должность преподавателя в один из ведущих исследовательских университетов. Защитив диссертацию на столь прогрессивную тему и имея поддержку своего научного руководителя, она имела все основания считать себя перспективным кандидатом. Она мечтала о научной карьере.

Сколько стоят деньги?*

 Это может показаться странным вопросом. Для большинства людей деньги собственной стоимости не имеют. Стоимость денег обусловлена тем, что вы можете с их помощью сделать. Возможно, любовь за деньги не купишь, но, без сомнения, вы сможете купить себе апельсиновый сок, или пару брюк, или новый

* Чтобы узнать больше об истории числовых индексов, см. работы Манкива (2012 г.), Кругмана и Уэллса (2009 г.). Для получения более подробной информации см. работы Тервея (2004 г.), Барнетта и Шове (2010 г.), Ханда (2000 г.) или Аллена (1975 г.).

автомобиль. Но с течением времени количество денег, необходимое вам для покупки того же апельсинового сока, брюк или нового автомобиля меняется (посмотрите хотя бы на ценники). Бабушки и дедушки во всем мире рассказывают своим внукам, как дешево стоили шоколадные батончики или билеты в кино. На пятак в 1950 году можно было позволить себе намного больше, чем теперь. Это падение стоимости денег мы обычно называем инфляцией.

Но как нам измерить инфляцию? Ведь цены не меняются одинаково на все. Даже если некоторые товары с течением времени дорожают, некоторые могут и подешеветь. Подумайте только, что Apple II, один из первых массовых персональных компьютеров с головокружительной скоростью работы процессора в 1 МГц и поразительным объемом памяти в 48 Кб, когда он впервые поступил в продажу в 1977 году, стоил 2638 долларов США. Сегодня, почти тридцать пять лет спустя, вы можете купить стационарный компьютер, имеющий процессор в три тысячи раз быстрее и память в сто тысяч раз больше, всего за часть этой суммы, за несколько сотен долларов. Ну и что, что шоколад подорожал, зато компьютерная мощность сегодня не стоит почти ничего по стандартам 1970-х годов.

Одним из способов, которые используют экономисты для решения этой проблемы, является анализ того, как изменяются цены на широкий спектр продукции. Они делают это, отслеживая цену на то, что называется стандартной продуктовой корзиной — воображаемой тележкой, в которой лежат продукты питания и хозяйственные товары, такие как бензин и топливный мазут, а также некоторые услуги, такие как образование, медицинское обслуживание и коммунальные услуги. Именно продуктовая корзина используется для расчета ИПЦ, который представляет собой среднюю цену на различные товары и услуги. Анализируя таким образом изменение цен на многие позиции, вы можете получить грубое представление о том, где сейчас стоит доллар (или евро, или иена) по сравнению с каким-либо определенным моментом в прошлом. Цены на бензин могут взлететь в течение нескольких месяцев, в то время как цены на компьютеры могут падать в течение нескольких лет. При этом изменение стоимости стандартной продуктовой корзины является относительно устойчивым показателем того, насколько изменяется покупательная способность денег с течением времени.

С учетом того, какую роль играет ИПЦ для расчета таких показателей, как инфляция, важно правильно его рассчитать. К сожалению, это непросто. В первую очередь стоит вопрос, что же должно войти в продуктовую корзину. Люди, ведущие разный образ жизни, часто очень по-разному тратят свои деньги. Семья с детьми, живущая на севере штата Нью-Йорк, покупает совершенно другие вещи (например, зимнюю одежду и топливный мазут), чем холостяк из Южной Калифорнии (который, вероятно, будет покупать доски для серфинга); фермеры из Айовы имеют абсолютно другие потребности и предпочтения, чем работники шахт из Западной Вирджинии. Трудно определить, какова должна быть единая потребительская корзина, чтобы полностью отразить столь разный образ жизни. По этой причине Статистическое управление США, которое рассчитывает ИПЦ в Америке, фактически определяет целый ряд различных показателей для людей, работающих в различных отраслях, проживающих в различных регионах и т. п.

Но такая вариативность говорит о более глубокой проблеме. Если то, что покупают люди или семьи, различается в разных семьях и в разных регионах, их предпочтения, предположительно, могут изменяться и с течением времени. Такие изменения могут отличаться своим масштабом. Представьте себе стандартную потребительскую корзину 1950 года, задолго до эпохи мобильных телефонов и персональных компьютеров, когда лишь немногие люди поступали в колледжи или отправлялись в отпуск всей семьей на самолете. Если вы посмотрите на сегодняшнюю стоимость той стандартной потребительской корзины, вы не получите правдивой информации о стоимости жизни сегодня. Но вы не получите ее и взглянув на то, что покупает человек в течение достаточно короткого периода его жизни. Стандартная потребительская корзина недавнего выпускника колледжа существенно отличается от его же корзины через несколько лет, когда он уже остепенился и женился, или еще через несколько лет, когда у него уже появились дети. Из-за изменений в культуре, демографии и технологиях расчет показателей инфляции или изменения стоимости жизни кажется практически нерешаемой задачей. Вот почему проблема числовых индексов настолько сложна: вам необходимо найти способ сравнивать различные показатели в разные моменты времени и для людей, ведущих разный образ жизни.

ИПЦ похож на затупившийся инструмент. Почти каждый из экономистов согласен с тем, что необходимо найти какой-то способ его «заточки». Однако этот индекс имеет ключевое значение для определения политики, так как играет центральную роль при расчете инфляции, которая, в свою очередь, влияет практически на каждую позицию в бюджете. В США, например, пороговые показатели для отнесения к той или иной категории налогообложения привязаны к стандартному темпу инфляции. Точно так же, как и размер заработной платы государственных служащих. Размер взносов на социальное страхование также определяется инфляцией. Каждый год эти показатели пересчитываются в зависимости от темпа инфляции за прошлый год, чтобы отразить изменения в стоимости жизни. В июне 1995 года Сенат США сформировал Консультативную комиссию для изучения Индекса потребительских цен*. Ее еще называют Комиссией Боскина в честь Майкла Боскина, профессора экономики Стэнфордского университета, который ее возглавлял. Детище сенатора Боба Пэквуда**, который в то время был председателем Финансового комитета Сената, Комиссия Боскина должна была определить наилучший способ расчета ИПЦ и, разумеется, инфляции.

Для Мелани и Вайнштейна Комиссия Боскина была как манна небесная. Формирование Сенатом комитета, перед которым была поставлена задача решить именно ту проблему, над которой они трудились, сразу сделало работу Мелани и Вайнштейна актуальной. Для них это была прекрасная возможность внести свой вклад не только в экономическую теорию, но и в государственную политику, поскольку Пэквуд планировал незамедлительно внедрить в практику результаты работы Комиссии Боскина. И что еще лучше, одним из экономистов, назначенных в состав комиссии, был Дейл Йоргенсон с факультета экономики Гарварда.

В 1913 году Герману Вейлю был предложен пост декана факультета математики Швейцарского федерального технологического института

* См. работу Боскина и др. (1996 г.) для ознакомления с итоговым отчетом, а также работу Боскина и др. (1998 г.). История Комиссии Боскина изложена в следующих работах: Шилан (2010 г.), Бейкер (1998 г.), Бейкер и Вайсброт (1999 г.), Гордон (2006 г.). Отчет о том, как Статистическое управление США ответило на отчет Боскина, можно найти в работе Гринлеса (2006 г.).

** Пэквуд ушел из Сената 7 сентября 1995 года в связи с подозрением в сексуальных домогательствах.

(ФТИ) в Цюрихе (где в настоящее время преподает Дидье Сорнетт), ему было всего двадцать семь лет*. Он приехал из Германии, из Гёттингенского университета, который в начале 1920-х годов был центром мировой математики. Его научным руководителем в Германии был Давид Гильберт, который на тот момент времени, по всеобщему признанию, являлся самым влиятельным математиком. Будучи студентом Гильберта в Гёттингене, Вейль находился в самом центре математического мира.

Но в Цюрихе все было по-другому. Репутация Федерального технологического института была прекрасной, но сама школа была довольно новой: институт был реструктурирован и получил статус университета только в 1911 году; студенты выпускных курсов еще доучивались по программе инженерных специальностей. Еще один, Цюрихский университет, был самым крупным в Швейцарии. Но это тоже был не Гёттинген.

Вейль не был единственным новым сотрудником в ФТИ. В рамках реструктуризации университет пригласил ряд специалистов на факультет физики. Одним из них был многообещающий молодой физик, студент ФТИ Альберт Эйнштейн**. Эйнштейн писал свою кандидатскую диссертацию по физике в Университете Цюриха и выпустился из университета в 1905 году. В том же году он опубликовал математическую модель броуновского движения (в этом его предшественником, безусловно, являлся Башелье), предложил теорию фотоэлектрического эффекта (за которую в 1921 году получит Нобелевскую премию) и разработал специальную теорию относительности, в том числе свое знаменитое уравнение $e = mc^2$. И все же ни одна из этих работ не принесла Эйнштейну успеха в то время. По окончании аспирантуры он переехал за 150 километров, в Берн, где единственной работой, которую он смог найти, стала должность клерка в патентном бюро. Иногда ему давали вести занятия в местном университете.

Однако постепенно, по мере того как все больше физиков стали понимать значение его работ 1905 года, репутация Эйнштейна укреплялась. В 1911 году его пригласили на должность профессора

* Для более подробного ознакомления с биографией Вейля и его вкладом в геометрию см. работы Атия (2003 г.) и Шольца (1994 г.).

** Для более подробного ознакомления с биографией Эйнштейна см. работы Исааксона (2007 г.), Галисона (2003 г.) и Паиса (1982 г.).

в Немецкий университет в Праге, а на следующий год предложили работу в его альма-матер. К моменту своего возвращения в Цюрих Эйнштейн уже был яркой звездой в мире физики. Его карьера в течение нескольких лет буквально взлетела до небес. Но в Цюрихе он пробыл недолго: в 1914 году он был назначен директором Института кайзера Вильгельма в Берлине. Однако года, проведенного рядом с Эйнштейном, оказалось достаточно для того, чтобы полностью изменить ход исследований Вейля. Несмотря на то что он был прежде всего математиком в самом строгом смысле этого слова, Вейль считал теорию относительности Эйнштейна захватывающей, особенно с учетом того, что, когда они встретились, Эйнштейн только начал понимать важность для своей теории современной геометрии.

Основная идея, лежащая в основе общей теории относительности, состоит в том, что материя (как обычные вещи, такие как автомобили и люди, так и звезды) влияет на геометрические свойства пространства и времени*. А эти геометрические свойства, в свою очередь, определяют, как движутся тела. Именно движение массивных объектов через деформированное пространство и время воспринимается нами как гравитация, физическое явление, которое позволяет нам устойчиво держаться на поверхности Земли, а также не позволяет Земле сместиться со своей эллиптической орбиты вокруг Солнца. Общая теория относительности абсолютно отличается от старой ньютоновской теории гравитации. В ньютоновской теории гравитации пространство и время являются статичными. Их свойства не связаны с материей, имеющейся в пространстве. Тела притягиваются друг к другу под действием необъяснимой силы, которая мгновенно действует на расстоянии.

В теории Эйнштейна материя воздействует на пространство и время, искривляя их. Когда физики и математики говорят об «искривлении», они имеют в виду то, что мы все понимаем под этим словом. Поверхность стола или лист бумаги плоские, а баскетбольный мяч или бумага в рулоне — искривлены. Но с математической точки зрения отличие поверхности стола от баскетбольного мяча состоит не в том, что баскетбольный мяч может катиться, а крышка стола нет, и не в том, что проще стоять на крышке стола, чем на мяче. Фактором, ха-

* Чтобы больше узнать об общей теории относительности, см. работы Миснера (1973 г.), Уолда (1984 г.). Лучшее нетехническое введение в предмет представлено Герочем (1981 г.).

рактически для математика искривление, является то, насколько сложно заставить стрелку указывать в одном и том же направлении по мере ее перемещения по поверхности. Если объект плоский, это очень просто. Но это довольно сложно, если он искривлен.

Я признаю, что объяснение звучит несколько запутанно. Но несложно увидеть, как это действует на практике. Сначала представьте себе, что вы стоите на тротуаре где-нибудь в центральной части Манхэттена, где улицы образуют решетку. Постарайтесь вообразить, что произойдет, если вы обойдете квартал по часовой стрелке, стараясь всегда находиться лицом в одном направлении, скажем, смотря на север. (В этом примере направление вашего взгляда соответствует направлению стрелки.) Вы можете сначала пройти немного прямо, по направлению от центра города. Когда вы дойдете до угла, вы повернете направо, на восток, и пойдете по поперечной улице. Но вы не можете повернуть свое тело на перекрестке, так как стараетесь все время смотреть в одну сторону. По поперечной улице вам надо будет идти боком. А когда вы дойдете до следующего угла, где вам снова надо будет идти на юг, вам придется передвигаться спиной вперед. Если вы, обходя квартал, будете следовать этим инструкциям, то снова выйдете на тот угол, откуда начинали, и при этом будете смотреть все в том же направлении.

Это неудивительно. В конце концов, вы не меняли положения своего тела, так почему же вы не будете смотреть в том же направлении? Теперь представим себе более долгую дорогу. Вместо того чтобы обходить квартал, вы будете обходить земной шар, глядя в одном направлении (пусть снова на север). На первом участке своего маршрута вы выйдете из Нью-Йорка и будете просто двигаться на восток, по направлению к Европе. Когда вы прибудете во Францию, вам надо будет пройти всю дорогу до Азии, двигаясь ползком на спине. При этом ваше лицо все время будет повернуто к Северному полюсу. После долгой прогулки (в достаточно неудобном положении) вы наконец достигнете Тихого океана, а затем направитесь к Калифорнии. Когда вы доберетесь до Нью-Йорка, если никогда не поворачивали свое тело, вы все еще будете смотреть на север.

Вот еще один маршрут, который начинается и заканчивается в одной точке. Вы начинаете двигаться на восток, как и раньше. Тем не менее, когда вы достигнете Казахстана, вам придется изменить

маршрут. Вместо того чтобы идти в Китай, вы направитесь на север, в Россию (по крайней мере, теперь вы можете идти лицом вперед). Вы дойдете до Полярного круга, не поворачивая свое тело. Когда вы достигнете Северного полюса, то увидите Нью-Йорк прямо впереди себя, далеко на юге. Вы продолжите двигаться через Северную Канаду, а затем вдоль Гудзона, пока не прибудете в Нью-Йорк. Но теперь, дойдя до начальной точки своего маршрута, вы будете смотреть абсолютно в противоположном направлении: на юг! Так что же произошло? Вы не поворачивали свое тело ни в одной точке маршрута и все же в конце повернулись лицом в направлении, абсолютно противоположном тому, куда смотрели вначале и в конце вашего первого путешествия.

Причиной того, что вы повернулись лицом в другую сторону по окончании вашего второго кругосветного путешествия, является кривизна земного шара (см. рис. 5) в отличие от городского квартала, который является плоским. (По крайней мере, в первом приближении, поскольку реальные городские кварталы стоят на поверхности Земли, которая, естественно, является искривленной. Но вы не замечаете эффекта кривизны ее поверхности на столь коротких расстояниях.) Если вы представите себе муравья, пытающегося проделать тот же эксперимент на кухонном столе, то увидите, что вне зависимости от выбранного им маршрута в конце пути он всегда будет смотреть в том же направлении. Это то, что имеют в виду математики, когда говорят, что поверхность или какая-либо фигура плоские: «независимость от траектории при параллельном переносе» (перенос называется параллельным, поскольку нашей целью является то, чтобы в каждый момент времени положение вашего тела было параллельным его последнему направлению). В то же время для искривленных поверхностей направление стрелки в конце маршрута является «зависимым от траектории». На искривленной поверхности использование различных траекторий может дать различные результаты.

Связь между зависимостью от траектории и искривленностью может быть незнакома неспециалистам в математике. Но основная идея зависимости от траектории знакома всем. В нашей повседневной жизни мы сможем легко найти примеры вещей, зависящих от траектории и независимых от нее. Если вы зашли в магазин за продуктами, количество молока, которое будет у вас в сумке, когда вы придете до-

мой, будет независимым от траектории. Количество молока не изменится, если вы будете возвращаться домой другим маршрутом. При этом количество бензина в вашем баке зависит от траектории. Если вы поедете прямо домой, вы потратите меньше бензина, чем если бы выбрали красивый маршрут. Зависимость от траектории при параллельном переносе — это частный случай более общего утверждения о том, что иногда вещи зависят не только от того, где вы начинаете и заканчиваете свой маршрут, но также и от дороги, которую вы выбираете между двумя точками.

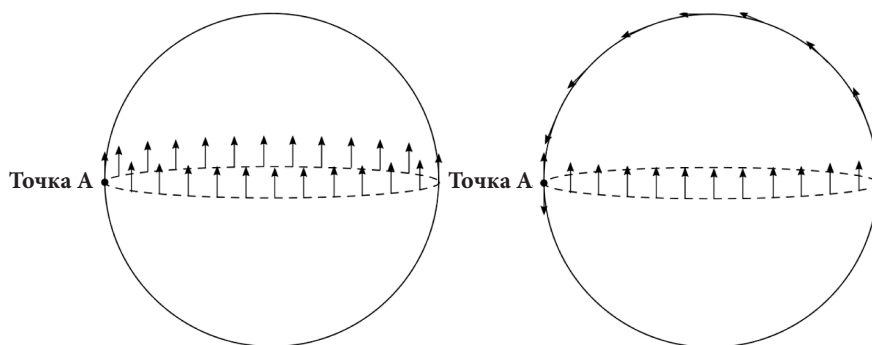


Рис. 5

Рисунок 5. Если вы двигаете стрелку по какой-либо траектории по искривленной поверхности, стараясь, чтобы стрелка постоянно указывала в одном и том же направлении, направление, в котором будет указывать стрелка в конце траектории, будет зависеть от выбранной траектории. Математики называют это свойство искривленных поверхностей «зависимостью параллельного переноса от траектории». На этом графике изображены две траектории перемещения по сфере. При движении по первой траектории стрелка выходит из точки А на экваторе, проходит по экватору и возвращается в точку А. В конце траектории стрелка указывает в том же направлении, что и в начале пути. Вторая траектория также начинается из точки А и проходит по экватору, но только до середины. На другой половине сферы траектория идет вверх до Северного полюса и возвращается в точку А по этому пути. В конце данного перемещения стрелка будет указывать в направлении, противоположном тому, куда она указывала в начале траектории. Вейль предположил, что можно создать физическую

теорию, в соответствии с которой от траектории зависит не только направление, но и длина стрелки. Физический мир, естественно, так не функционирует, но за те годы, что прошли с момента, когда Вейль предложил свою теорию (которую он назвал «калибровочной теорией»), многие физики и математики успешно адаптировали придуманную им математическую модель к другим проблемам.

Общая теория относительности Эйнштейна основана на том, что пространство и время искривлены в том смысле, что параллельный перенос зависит от траектории. Однако Вейль решил, что Эйнштейн пошел недостаточно далеко. Согласно общей теории относительности, если вы начнете передвигать стрелку из начальной точки по траектории, оканчивающейся в той же точке, в конце пути она может указывать в совершенно другом направлении. Но она всегда будет иметь одну и ту же длину. Вейль считал это произвольным признаком, не имеющим физического значения. Поэтому создал альтернативную теорию, в которой длина стрелки также зависела от траектории. То есть если бы вы передвигали линейку по двум различным замкнутым траекториям, она могла бы иметь разную длину к моменту ее возвращения в начальную точку, в зависимости от выбранной траектории.

Вейль назвал свою новую теорию калибровочной*. Этот термин был использован впервые. Он основывался на идее о том, что не существует ничего универсального, одного единственно верного для всего способа «калибровать» или измерить длину линейки. Предположим, что вы и ваш сосед утром оба покидаете свой переулок, чтобы ехать на работу. Представьте, что вы за рулем совершенно одинаковых машин и оба работаете в одном и том же месте. Что бы вы сказали, если бы вас остановили и спросили, какая из машин будет иметь больше бензина при приезде на работу — ваша или соседская? Вы бы взглянули на приборы и увидели, что ваш бак полон. Затем вы бы спросили у соседа, сколько бензина у него. Но этой информации недостаточно для того, чтобы ответить на вопрос. Ответ будет зависеть от траектории, которую вы и ваш сосед выбрали, чтобы попасть на работу: может быть, вы двигались прямым маршрутом, а сосед — по наиболее красивым местам. Ваш сосед мог поехать по скоростному

* Для получения дополнительной информации о калибровочной теории, в том числе о вкладе в нее Вейля на ранних этапах, см. работу О'Рэферти (1997 г.).

шоссе, а вы — по городским улицам. Вне зависимости от ситуации количество бензина в баках в конечной точке маршрута будет зависеть от траектории, по которой вы двигались на работу. Сравнение определенных зависящих от траектории показателей не дает прямого ответа.

Именно в этом смысле теория Вейля говорит об отсутствии универсального способа измерения длины линейки, поскольку не имеется не зависящего от траектории способа сравнить две линейки в двух разных местах. Но Вейль понимал, что это необязательно должно являться проблемой: если бы вы хотели сравнить длину линейки в Чикаго с длиной линейки в Копенгагене или на Марсе, все, что вам надо было бы сделать, — это придумать способ собрать все линейки вместе, чтобы приложить их друг к другу. Этот способ не является независимым от траектории, но он тоже подходит, если вы сможете себе представить, как изменение в длине зависит от выбранной вами траектории. Другими словами, Вейль понял, что единственной значимой частью его теории является разработка математического стандарта сравнения длин, способа «соединить» различные точки с использованием подхода, основанного на строгих принципах, что позволит сравнивать линейки, даже если их длина будет зависеть от траектории. Математическое достижение Вейля состояло в том, чтобы показать, как сравнить два количественных показателя, которые не могут быть сравнены в других обстоятельствах, сведя их в одну общую точку, где их свойства (в данном случае — длина) могут быть сравнены непосредственно.

Теория Вейля успеха не имела. Эйнштейн быстро показал, что она не соответствует некоторым известным экспериментальным данным, и вскоре она была отправлена в мусорную корзину научной истории. Но основная идея Вейля о калибровке, то есть о том, что для определения, являются ли две величины равными в физической теории, необходим стандарт сравнения, учитывающий возможную зависимость от траектории, приобрела значительно большую важность, чем теория, приведшая к ее возникновению. Калибровочную теорию в 1950-х годах воскресили двое молодых исследователей из Брукхейвенской национальной лаборатории — Чжэньнин Янг и Роберт Миллс. Янг и Миллс продвинули теорию Вейля еще на один шаг вперед: если было возможно создать теорию, при которой длина зависела от траектории, возможно ли создать теории, по которым

другие количественные величины также будут зависимы от траектории? Как они поняли, ответ был «да»*. И перешли к разработке общей структуры для значительно более сложных калибровочных теорий, чем мог себе представить Вейль.

Эти теории, известные сегодня как теории Янга—Миллса, вызвали явление, которое иногда называется «калибровочной революцией». Начиная с 1961 года фундаментальная физика была переписана с точки зрения калибровочной теории. Этот процесс еще более ускорился, когда Янг в сотрудничестве с Джимом Саймонсом из компании Renaissance позднее выявил глубокую связь между калибровочными теориями Янга—Миллса и современной геометрией. Калибровочные теории были особенно важны для физики, так как они стали естественной средой для поиска «унифицированных» теорий, в которых объектом унификации стал стандарт, в соответствии с которым сравнивались различные количественные показатели теорий. К 1973 году три фундаментальных силы физики частиц — электромагнетизм, слабое взаимодействие и сильное взаимодействие — оказались объединенными единой структурой на основе калибровочной теории. Эта структура получила название Стандартной модели физики частиц**. Сегодня она является единственной наилучшим образом подтвержденной теорией, которая когда-либо была создана в какой-либо области. Она является сердцем современной физики.

Работники академии, в особенности занимающие самые привлекательные должности преподавателей, имеют фиксированный график работы. Каждый год в конце лета студенты, почти закончившие свои диссертации, решают, будут ли они подавать документы в этом году. Если студент и его научный руководитель считают, что диссертация практически готова, студент начинает формировать досье, в которое включаются рекомендательные письма от факультета, примеры работы в составе его диссертации, а также заявление с указанием области исследований, интересующей студента. Осенью отделения, ищущие новых сотрудников для своих факультетов, объявляют об открытых

* Саймонс и Янг описывают свое сотрудничество в работе Циммермана (2009 г.); см. также знаменитый словарь Ву—Янга (Ву и Янг, 1975 г.).

** Для получения дополнительной информации о Стандартной модели см. работу Ходдсон и др. (1997 г.), чтобы прочитать о ее истории, и работу Коттингхема и Гринвуда (2007 г.), чтобы ознакомиться с физикой модели.

вакансиях. Кандидаты должны подать заявления до конца ноября. Если вам повезет, вас пригласят на интервью в отдел кадров, при успешном прохождении которого вы сможете посетить заинтересованные в вас учебные заведения и прочитать лекции о вашей исследовательской работе. Во многих дисциплинах, в том числе экономических, этот процесс называется «выход на рынок». Такое определение наиболее четко описывает процесс, который по сути своей похож на открытое прослушивание для научных работников. И этот процесс является источником огромного стресса. Ведь именно успешный выход научного работника на рынок во многом определяет его дальнейшую карьеру.

История исследовательской работы студента-выпускника и качество его диссертации являются определяющими факторами для получения им работы в научной сфере. Но еще более важную роль играют рекомендательные письма, составленные факультетом в поддержку студента. Если знаменитые, уважаемые профессора говорят о том, что ваша исследовательская работа хорошая или важная, это может стать решающим фактором. Каждый год на экономическом факультете Гарварда проходит общефакультетское собрание, на котором определяют, кто из студентов в этом году получит единогласную поддержку этого знаменитого факультета. На отделениях рассматривается каждая кандидатура, а научные руководители привлекают все отделение, чтобы ускорить работу студента и улучшить его перспективы. Обычно это закрытый процесс, поэтому только сотрудники факультета знают, что происходит. Однако к концу собрания у многих студентов буквально крылья вырастают за спиной. Когда отделы кадров объявят о вакансиях, эти студенты получат особую поддержку. Остальным повезет меньше.

Учитывая важность своей работы и серьезную поддержку со стороны научного руководителя, Пиа Мелани имела все основания ожидать, что она преуспеет в этом процессе. У нее для этого было все. Но потом настал день октябрьского собрания. После него она и Маскин встретились, чтобы обсудить перспективы ее работы в свете решения факультета. Перспективы были уже не столь радужными*.

* Описанная здесь версия событий изложена на основе рассказа Вайнштейна и Мелани. Я связался с Маскиным, чтобы подтвердить ее, но он сказал, что недостаточно хорошо помнит эти события, чтобы их прокомментировать.

Идя на собрание, Маскин был уверен в том, что диссертация Мелани была превосходна. Но не все на отделении были с ним согласны. В частности, один человек имел свои возражения: Дейл Йоргенсон, один из двух представителей Гарварда в Комиссии Боскина и эксперт по проблеме числовых индексов. Мелани реализовала свой проект именно в той области, которую анализировала Комиссия Боскина. Она разработала элегантную математическую структуру для решения именно той проблемы, которая была на них возложена. И поэтому, когда узнала о назначении Йоргенсона в Комиссию, она встретила с ним. С большим душевным подъемом она описала ему свою работу, показывая, как калибровочная теория могла быть применена для решения этой важной проблемы. В ответ Йоргенсон буквально вышвырнул ее из своего офиса со словами «У вас ничего нет»*.

В тот момент Мелани пришла в уныние, но не сдалась. Ну и что, что она не смогла убедить Йоргенсона с первой попытки? Маскину нравятся ее идеи, он станет ее научным руководителем при написании диссертации. В конце концов, ее работа будет говорить сама за себя. Но по мере того, как Мелани подавала заявки на трудоустройство, ее видение собственного будущего постепенно менялось. В ходе интервью становилось понятно, что возражения Йоргенсона по ее проекту имели глубокие корни. Несколько месяцев спустя, когда Комиссия Боскина обнародовала результаты своей работы, причины его возражений стали понятны.

Мелани много лет потратила на то, чтобы убедить Вайнштейна отнестись к экономике всерьез. Она перепробовала все: приводила в пример известных экономистов, разъясняла самые влиятельные

* События снова излагаются на основе рассказа Вайнштейна и Мелани. Они вспоминают, что критика Йоргенсоном проекта Мелани состояла в том (как он говорил), что она всего лишь нашла новый способ вывода так называемого индекса Дивизиа. Индексы Дивизиа (или агрегированные денежные показатели Дивизиа) представляют собой альтернативный метод измерения переменных экономических показателей, таких как инфляция. Эти методы уже были хорошо известны (хотя широко не использовались), когда Мелани представила свои идеи Йоргенсону. Новаторский подход Мелани и Вайнштейна к выводу индекса Дивизиа уже дал значимые новые результаты. Чтобы больше узнать об индексе Дивизиа, см. работы Дивизиа (1925 г.), Барнетта и Шове (2010 г.) и Ханда (2000 г.). В частности, см. работу Барнетта (2012 г.), в которой он говорит, что денежная политика США страдает от существенных проблем, порожденных использованием ненадлежащих статистических показателей, в частности, недостаточным использованием индекса Дивизиа. Другими словами, существует политический вопрос в отношении индекса Дивизиа, тесно связанный с тем вопросом, на изучение которого была направлена работа Комиссии Боскина.

теории, описывала важные результаты экспериментов. Но Вайнштейн не воспринимал ее слова. Экономика была для него бесполезным времяпрепровождением, псевдонаукой. Наконец, будучи почти готовой сдать, Мелани предприняла последнюю попытку. Она задала Вайнштейну задачу, известную как теорема Коуза*, решение которой было равнозначно созданию классического труда по экономике.

Британский экономист Рональд Коуз свою основную научную деятельность вел в США, в Чикагском университете. Он интересовался тем, что сам называл «социальными издержками». Представьте себе, что вы — местный шериф в сельскохозяйственном районе. Двое ваших избирателей обратились к вам, чтобы вы помогли им разрешить спор между ними. Один из них — владелец ранчо, выращивающий скот. Второй — его сосед, выращивающий соевые бобы. Спор между ними возник в связи с тем, что скот владельца ранчо постоянно заходил на участок фермера и уничтожал урожай. В последнее время конфликт усугубился, поскольку фермер узнал, что владелец ранчо хочет увеличить поголовье скота, поэтому опасается, что все может стать еще хуже. Что вы должны сделать в этой ситуации?

Когда Коуз попытался сформулировать ответ на проблему социальных издержек, описанную выше, он пришел к ошеломляющему выводу. Не имеет значения, что сделает шериф (по крайней мере, в долгосрочной перспективе), если будут выполняться три условия: нанесенный ущерб должен быть надлежащим образом подсчитан, должно быть сформировано четкое представление об имуществе и должна соблюдаться свобода договора. Чтобы убедиться в том, что это так, давайте проанализируем, что будет, если шериф скажет владельцу ранчо, что тот может иметь столько голов скота, сколько захочет, но он обязан компенсировать весь ущерб, нанесенный им. По сути, владелец ранчо понесет дополнительные затраты на выращивание скота. В зависимости от размера ущерба, а также от стоимости соевых бобов для владельца ранчо увеличение поголовья может иметь смысл, даже если ему придется оплачивать фермеру стоимость уничтожаемых животными соевых бобов. Если владелец ранчо будет выплачивать фактическую стоимость бобов, то для фермера не будет иметь значения, получает ли он доход за счет продажи соевых бо-

* Теорема Коуза была впервые описана в работе Коуза (1960 г.). См. также работу Кругмана и Уэллса (2009 г.).

бов или за счет компенсаций, выплачиваемых соседом. Фактически он может воспринимать владельца ранчо как покупателя, приобретающего все бобы, уничтожаемые скотом. В конце концов владелец ранчо и фермер придут к соглашению о том, какое поголовье скота может содержать владелец ранчо, на основе того, что будет наиболее выгодно обеим сторонам. А если шериф примет иное решение? Если фермер будет обязан платить владельцу ранчо, чтобы тот не позволял своему скоту уничтожать урожай? Они также придут к соглашению аналогичным образом. Теорема Коуза говорит о том, что исход будет всегда один и тот же: обе стороны придут к соглашению, которое будет максимально выгодным для каждой из них.

Когда Мелани предложила Вайнштейну подумать над этой проблемой, он взялся за нее всерьез. Сделав несколько простых математических расчетов, аналогичных тем, которые были сделаны Коузом, Вайнштейн вскоре увидел решение проблемы, такое же, к которому пришел Коуз. Но это, по мнению Вайнштейна, было сюрпризом. По крайней мере, в данном случае. Казалось, несмотря на то что с математической точки зрения все было в порядке, расчеты привели к весьма неочевидному результату, который тем не менее был значимым. Процесс на удивление напоминал использование математики в физике: вы делаете некоторые упрощающие допущения, а затем используете математику, чтобы разобраться в проблеме, которая при других обстоятельствах оставалась бы трудноразрешимой. И что более важно, если бы кто-нибудь рассказал Вайнштейну о теореме Коуза до того, как он сам ее решил, он, вероятнее всего, подумал бы, что решение проблемы имеет политическую подоплеку и является плохо замаскированным обоснованием для уменьшения государственного вмешательства, а математика добавлена лишь для того, чтобы придать ему основательности. Но теперь он видел, что все не так просто.

Его интерес к экономике резко возрос. Вайнштейн начал искать другие примеры, в которых при помощи математики достигались неочевидные результаты. И нашел несколько таких примеров. Одним из них была модель Блэка—Шоулза, поскольку в ней используются достаточно сложные математические расчеты, чтобы добраться до сути того, что стоит за формированием и торговлей опционами. Другим примером стала теорема Эрроу, знаменитый парадокс теории коллективного выбора, которая говорит о том, что если группа людей

должна сделать выбор между тремя и более вариантами, не существует системы выборов, которая могла бы изменить упорядоченный список альтернатив всех индивидуумов в группе так, чтобы она превратила набор из таких списков в общий упорядоченный список.

Вайнштейн понял, что его критика экономики не имела оснований. Теперь он считал, что математика может эффективно использоваться для понимания экономических проблем. Эта мысль кружила ему голову, она означала, что человек с некоторыми математическими способностями и знанием физики имел шанс разобраться с проблемами экономики. Вскоре вместо поиска примеров продуктивного использования математики в экономике Вайнштейн и Мелани начали искать случаи, где математика не использовалась, по крайней мере пока. Вместе они наткнулись на проблему числовых индексов. Математика, лежащая в основе ИПЦ, поразительно проста с учетом больших трудностей, связанных с присвоением числового значения чему-либо настолько сложному, как стоимость денег для потребителя. Это была прекрасная задача для начала работы.

Новаторским решением Вейля, в принципе, стало создание математической теории для сравнения количественных значений, которые при иных обстоятельствах сравнить было бы невозможно. Согласно его теории несравнимыми количественными значениями были значения длины линейки в разных местах. Его решение состояло в нахождении способа переместить все линейки в одно место, а затем просто приложить их друг к другу, чтобы определить соотношение между ними.

Теперь посмотрим на проблему числовых индексов, которая, по своей сути, предполагает сравнение различных, на первый взгляд не поддающихся сравнению количественных значений. Как мы можем определить ценность денег для двух различных людей, особенно если они ведут абсолютно несхожий образ жизни? А как вы сможете сравнить разумную потребительскую корзину образца 1950 года с разумной потребительской корзиной 1970 или 2010 года? На первый взгляд эта проблема казалась Вайнштейну и Мелани неразрешимой. Но в контексте математической модели, разработанной Вейлем и его последователями, возникло, по крайней мере, одно возможное решение. Все, что надо было сделать, — определить способ отобразить двух людей (скажем, лесоруба 1950 года и программиста 1995 года)

и поместить их в одинаковые обстоятельства, чтобы они могли сравнить свои предпочтения и ценности. Это было странное предложение. Даже простой разговор между лесорубом и программистом вряд ли будет непринужденным. Но с точки зрения вейлевской математики это была самая естественная вещь в мире. Чтобы решить проблему числовых индексов, как считали Вайнштейн и Мелани, экономике была необходима калибровочная теория*.

Как-то раз в конце 2005 года Ли Смолин получил по электронной почте необычное сообщение**. В нем говорилось об экономике, что было неожиданно, так как Смолин ничего не понимал в экономике. Смолин был физиком. Его работа была и оставалась связанной с передовой областью этой науки — квантовой гравитацией. Ее задачей было понять, как объединить во взаимосвязанную систему два революционных, чрезвычайно успешных достижения в физике начала XX века — квантовую механику, описывающую чрезвычайно маленькие объекты, такие как электроны, и эйнштейновскую теорию гравитации, описывающую действительно большие объекты, такие как звезды и галактики. И эта область деятельности не имела ничего общего с экономикой. Или Смолину так казалось.

За несколько месяцев до этого Смолин опубликовал статью в журнале *Physics Today*, научно-популярном издании, задача которого — разъяснение новых достижений в физике для физиков, которые не являлись экспертами в определенных областях***. Статья Смолина была попыткой пояснить, почему квантовая гравитация не дала миру исследователей такого уровня, как Альберт Эйнштейн, который произвел революцию в физике благодаря своему нестандартному мышлению. Статья анонсировала книгу «Неприятности с физикой», которую Смолин заканчивал писать в тот момент****.

Как в статье, так и в книге Смолин говорил о том, что физика или, скорее, исследования в области квантовой гравитации столкнулись с социологической проблемой. Группа физиков, работавшая над так

* Это предложение подробно описано в дипломной работе Мелани (Мелани, 1996 г.) и (в несколько измененной форме) в работе Смолина (2009 г.). См. также работу Иллиньски (2001 г.), в которой описан иной подход к применению калибровочной теории в экономике, а также критические замечания Дидье Сорнетта к работе Иллиньски (Сорнетт, 1998 г.).

** История, рассказанная в этой главе, отчасти основана на интервью со Смолиным.

*** Статья Смолина 2005 года.

**** Книга Смолина 2006 года.

называемой «теорией струн» (одним из подходов к решению основной проблемы объединения гравитационной и квантовой физики), заняла доминирующие позиции в данной области. Когда наступало время приема новых сотрудников на работу на физические факультеты, где они работали, или распределения средств на исследовательскую деятельность, эти специалисты в теории струн старались выделять средства другим исследователям теории струн в ущерб сотрудникам, работающим над альтернативными подходами к квантовой гравитации.

Именно статья в *Physics Today* послужила причиной появления в почтовом ящике Смолина неожиданного электронного сообщения. Человеком, написавшим его, был Эрик Вайнштейн, уже работавший менеджером хедж-фонда и финансовым консультантом на Манхэттене. Вайнштейн соглашался с оценкой физического сообщества, сделанной Смолиным, так как сам много лет проработал физиком-математиком в Гарварде, а затем в МТИ. Но особое внимание он обратил на то, как социологические аспекты могут препятствовать прогрессу в фундаментальных исследованиях в более широком смысле. Как отметил Вайнштейн, проблема социологии в физике была ничтожна. В экономике она была в десять раз хуже.

Смолин захотел узнать об этом подробнее. Он пригласил Вайнштейна посетить институт «Периметр» в Ватерлоо, где работал Смолин.

Институт «Периметр» был основан в 1999 году Майком Лазаридисом, предпринимателем и основателем компании *Research in Motion*, производящей продукцию *BlackBerry*. «Периметр» был задуман для содействия фундаментальным исследованиям в области физики. Он имеет заслуженную репутацию благодаря открытому диалогу и обсуждению различных подходов к основным вопросам, чему немало способствовал Ли Смолин, работавший в институте практически с самых первых дней. Некоторым образом «Периметр» был попыткой решить социологическую проблему, описанную в книге Смолина и в его статьях. Он был идеальным местом для тех специалистов, которые, как и Вайнштейн, имели опыт и заинтересованность в поиске новых подходов к пониманию экономической теории.

Вайнштейн приехал в «Периметр» в мае 2006 года. Он прочел лекцию о том, как идеи калибровочной теории могли бы быть полезны для новой экономической теории, и представил работу, которая

была сделана им и Мелани за несколько лет до этого*. А затем уехал. Смолин и другие сотрудники института сочли идеи Вайнштейна вызывающими. Но они им симпатизировали. Их не надо было убеждать.

Вайнштейн и Смолин продолжили общение. Смолин посетил Вайнштейна в Нью-Йорке, познакомился с Мелани и их детьми. Он начал изучать основы экономики, чтобы лучше понять идеи Вайнштейна. И чем больше времени он проводил с Вайнштейном, тем больше возрастал его интерес к этой проблеме. Смолин описывает Вайнштейна как интеллектуала, креативного мыслителя с удивительно широким интеллектом, чьи беседы часто переходят на столь непохожие темы, как эволюционная биология и естественный отбор, современная математика и физика XIX века.

В сентябре 2008 года Вайнштейн приехал в «Периметр» во второй раз на конференцию, посвященную науке XXI века. Доклады на этом мероприятии посвящались тому, как меняются научные исследования с появлением новых источников финансирования, новых способов распространения идей, таких как блоги и онлайн-конференции. Также обсуждались идеи, где должна и может вестись исследовательская работа, с указанием на такие центры, как «Периметр» и Институт Санта-Фе, новые исследовательские центры, не похожие на традиционные университеты.

Но будущее науки в те сентябрьские дни не занимало Вайнштейна. Через неделю после лекции Вайнштейна в «Периметре» двери четвертого по величине инвестиционного банка в США, Lehman Brothers, закрылись после ста пятидесяти лет работы. Примерно в то же время бумаги AIG, одной из двадцати крупнейших в мире компаний, зарегистрированных на бирже, упали, что привело к кризису ликвидности, который бы привел к развалу компании, если бы не вмешательство правительства США. В начале сентября мировая экономика приблизилась к последней черте. Как менеджер хедж-фонда и консультант Вайнштейн обратил внимание на панику в финансовой индустрии и в экономике в целом. Насколько ему было известно, никто не мог предвидеть такого хода событий (кроме Сорнетта, который широко не публиковал свои прогнозы).

* Эту и другие лекции Вайнштейна, указанные в тексте, можно найти в электронном архиве «Периметра». См. работы Вайнштейна 2006, 2008 и 2009 г.

Для Вайнштейна неожиданное драматичное падение банковской системы США стало еще одним доказательством того, что необходимо делать следующий шаг в развитии современной экономической науки. Настало время проанализировать, что произошло со ставшими токсичными бумагами, и признать, что экономике необходимы новые инструменты.

Как это уже сделали физики предыдущего поколения, экономисты должны были расширить свои теоретические рамки, чтобы учесть более широкий спектр различных явлений. Экономистам были необходимы новые теории и модели, соответствующие сложности современного мира. Вайнштейн считал, что кризис должен стать толчком, чтобы отринуть прошлые разногласия между сторонниками различных подходов к финансам и экономике. Он призвал к широкомасштабному сотрудничеству между экономистами и исследователями из таких областей науки, как физика и другие. Это будет «Манхэттенский проект» для экономики, говорил он.

Программа социального страхования, технически — федеральная программа страхования пожилых граждан, иждивенцев и инвалидов США — впервые была оформлена законодательно в 1935 году в рамках «Нового курса» президента Франклина Рузвельта, направленного на преодоление последствий Великой депрессии через бюджетное стимулирование и широкое распространение системы социального обеспечения*. Она была для федерального правительства способом предоставить государственную поддержку пожилым гражданам, детям, чьи родители умерли до достижения ими трудоспособного возраста, и людям, ставшим инвалидами и не имеющим возможности работать. Система должна была работать по принципу самокупаемости, как и любая программа страхования. Работающие граждане должны были вносить взносы в форме обязательного налога, а собранные средства направлялись на финансирование программы.

Программа была далеко не однозначной. Вначале она неоднократно оспаривалась в Верховном суде (безуспешно). Но с течением времени, по мере того как несколько поколений американцев делали в систему взносы во время своей трудовой деятельности, большинство граждан стали рассчитывать на программу для получения пенсии по возра-

* Для ознакомления с историей политического процесса вокруг системы социального страхования см. работы Беланда (2005 г.), Альтман (2005 г.) или Бейкера и Вайсброта (1999 г.).

сту или инвалидности. К 1960 году она стала частью американской жизни, чем-то, что работающие граждане по мере приближения пенсионного возраста начинали считать своим правом. Это внесло некоторые политические осложнения, когда в 1970-х годах, в период высокой инфляции и низких показателей экономического роста, стало ясно, что система социального страхования находится в опасности. Заглядывая вперед, политики и экономисты поняли, что в ближайшие десятилетия большое количество стареющих представителей эпохи беби-бума (в то время только начинавших трудовую карьеру) выйдет на пенсию и затраты на их обеспечение социальной помощью быстро превысят возможности системы финансировать себя.

И с этим практически ничего нельзя было поделать. Для политика привлечь внимание к проблемам системы социального страхования было равносильно самоубийству. Два очевидных решения проблемы финансирования — снижение выплат и повышение налогов — были в равной степени малопривлекательны. Социальное страхование было своего рода политической «уловкой-22» до того момента, пока Дэниэлу Патрику Мойнихэну и Бобу Пэквуду, двум ведущим членам Финансового комитета Сената середины 1990-х годов, не пришла в голову одна мысль*. Если вы хотите получить триллион долларов так, чтобы никто не заметил изменений в налогах и выплатах, надо изменить стоимость денег.

Вот как работал их план. Прогнозы будущих затрат на социальное страхование основывались на ожидаемом уровне инфляции, который, в свою очередь, основывался на ИПЦ. Мойнихэн и Пэквуд поняли, что, если снизить официальный уровень инфляции, доход от поступающих взносов на социальное страхование вырастет, а затраты на управление программой упадут. Это произведет такой же эффект, как подъем налогов и уменьшение выплат по отношению к реальной покупательной способности денег, но только не надо будет в этом признаваться. Перед ними стояла задача обосновать необходимость внесения изменений в формулу расчета инфляции. И в этом должна была помочь Комиссия Боскина.

Взяв за основу цифру в один триллион долларов (что, как считал Мойнихэн, будет необходимо для того, чтобы система социального

* См. работы Шихана (2010 г.), Мойнихэна (1996 г.) и Кацмана (2008 г.) для ознакомления с различными точками зрения на происхождение Комиссии Боскина.

страхования не обанкротилась), он и Пэквуд рассчитали, что необходимо снизить показатель инфляции на 1,1%.

Как писал Роберт Гордон, экономист из Северо-Западного университета и один из пяти членов Комиссии, Дейл Йоргенсон (гарвардский экономист, вышвырнувший Мелани из своего офиса) отчитался перед комиссией о том, что они предполагают достичь размера накопленных в системе социального страхования в один триллион долларов в течение десяти лет*. И это означало, что они должны добиться необходимого снижения цифры инфляции.

Затем комитет разбился на две рабочие группы, чтобы проанализировать различные варианты влияния проблемы изменения предпочтений и качества на ИПЦ. Гордон со своим коллегой по группе, работая вместе, пришли к одной цифре. Вторая группа, в которую входили Йоргенсон и Боскин, пришла к другой. А затем «каким-то образом» (по выражению Гордона), когда обе рабочие группы совместили свои результаты, инфляция была «скорректирована» в точности на 1,1%.

Результаты работы Комиссии Боскина критиковали все**. Как позднее писал Гордон, проект был скоропалительным и недобросовестным. Он и его коллега ушли из комиссии за несколько дней до представления доклада в Сенате.

Данные расчетов, как сказали бы физики и экономисты, были «ориентировочными», немногим более, чем неофициальным прогнозом. Отчет комиссии не проходил экспертную проверку перед представлением в Сенате. Ни один из других членов комиссии никогда не задавался вопросом, как его группа пришла к полученному результату или как получила свой результат другая группа. Ответы на эти вопросы были бы слишком неудобными. (В конечном итоге многие рекомендации Комиссии Боскина были отклонены благодаря эффективному лоббированию со стороны Американской ассоциации пенсионеров и других организаций. Примерно через пять лет Национальная академия наук и Статистическое управление США вернулись к проблеме расчета ИПЦ, но на этот раз использовался более

* Записи, на которые я ссылаюсь, можно найти в работе Гордона (2002 г.). Гордон также рассказывает историю Комиссии Боскина и высказывает критические замечания в своей работе 2006 года, хотя в этой книге ничего не говорится о роли Мойнихэна.

** См., в частности, работы Шихана (2010 г.), а также Триплета (2006 г.) и Босверта (1997 г.).

разумный и строгий подход и были получены более точные результаты*.)

Мелани пришла к Йоргенсону с их с Вайнштейном идеями в отношении числовых индексов почти сразу после того, как Комиссия Боскина была сформирована. У Йоргенсона могли быть серьезные замечания в связи с их предложением. Возможно, в этих замечаниях было свое разумное зерно. Но нельзя не предположить, что появление нового, математически строгого метода расчета именно того показателя, который Комиссия Боскина должна была рассчитать, могло бы стать для нее проблемой. Самым простым было заставить Мелани и Вайнштейна уйти.

Перенести калибровочные теории или другие идеи из физики в экономику трудно. Вайнштейн был прав, считая, что конец 2008 года стал уникальным шансом для всех желающих изменить то, как экономисты думают о мире, а мир — об экономике. Многие люди, связанные с финансами и экономикой, да и простые обыватели по всему миру были напуганы. Те вещи, которые казались им понятными, оказались изменчивыми и ненадежными. В то же время люди, работающие в других областях, таких как физика и математика, увидели возможность внести свой вклад в ту область, которая раньше была для них закрыта. Наступление момента, когда нужно было пересмотреть некоторые основные теории и методы, использовавшиеся в современной экономике, не оставило равнодушными многих людей, в том числе Смолина и других физиков, работавших в «Периметре».

Смолин, в свободное время читавший много литературы по экономике, начал задумываться над тем, чтобы заняться ею более серьезно. Он собрал все заметки, которые были написаны им на разные темы, в том числе о своих взглядах на предложение Вайнштейна и Мелани, в единую работу, которую разместил в онлайн-архиве, куда физики выкладывали свои новые исследования. Эта работа представляла собой своеобразный толковый словарь, разъяснявший физикам основы экономики и показывавший, как идеи, уже знакомые физикам, могли быть применены к этой неизвестной для них области знаний.

* «В конечном итоге многие рекомендации Комиссии Боскина были отклонены...»: Для получения информации о том, как Статистическое управление США использовало некоторые рекомендации Комиссии Боскина, см. работу Гринлиса (2006 г.). Отчет Национальной академии наук опубликован у Шульце и Маки (2002 г.).

В то же время Смолин и Вайнштейн начали подготовку конференции в «Периметре». Она была запланирована на май 2009 года. Они хотели пригласить специалистов во всех областях экономики, свести вместе разноплановых и неортодоксальных людей и обсудить, каким образом добиться прогресса в этой сфере в свете последнего кризиса. В конференции приняли участие не только Вайнштейн и Смолин, но и другие специалисты, такие как Дойн Фармер и Эммануэль Дерман. Были приглашены и представители основных течений в экономике: Нуриэль Рубини из Университета Нью-Йорка, Бэркли Россер из Университета Джеймса Мэдисона, Ричард Фриман из Гарварда, а также Нассим Талеб. Ричард Александр, хорошо известный специалист по эволюционной биологии, должен был выступить с докладом о том, как биология и поведение человека могут формировать экономику. План был прост. Собрать множество умных людей в одном месте, доказать им, что экономика имеет явные проблемы, и убедить работать сообща над созданием новой теории. Планировалось использовать эту конференцию для запуска нового Манхэттенского проекта*.

Сама конференция прошла успешно: собравшиеся физики, биологи, экономисты и финансисты нашли много тем для дебатов и обсуждения. Но по ее окончании исследователи снова пошли своими путями. Как позднее пояснил Смолин, даже эти аутсайдеры от экономики были слишком упрямы, чтобы плодотворно сотрудничать. Все соглашались с тем, что экономическая теория столкнулась с огромными проблемами, но консенсуса даже в отношении того, каковы эти проблемы, не говоря уже о поиске путей их решения, достичь не получилось. Многие участники конференции, равно как и обозреватели-специалисты в области экономики и финансов, не соглашались даже с тем, что необходимы концентрированные усилия для совершенствования экономического моделирования. Встали также и вопросы финансирования. Если проект будет финансироваться, как будут распределяться средства между его участниками? Опасения не получить своей доли заставляли людей воздерживаться от поддержки крупного проекта. Не получила поддержки и более масштабная задача по созданию нового междисциплинарного сообщества исследователей, занимающихся анализом проблем в экономике с новых точек

* Чтобы ознакомиться с обсуждением идей Вайнштейна с комментариями Вайнштейна, см. работу Брауна и др. (2008 г.). См. также работу Вайнштейна (2009 г.).

зрения. Конференция провалилась. Через несколько месяцев Смолин забросил экономику и вернулся к физике. Сейчас, когда у него выдается свободное время, он занимается климатологией. К экономике, как он считает, трудно найти подход. И не из-за изучаемого ею предмета, а из-за того, что эта область знаний закрыта для нового мышления. Вайнштейн был прав: экономика в десять раз хуже физики.

Сегодня Вайнштейн и Мелани работают над дальнейшим развитием математических основ экономической теории. Сорнетт продолжает разрабатывать прогностические средства. Фармер вернулся в Институт Санта-Фе, где занимается новыми связями между комплексной наукой и экономическим моделированием. Несмотря на наличие таких представителей интеллектуальной элиты, мировая экономика лежит в руинах, истекая кровью после краха 2007–2008 годов. И что можно сделать в этой ситуации?

Эпилог

Даешь физику, математику и деньги!

Я задумал эту книгу осенью 2008 года, во время обвала финансового рынка. В то время мне оставалось восемь месяцев до защиты кандидатской диссертации по физике. Потратив несколько недель на исследования, я рассказал научному руководителю о своей задумке. Его реакция меня удивила. Благодаря моим примерам того, как идеи из физики использовались для понимания финансовых рынков, он уверился в том, что между этими двумя областями знаний имеется тесная связь (как я убедился, такая реакция естественна для большинства физиков). Но это его не вдохновило. Он заявил, что не имеет значения, сколько физиков пыталось оказать влияние на сферу финансов, потому что делать науку на Уолл-стрит невозможно.

Эту мысль можно выразить другими словами. Наука не является суммой знаний. Это — путь изучения мира, бесконечный процесс открытий, проверок и корректив. Причины, почему мой научный руководитель думал, что этот процесс на Уолл-стрит невозможен, в основном социологические: инвестиционные банки и хедж-фонды обычно очень замкнутые, новые идеи, разрабатываемые в этих компаниях, редко выносятся на суд общественности и обсуждаются так, как это происходит с новыми разработками в научных областях. Если физик или биолог разработал новую концепцию, он представляет статью в профессиональный журнал, где она проходит экспертную проверку — процесс, при котором новые научные идеи могут быть проверены другими учеными до появления в печати. Если статья проходит такой первичный отбор, она тщательно анализируется более широкой научной аудиторией. Многие идеи не проходят этого испытания, они либо никогда не публикуются, либо исчезают в неизвестности. Даже те идеи, которые были приняты научным сообществом, те, которые являются наиболее полезными, не становятся непреложными

истинами. Они становятся лишь отправной точкой для нового поколения теорий и моделей.

Другими словами, думать как физик не значит (просто) использовать математические модели или физические теории. Это значит, что вы должны определенным образом понимать эти модели. В начале 2009 года Эмануэль Дерман, бывший физик, в восьмидесятых и девяностых годах работавший с Фишером Блэком в Goldman Sachs, объединился с Полом Вильмоттом, основателем программы подготовки специалистов по количественным финансам в Оксфордском университете, чтобы написать «Манифест разработчика финансовых моделей»*. Их целью отчасти было защитить математические модели как необходимый инструмент финансово-экономического анализа, а отчасти — попрекнуть «учителей финансов», которые забыли, что ни одна модель не устанавливает законов, которым должны подчиняться рынки. Как они говорили: «Модели — базовый инструмент приблизительного мышления». Они не являются последним словом, они основываются на предположениях, которые никогда не бывают устойчивыми и иногда полностью рушатся. Корректное использование моделей требует большой доли здравого смысла и знаний об ограничениях, применимых к любой модели, которую вы используете. Таким образом, модели подобны любому инструменту. Кувалда хороша для укладывания рельсов, но следует признать, что она не подойдет для забивания гвоздей в раму для картины.

Я верю, что история, рассказанная мною в этой книге, подтверждает две близко связанные между собой мысли. Первая: модели в финансах следует воспринимать в первую очередь как инструменты для определенных целей. И вторая: эти инструменты имеют смысл только в контексте многократно повторяющегося процесса разработки моделей и последующего анализа того, когда, почему и в каких ситуациях они не срабатывают, чтобы следующее поколение моделей было устойчиво там, где предыдущее имело слабые места.

С этой точки зрения можно сказать, что Башелье сделал первый ход, первую попытку применить новые идеи из статистической физики к абсолютно несхожим проблемам. Он заложил основу революционного мышления о рынках. Но его работа была далеко не безупречна.

* Работа Дермана и Вильмотта (2009 г.).

Наиболее очевидной проблемой, с точки зрения Самуэльсона и Осборна, было то, что нормальное распределение, описанное им для биржевых курсов, было верным только при очень необычных обстоятельствах, характерных для Парижской биржи, где колебания курсов были весьма невелики. Исправление этой проблемы привело к созданию Осборном гипотезы о том, что обычно распределяется не цена, а доходность. Мысль Мандельброта о том, что нормальное и логарифмически нормальное распределения не могут отразить все движения финансовых рынков, не пошатнула основ финансовой теории, несмотря на то что он сам и некоторые другие ученые придерживались противоположного мнения. Скорее это было первым признанием того, что вариант гипотезы случайного блуждания, предложенный Осборном, также не является окончательным. Большинство экономистов (и физиков, интересующихся этой областью знаний) сегодня считают, что Мандельброт тоже был не совсем прав. Это был еще один подход к данному вопросу.

Торп и Блэк показали инвесторам, как использовать инструменты, созданные Башелье, Осборном и Мандельбротом в своих повседневных биржевых операциях. Эти идеи обусловили приток из физики новых, еще более сложных идей. В некотором смысле эти два ученых являются самыми важными героями нашей книги в силу их ключевой роли во внедрении на практике самой современной теории, а также потому, что они показали, как использовать один набор моделей для создания новых моделей. Модели формирования цен на опционы, разработанные Торпом и Блэком, были основаны на том варианте гипотезы случайного блуждания, который был предложен Осборном, а не Мандельбротом. Это означает, что эти модели ценообразования должны были изначально восприниматься как инструменты с ограниченным спектром применения. С точки зрения физика или инженера, начать с модели Осборна было очень разумным. Она была намного более понятной, чем модель Мандельброта. Таким образом, используя более простую форму оценки того, как в действительности функционирует рыночная доходность, Торп, Блэк и Шоулз смогли превратить чрезвычайно сложную проблему в решаемую.

При этом даже в самом начале практически не возникало сомнений в том, в каких ситуациях эти ранние модели ценообразования опционов не работают с учетом работ Мандельброта: они не позволяют

правильно определить цену в экстремальных ситуациях. (Блэк, кажется, тоже признавал недостатки своей модели, как и все остальные, — в 1988 году в статье «Проблемы модели Блэка—Шоулза» («The Holes in Black-Scholes»). Блэк прямо указал на нереалистичные допущения, использованные при выводе его формулы, и описал, каким образом каждое из них может привести к возникновению ошибки.) Осторожные инвесторы, такие как Майкл Гринбаум и Клэй Струв из O'Connor and Associates, смогли воспользоваться своим пониманием ситуаций, в которых модель Блэка—Шоулза не срабатывает, чтобы получить прибыль и, что более важно, защитить себя во время краха рынка в 1987 году.

И процесс продолжается. Ученый из Prediction Company Дидье Сорнетт показывает, как новейшие разработки в области физики могут быть использованы для устранения пробелов в теории случайных блужданий, эффективного рыночного мышления на основе модели Блэка—Шоулза. Prediction Company использовала «модели черного ящика», чтобы выявить локальные, краткосрочные эпизоды несостоятельности и заработать на них как можно быстрее, опираясь на физику для того, чтобы превратиться в наиболее искушенных инвесторов на рынке. Сорнетт, в свою очередь, учел замечание Мандельброта о том, что на чрезвычайно хаотичных рынках экстремальные события, такие как дефолты, доминируют. Он задался вопросом, возможно ли предсказывать эти катастрофы. Адаптированные им инструменты сейсмологии многое дали для того, чтобы продемонстрировать, что этих «королей-драконов» можно заметить издалека.

При написании работы по истории часто возникает соблазн принудительно сложить отдельные эпизоды во всеохватывающее повествование. В этой книге, как я считаю, тоже сложилось свое повествование, но было бы ошибкой заходить слишком далеко. Prediction Company и Сорнетт представляют два естественных пути, следуя которыми, можно отойти от широко распространенного сегодня мышления в стиле Блэка—Шоулза. Но, несмотря на успех их моделей, это вряд ли конец истории. Напротив, они являются всего лишь примерами чрезвычайно плодотворного представления о работе финансовых рынков, идей, которые сами по себе должны быть подвергнуты тщательной проверке и анализу. Непросто описать, как будет выглядеть следующий крупный прорыв: им может стать новая форма по-

нимания и предсказания чрезвычайных событий; в равной степени им может стать новаторский тест на устойчивость моделей к свойственной рынкам нестабильности; или же это будет прорыв в наших возможностях по выявлению повторяющихся сценариев, лежащих в основе на первый взгляд хаотических изменений в рыночных данных. При этом нам точно известно, что такой прорыв будет. Когда мы узнаем, где не срабатывают модели Сорнетта или где пробуксовывают модели «черного ящика», разработанные Prediction Company, мы сможем понимать рынки более ясно, чем сегодня.

Если физики и были успешны в улучшении нашего понимания финансов, это происходило потому, что они подходили к проблемам новаторски, использовали научно-методические идеи, широко распространенные в физике (и инженерном деле), которые могут быть полезны для изучения практически любого явления. Истории, рассказанные в этой книге, показывают данную методику в действии: вы используете упрощающие допущения, чтобы сделать проблему решаемой, а затем решаете ее. После этого, когда вы увидите, как работает ваше решение, вы можете снова вернуться назад и задаться вопросом, что будет происходить, когда вы начнете манипулировать со своими допущениями. Иногда вы будете понимать, что ваше первоначальное решение никуда не годится, так как оно слишком сильно зависит от допущений, которые никогда не будут реализованы на практике. Иногда вы будете убеждаться в том, что ваше решение хорошее, но его можно улучшить довольно простым способом. А иногда вы будете видеть, что ваше решение прекрасно работает в определенных обстоятельствах, но вы должны понять, что надо сделать, когда этих обстоятельств не будет.

Очевидно, физики не являются единственными людьми, которые думали о таком способе понимания мира. Подобная форма построения моделей повсеместно используется как в экономике, так и в других науках. Неудивительно, что большинство прорывов в экономике было заслугой экономистов. Но физики отлично (возможно, даже лучше других) умеют мыслить подобным образом. И они обычно хорошо ориентируются в методах, которые могут помочь в решении определенных проблем экономики, и при этом не имеют того политического или интеллектуального багажа, который часто мешает экономистам. Плюс к этому, физики часто подходят к этим проблемам,

обладая абсолютно другими знаниями и опытом, чем экономисты. В некоторых случаях это означает, что физики могут взглянуть на проблемы свежим взглядом.

При этом, когда я говорю, что наука — это процесс и что финансовое моделирование следует воспринимать как часть этого процесса, я не стремлюсь сказать, что разработчики моделей неким образом идут по пути научного прогресса, неуклонно приближаясь к своего рода «окончательной теории» финансов. Их целью не является поиск окончательной теории, которая будет давать правильные ответы в любой рыночной ситуации. Они решают гораздо более скромную задачу. Необходимо найти некоторое количество уравнений, которые будут давать вам правильные ответы в определенных случаях, а также понять, почему на них можно положиться.

Дерман и Вилмотт в своем «Манифесте» говорят об этом достаточно ясно. Мы ни при каких обстоятельствах не должны воспринимать хорошую модель как «истину» о финансовых рынках. Рынки сами по себе видоизменяются в ответ на изменения в экономических реалиях, появление новых нормативных актов и, что, вероятно, наиболее важно, — в ответ на инновации. Например, модель Блэка—Шоулза навсегда изменила функционирование рынка опционов, то есть тот рынок, для описания которого была создана модель, претерпел революционные изменения из-за повсеместного использования модели. Это привело к образованию петли обратной связи, существование которой не признавалось в полной мере до коллапса 1987 года. Как отметил социолог Дональд Маккензи, финансовые модели одновременно являются и движущей силой рынка, и аппаратом для их описания*. Это означает, что рынки, функционирование которых мы стремимся охватить с помощью финансовых моделей, являются своеобразной «движущейся мишенью».

Мы не умаляем пользы моделей для понимания рынков. Тот факт, что рынки постоянно изменяются, только увеличивает важность описанного выше циклического процесса. Предположим, что сорнеттовская модель рыночных кризисов превосходно работает на се-

* Я ссылаюсь на работу Маккензи (2006 г.) «An Engine, Not a Camera». Центральная идея Маккензи, изложенная в этой работе, состоит в том, что финансовые рынки формируются моделями, используемыми нами для того, чтобы их понять. Это кажется мне верным, но представляет особую сложность для ученых и математиков, занимающихся изучением рынков.

годняшних рынках. И даже в этой ситуации мы не должны терять бдительность. Что произойдет, если инвесторы по всему миру начнут использовать его метод для прогнозирования кризисов? Позволит ли это предотвратить падение рынков? Или это приведет лишь к тому, что кризисы станут более глобальными, или их будет сложнее предсказывать? Я не думаю, что кто-то знает ответ на этот вопрос. И это означает, что именно такие вещи нам следует изучать. Самой большой опасностью, с которой сталкиваются разработчики математических моделей, является вера в то, что сегодняшние модели — последнее слово на рынке.

Предложение Вайнштейна и Мелани отличается от других идей, которые мы рассматривали в этой книге. Каждая ее глава тем или иным образом посвящена финансам и финансовому моделированию. Другие физики, о которых я рассказывал, анализировали определенные группы статистических данных — котировки акций, движения рынка, годовую доходность — и старались спрогнозировать изменения этих показателей в будущем. Данные о том, каким образом функционируют рынки, безусловно, значимы для таких прогнозов. При этом нетрудно заметить, как отмечал Осборн, что человек, являющийся специалистом в области физики, прекрасно интерпретирует статистические данные. Вайнштейн и Мелани, однако, предложили новую теорию экономики благосостояния, основываясь на концепциях, разработанных физиками. Это — гораздо более амбициозный и сложный в реализации проект.

Тем не менее если вы правильно поймете связь между физикой и финансами, то использование физики как способа достижения более заметного прогресса в экономической науке не покажется вам чем-то странным. Дело не в том, что финансовые рынки имеют какую-то особую связь с предметом, изучаемым физикой, и не в том, что физика и математика могут применяться к чисто числовым областям экономики, таким как финансы, но не к другим сферам. Дело в том, что физики успешно используют свое особое видение мира в некоторых областях экономики, и определенно следует ожидать, что их методы будут полезны и в других областях. Действительно, они приносят пользу в других сферах экономики, поскольку экономисты уже используют математические модели для анализа всевозможных явлений, не имеющих никакого отношения к финансам. Идеи

Вайнштейна и Мелани еще раз свидетельствуют о том, что математические инструменты применяются во всех областях экономики, в том числе, как показала злополучная Комиссия Боскина, в формировании политики.

С этой точки зрения предложение Вайнштейна и Мелани было всего лишь признанием того, что существуют пути улучшения этих моделей, применения более мощного математического аппарата, чтобы избежать использования сильных допущений в отношении людей и рынков. Может оказаться, что методы калибровочной теории — это путь в никуда. Но нет никаких оснований отказываться от них до тщательного изучения. В конце концов, калибровочная теория доказала свою пользу в физике, когда стала очевидна необходимость нового поколения теорий. Мы можем посмотреть, не произойдет ли того же в экономике. Вайнштейн, Мелани и Смолин показали, что это вполне вероятно.

Идея о том, что физические методы могут быть полезны в экономике, очень важна. Равным образом важно и то, что идеи Вайнштейна и Мелани никогда серьезно не рассматривались экономистами или лицами, ответственными за формирование политики в этой области. Серьезное беспокойство вызывает мысль о том, что социологические и финансовые силы подавили новое открытие, которое могло бы изменить наше понимание такого значительного явления в экономике, как инфляция. Учитывая это, «Манхэттенский проект» Вайнштейна не должен восприниматься как призыв к созданию новых инструментов для инвесторов. Никто не считает, что мы должны использовать государственные ресурсы для поиска новой опционной модели, которая помогла бы небольшой группе компаний извлекать прибыль. Целью их предложения было заставить представителей основного течения в экономике идти в ногу с современной физикой и математикой, не обращая внимания на мощные политические и финансовые влияния, искажающие эту область знаний.

В 1965 году в решении Верховного суда о свободе слова* судья Уильям Бреннан ввел в обращение новое выражение «рынок идей»,

* Решение было вынесено по делу «Ламонт против Министра почты». С ним можно ознакомиться в работе Сепинука и Треутхарт (1999 г., гл. 2). Для получения информации о других идеях Бреннана в отношении выражения своей позиции см. другие мнения в этом сборнике или у Хопкинса (1991 г.).

чтобы описать, как наиболее важные концепции могут возникать в ходе свободного и прозрачного публичного обсуждения. Если это верно, то можно ожидать, что самые лучшие новые идеи в экономике будут подхвачены обществом, даже если специалисты их отвергнут. Это должно быть особенно актуально для новых идей в области финансов, поскольку хорошая идея в этой сфере может принести большую прибыль. В этом отношении интересно отметить, что большинство физиков, о которых мы говорили в трех последних главах этой книги, в частности, Фармер, Паккард и Вайнштейн, предлагали свои идеи финансовому рынку, когда они были отвергнуты экономистами. То, что идеи приносят прибыль, является залогом их важности. И все же многие экономисты, в том числе те, кто формирует государственную политику, их отвергают. Если, как считает Бреннан, существует рынок идей, то он чрезвычайно неэффективен, что наносит ущерб всем нам. Смолин переключился на другие проекты, когда понял, что представители основных течений в экономике не были заинтересованы в том, чтобы к нему прислушаться. Даже Сорнетт, который неустанно работал над тем, чтобы представить свои идеи в такой форме, которая позволит представителям основных течений в экономике понять и оценить их, не был с радостью встречен в их кругах. Большинство его аудитории составляют специалисты-практики.

Я не знаю, как изменить социологическую составляющую экономических факультетов. Но я думаю, что идея Вайнштейна о необходимости крупной инициативы в области междисциплинарных исследований была бы прекрасным стартом при условии, что она будет опираться на мощную институциональную и государственную поддержку, чтобы все сообщество держалось вместе и шло заданным курсом. В конце концов, Манхэттенский проект был военным предприятием, но он революционным образом изменил взгляд физиков на свою область знаний. Аналогичная решимость со стороны государственных или некоммерческих организаций в области создания нового поколения экономических моделей произвела бы тот же эффект. И что более важно, этот проект стал бы источником столь необходимых новых концепций. После стольких лет экономического спада и медленного подъема настало время быть креативными.

Когда Вайнштейн впервые предложил новый «Манхэттенский проект», чтобы лучше понять экономику, его голос быстро потонул в хоре других голосов, которые критиковали математические модели и роль физиков в финансовой сфере в целом. Действительно, за то время, которое прошло после обвала рынка в 2008 году, мы слышали только постоянную критику роли физиков в финансах и экономике. Такие слова, как квант, производная и модель, приобрели негативную окраску. Теперь, когда я изложил историю этих идей, скептики должны будут еще раз задуматься. Мне кажется, что если вы будете правильно воспринимать математическое моделирование, эта критика покажется вам неверной. В этой ситуации особенно важно понять, зачем нам надо еще раз проанализировать предложение Вайнштейна.

Один из наиболее сильных аргументов против математического моделирования в финансах может быть воспринят как лежащий в области психологии и поведения человека*. Он состоит в том, что идеи, пришедшие из физики, обречены на провал в финансовой сфере, поскольку рынки в них рассматриваются так, как если бы они состояли из кварков или подъемных блоков. Физика отлично подходит для бильярдных шаров и наклонных плоскостей, для полетов в космос и ядерных реакторов, но, как сказал Ньютон, она не поможет «предугадать безумие человека». Такого рода критические замечания очень напоминают идеи из так называемой «поведенческой экономики», которая занимается экономическим анализом на основе психологии и социологии. С этой точки зрения рынки являются средоточием человеческих фобий, они не могут быть сведены к физическим и математическим формулам.

* Для ознакомления с примерами этой точки зрения см. работу Брукса (2010 г.). Этот аргумент тесно связан с другими аргументами в отношении поведенческой экономики, как мы можем видеть (например) в следующих работах: Ариэли (2008 г.), Акерлоф (2009 г.) или Шиллер (2005 г.). Чтобы ознакомиться с более академичными работами по поведенческим финансам, можно начать с Талера (1993, 2005 г.). Однако, как должно быть понятно из текста, я различаю поведенческую экономику как дисциплину (которая, безусловно, достигла значительного прогресса в обеспечении понимания психологии и социологии принятия экономических решений) и частный аргумент, основанный на некоторых достижениях поведенческой экономики о том, что математическое моделирование в финансах невозможно. Или, как говорит Брук, экономика должна быть «искусством, а не наукой». Здесь я возражаю только против последнего аргумента. Поведенческая экономика в целом, по моему мнению, играет значительную роль в выявлении того, какие допущения в отношении рационального поведения не являются реалистичными. Она также определяет путь построения будущих моделей, которые (надеемся) смогут учесть «предсказуемо иррациональное» поведение реальных инвесторов.

В поведенческой экономике нет ничего плохого. Очевидно, что необходимо более глубокое понимание того, как люди взаимодействуют между собой и с рынком, чтобы понять, как работает экономика. Но критика математического моделирования на основе традиций поведенческой экономики является ошибкой.

Использование физики как стартовой площадки для новых идей в финансах не означает, что люди воспринимаются как кварки или мятники. Подумайте о том, как идеи, описанные в этой книге, перекочевали из физики в финансовое моделирование. Некоторые физики, например Мандельброт и Осборн, усовершенствовали понимание рынков, просто используя свои знания статистики, чтобы определить новые пути анализа рынков и рисков. Другие, такие как Фармер и Паккард, использовали свой опыт в выделении информации из источников шума, чтобы выявить локальные структурированные элементы, которые могут быть полезны для биржевых операций. А третьи, например, Блэк, Дерман и Сорнетт, объединили данные своих наблюдений за действующими рынками с теоретической базой, известной им из физики, чтобы вывести математические выражения, описывающие, как очевидные характеристики рынков (такие как котировки и колебания цен) связаны с менее очевидными характеристиками (такими как цены на опционы и вероятные кризисы). Ни в одном из этих примеров мы не видим, что инвесторы воспринимаются как группы кварков или что компании ведут себя как взрывающиеся звезды.

Здесь, однако, есть и более глубокая проблема. Тщательное изучение поведения человека вряд ли несовместимо с использованием математических моделей для более широкого изучения рынков и экономики в целом. Действительно, психология в виде закона Вебера—Фехнера играла важную роль на самых первых этапах моделирования биржевых курсов. Осборн использовал ее для того, чтобы объяснить, почему биржевые котировки демонстрировали логарифмически нормальное распределение, но не нормальное распределение. Позднее Сорнетт показал, что принятие во внимание «стадного эффекта», еще одного важного аспекта психологии человека и оплота адептов поведенческой экономики, может быть полезным для предсказания финансовых бедствий с помощью математических методов. Во всех этих случаях понимание психологии сыграло

решающую роль в разработке и уточнении математических моделей. В целом следует считать, что исследования в области психологии и поведения человека находятся в симбиозе с математическим подходом к экономике.

Второй тип критических замечаний (уже упоминавшийся нами в этой книге) в первую очередь исходил от Нассима Талеба*. Талеб написал очень важную книгу «Черный лебедь», в которой говорится о том, что рынки слишком дикие для того, чтобы физики могли их обуздать. «Черным лебедем» называют аномалии, то есть явления настолько беспрецедентные, что их невозможно предсказать. Как говорит Талеб, именно аномалии имеют первостепенное значение и при этом являются именно тем, что наши самые лучшие математические модели не могут спрогнозировать. Как считает Талеб, это большая проблема для финансового моделирования. В своей книге и во многих статьях он пишет, что физика обитает в мире, который он называет «Среднестаном», а финансы — в другом мире, «Экстремистане». Разница между ними состоит в том, что хаотичность в Среднестане упорядочена и может быть описана через нормальное распределение. В Экстремистане нормальное распределение просто вводит в заблуждение. По этой причине, говорит он, применение идей из физики к финансам является делом бесполезным.

С одной стороны, то, что говорит Талеб, правильно и с абсолютной необходимостью должно быть признано, особенно людьми, которые полагаются на математические модели для принятия решений в реальном мире. Мы никогда не сможем предсказать, что может случиться. По этой причине некоторая доля осторожности и большое количество здравого смысла при любых обстоятельствах будут полезны для успешного использования моделей. При этом признание того, что мы никогда не сможем предсказать все и что мы не должны полагать, что наши модели явят нам некую глубокую правду о том, что может произойти, а чего не может быть, является неотъемлемой частью мышления физика, которое не позволит ему успокоиться и удовлетвориться созданной моделью. И действительно, именно попытка понять, как предсказать события, являющиеся аномальными с точки зрения (скажем) модели случайного блуждания Осборна,

* См., в частности, работу Талеба (2004 г., 2007а). См. также работу Талеба (2007б), где (как мне кажется) Талеб не столь непримирим.

заставила Сорнетта задуматься о «королях-драконах». Конечно, не каждый «черный лебедь» в действительности является замаскированным «королем-драконом». Но это не должно останавливать нас в наших попытках выяснить, как предсказать и понять как можно большее количество аномальных явлений.

Талеб при этом хочет пойти еще дальше. Он считает, что «черные лебеди» доказывают, что математическое моделирование как в финансах, так и в других областях абсолютно ненадежно. Попытки понять, как предсказывать появление «королей-драконов», или использование распределения с медленно убывающим «хвостом» для отражения того факта, что экстремальные события происходят чаще, чем показывает нормальное распределение, явно недостаточны. Мне кажется, что несовершенство любой модели легко доказать, пусть даже ответственный разработчик модели признает ее безупречность с самого начала. Но перенос этого суждения на другой уровень и попытка доказать, что вся идея построения моделей обречена на провал, — это совсем другое.

Только подумайте: процесс разработки и совершенствования моделей, описанный мною в этой книге, является основным методом, лежащим в основе науки и инженерного искусства. Это — наилучший базовый инструмент, который у нас есть для понимания мира. Мы используем такие же математические модели для строительства мостов и проектирования авиационных двигателей, для планирования электрических сетей и запуска космических кораблей. Зачем же говорить, что методы, лежащие в основе разработки моделей, несовершенны? И от них надо полностью отказаться лишь потому, что их нельзя использовать для того, чтобы предсказать все, что может произойти? Если Талеб прав в отношении математических моделей, вам не следует ездить по мосту Джорджа Вашингтона или дамбе Гувера. В конце концов, в любой момент может произойти беспрецедентное по силе землетрясение, вероятность которого не была учтена в моделях, использованных строителями моста, и мост рухнет под тяжестью автомобилей. Вам также нельзя строить небоскребы, поскольку в них может попасть метеор. Не летайте на самолетах, ведь черный лебедь может попасть в один из двигателей.

Талеб утверждает, что финансы существенно отличаются от гражданского строительства или же ракетостроения, потому что

экстремальные явления здесь более непредсказуемы или опасны. Но трудно понять почему. Катастрофы, когда они случаются, обычно происходят без предупреждения. Это верно для всех жизненных ситуаций. И все же из этого не следует, что мы не должны прилагать все усилия к тому, чтобы понять все риски, которые сможем, и охватить максимально возможное количество неизвестных нам явлений. Важно понимать разницу между невозможным и просто очень трудным. Несомненно, взять под контроль финансовые риски очень сложно. Намного более сложно, как сказал бы Сорнетт, чем решить проблему в физике. Но процесс, описанный мною в этой книге, — наилучший известный нам способ решения самых серьезных стоящих перед нами задач. Мы не должны останавливаться на достигнутом.

Можно услышать и третий вид критических замечаний в адрес финансового моделирования. Этот вид критики более глубокий. Наибольшее влияние здесь оказал Уоррен Баффет, который известен своим предупреждением о «гиках с формулами»*. Его точка зрения состоит в том, что финансовые инновации опасны, так как они неизбежно повышают уровень риска на финансовых рынках. Перегибы 2000-х годов, приведшие к недавнему падению рынков, были созданы физиками и математиками, которые не понимали, какие последствия в реальном мире будет иметь их деятельность, а также жадными до прибыли банками, которые позволили этим специалистам по биржевому анализу выйти из-под контроля.

Эта критика во многом справедлива. Идея производных финансовых инструментов, в том числе опционов, которые являются специально разработанными «финансовыми продуктами», оказалась очень мощной и прибыльной. За последние сорок лет финансовыми инженерами был предложен ряд еще более изобретательных и часто сложных производных инструментов, созданных специально для извлечения прибыли в различных обстоятельствах. Динамическое хеджирование — идея, лежащая в основе модели Блэка — Шоулза, — это базовый инструмент, использующийся в новых видах банковской деятельности, поскольку он позволяет банкам продавать этот вид продуктов, будучи освобожденными от обязанности возместить убытки. Поскольку банковский сектор развивался в сторону все большей

* Баффет, кажется, регулярно высказывал это мнение. Это высказывание взято из работы Баффета (2008 г., с. 14). [*«Опасайтесь гиков, формулы приносящих»*. Прим. ред.]

ориентации на новые финансовые продукты, последствия отказа математических моделей, лежащих в основе этих продуктов, стали еще более серьезными. И действительно, некоторые из этих изобретательных новых финансовых продуктов находились в центре кризиса 2008 года. Поэтому утверждение о том, что физики и математики породили новый вид принятия на себя рисков банками, верно. И последствия этого мы ощущаем на себе сегодня.

И тем не менее явления биржевого краха или спекулятивного пузыря не новы*. Вспомните, что самый крупный биржевой крах современности произошел в 1929 году, задолго до повсеместного распространения производных финансовых инструментов. Более того, за последние сорок лет, в период, когда финансовые инновации приобрели наибольшую важность, сектор финансовых услуг поддерживал западную экономику на плаву. В США, например, сектор финансовых услуг рос в шесть раз быстрее, чем экономика в целом. Такой быстрый рост происходил на фоне спада или более медленного роста других отраслей экономики, например производства. Таким образом, финансовые инновации, равно как и технологические инновации, играли решающую роль в поддержании экономики США и других западных стран в течение последних трех десятилетий. Более того, среди большинства экономистов бытует мнение о том, что обширный, хорошо развитый финансовый сектор обычно стимулирует рост других отраслей экономики, по крайней мере, до какого-то момента. Но также имеются свидетельства того, что, если финансовый сектор слишком разрастается (что, возможно, и произошло), он может негативно сказаться на развитии других отраслей, в основном потому, что финансовый сектор в конце концов начинает слишком сильно их контролировать. Это может быть правдой и поводом для реализации финансовых реформ. Но следует быть очень осторожным, чтобы вместе с водой не выплеснуть и дитя: экономический рост хорош для всех. А беспокойство насчет того, что финансовый сектор в США или Европе слишком разросся, вряд ли умаляет значение диверсификации и, разумеется, концепций Блэка и Шоулза для роста экономики в первую очередь. Если финансовая практика остановилась

* Действительно, финансовые кризисы преследуют нас с тех пор, как у нас появилась экономика. Для того чтобы больше узнать об истории финансовых бедствий, см. работы Рейнхарт и Рогоффа (2009 г.), а также Киндлбергера и Алибера (2005 г.).

бы в развитии в 1975 году, мировая экономика была бы менее развита, чем сегодня.

Таким образом, финансовые инновации имеют много различных аспектов. Несмотря на то что некоторые виды деривативов ускорили рост экономики, многие люди критиковали их повсеместное использование с учетом их сложности и трудностей в их понимании. Можно предположить, что, по крайней мере, определенная часть производных финансовых инструментов была преднамеренно создана так, чтобы запутать или даже обмануть неопытных инвесторов. Например, такие критические замечания высказывались в отношении некоторых деривативов на базе потребительских кредитов, таких как обеспеченные долговые обязательства (ОДО), которые сыграли решающую роль в дефолте 2008 года. Такого рода продукты создавались путем компоновки ипотечных кредитов и других займов в производные бумаги, которые, как предполагалось, будут иметь тщательно спланированные риски и доходность. Отчасти столь серьезная критика в адрес конкретно этих инструментов обусловлена тем, что многие инвесторы, в том числе некоторые крупные инвестиционные банки, были застигнуты врасплох, когда бумаги начали стремительно падать, то есть когда они превратились в «токсичные активы», отравившие банки США и Европы. Имело место слишком глубокое недопонимание реальных рисков, связанных с этими продуктами. Это происходило в основном из-за того, что индивидуальные инвесторы были слишком плохо подготовлены, чтобы самостоятельно оценить риски, а кредитно-рейтинговые агентства, такие как Moody's и Standard & Poor's, присваивали этим ценным бумагам индексы, свидетельствующие о более высокой их надежности, чем на самом деле. Что еще хуже, Комиссия по ценным бумагам и биржам обвинила Goldman Sachs в том, что она допустила формирование внешним хедж-фондом Paulson & Co*. ОДО, которые могли принести убыток с большей вероятностью, чем предполагал присвоенный ОДО рейтинг. Это привело к тому, что Paulson сделал ставку на столь рискованные ОДО.

Безусловно, данный эпизод выявил серьезную опасность, присущую некоторым методам работы с использованием деривативов. Но

* Для получения дополнительной информации об обвинениях Комиссии по ценным бумагам и биржам и о компромиссном решении, достигнутом с Goldman Sachs, см. материалы Комиссии по ценным бумагам и биржам США (2010а, б).

в реальности эта проблема имеет мало общего с деривативами как таковыми. Если бы банк действительно создал финансовые продукты, которые выглядели лучше, чем они есть на самом деле, только для того, чтобы его крупнейшие вкладчики делали на них ставку (как заявляли некоторые регулирующие и иные органы), это было бы неэтично. Но аферисты обманывали инвесторов и без помощи ОДО. Мне кажется, что деривативы, даже ОДО, должны восприниматься в первую очередь как некие инструменты, аналогично моделям, использованным для их создания. Фьючерсы на сельскохозяйственные культуры, например, играют значительную роль в финансировании фермерами работ в ходе посевного сезона и еще тысячелетия будут помогать контролировать риски. В недавнем прошлом валютные фьючерсы значительно снижали риски международной торговли, позволяя расти мировой экономике. Любой инструмент можно использовать более чем для одной цели. Молотком можно забить гвоздь или разбить стекло автомобиля. В руках полиции огнестрельное оружие может быть важным инструментом для поддержания безопасности и порядка в обществе (по крайней мере, так можно утверждать), но в других обстоятельствах оружие может быть опасным. Проблема понимания того, как надлежащим образом регулировать и контролировать деривативы, является важной составляющей последовательной политики. Но по своей сути она не отличается от других проблем законодательного регулирования.

Но тревога не исчезает, даже если вы согласитесь с тем, что производные бумаги и связанные с ними модели являются инструментами, которые можно использовать благоразумно, а можно и безрассудно. Естественно, существуют некие инструменты — скажем, водородная бомба, если о ней можно так сказать, — которые являются настолько опасными, что мир был бы гораздо лучше, если бы их не существовало в принципе. Возможно, деривативы являются, говоря словами Баффета, «финансовым оружием массового поражения», инструментами, которые могут быть использованы (корректно или некорректно) столь разрушительным образом, что никакой экономический рост не позволит уравновесить риски*. Вы можете даже считать, что кризис 2008 года является доказательством огромной опасности

* Эта цитата взята из работы Баффета (2002 г., с. 15).

математического моделирования в финансах. Я думаю, это неверно. Чтобы пояснить почему, давайте внимательно проанализируем события 2007–2008 годов.

В фильме «Эта прекрасная жизнь» главный герой Джордж Бейли управляет сберегательно-ссудным банком. Это обычный вид банка: клиенты кладут деньги на счет в обмен на обеспечение безопасности сбережений и проценты по вкладу. Банк пускает деньги в оборот и выдает их в виде займов, обычно в качестве ипотечных кредитов или ссуд коммерческим предприятиям. Система отлично работает до тех пор, пока банк имеет вкладчиков и они готовы хранить в нем свои деньги. В день свадьбы, когда Джордж Бейли и его молодая жена проезжают мимо его банка, он видит толпу людей, стремящихся пройти внутрь. Прошел слух о том, что в банке проблемы, и жители Бедфорд Фоллс (родного города Бейли) хотят снять свои деньги со счетов.

Бейли выпрыгивает из машины, понимая, что происходит паническое изъятие вкладов из банка. Он объясняет толпе, что денег в здании нет. Они вложены в дома жителей города, в их магазины и предприятия. Система рухнет, если все попытаются снять свои деньги одновременно, поскольку банк не держит столько наличных, чтобы произвести выплаты всем вкладчикам. В момент трагического (но характерного для него) самопожертвования Бейли понимает, что у него есть крупная сумма наличными — деньги на свадебное путешествие. Он предлагает людям выплатить им деньги, если они не будут просить слишком много. У него хватает денег, и в конце рабочего дня банк закрывает свои двери, имея всего один доллар в кассе, но не выйдя из бизнеса. Они пережили массовое изъятие вкладов, но ценой отказа Бейли от своей мечты объехать весь мир.

Массовые изъятия вкладов были рядовым явлением во время Депрессии и еще более распространенным в XIX веке. Они были связаны с финансовой паникой, с периодами, когда экономика казалась особенно ненадежной и никто не был уверен в выживании банков. Небольшая новость о том, что какой-либо банк находится под угрозой, практически гарантировала его крах. На сегодняшний день паническое изъятие вкладов из банков США осталось в прошлом, так как в 1934 году Правительство США учредило Федеральную корпорацию по страхованию вкладов (ФКСВ), которая страхует вклады на-

селения во всех банках*. Сегодня нет причин изымать банковский вклад, даже если вам кажется, что дела в банке идут не слишком хорошо: в любом случае ваши деньги застрахованы федеральным правительством.

Во введении я описывал «квантовый кризис», одну августовскую неделю 2007 года, когда все крупные квантовые фонды развалились без какой-либо на то очевидной причины. Это было первым предупреждением о надвигающейся катастрофе на мировых финансовых рынках. Но что вызвало квантовый кризис?*** Квантовые фонды оказались первой жертвой масштабной банковской паники, которая зародилась тем летом и продолжалась более пятнадцати месяцев. Паника не затронула банковское обслуживание физических лиц, так как их вклады были защищены ФКСВ. Паника коснулась лишь теневой банковской системы, которая развивалась в США в последние три десятилетия. Теневая банковская система работает, в принципе, как обычная, но имеет более широкий масштаб и не подпадает под надзор или регулирование. Она основывается на операциях займа между банками и крупными корпорациями (включая другие банки).

Когда у компании есть денежные резервы — скажем, несколько сотен миллионов долларов, — ей необходимо место, где их хранить, так же как любому из нас необходимо где-то хранить наши деньги. Другими словами, если деньги не приносят проценты, это равносильно их обесценению. Что делает компания в этой ситуации? Она размещает свои денежные резервы в другой компании. В принципе, это является краткосрочным займом, предоставляемым одним банком или компанией другим. В обмен на это вкладчик требует некоторых гарантий. Стандартным обеспечением, например, являются государственные облигации, обычно безрисковые и с низкой доходностью. Но количество государственных облигаций в мире ограничено, а количество людей (и других государств), приобретающих их в качестве долгосрочных инвестиций, велико. Таким образом,

* Чтобы больше узнать об истории ФКСВ, а также о других изменениях в финансовом законодательстве США, см. работу Маркхэма (2002 г.).

** Существует много точек зрения на то, что вызвало финансовый кризис, в том числе квантовый кризис. Например, см. работы Шиллера (2008 г.), Кругмана (2008 г.), Занди (2008 г.), МакЛин и Носера (2010 г.) или материалы Комиссии по расследованию причин финансового кризиса (2011 г.). Представленный здесь анализ во многом сделан благодаря работе Гортона (2010 г.).

поскольку количество компаний, которым необходимо где-то хранить свои денежные резервы, возросло, банкам было необходимо предложить новые активы, которые могли бы быть использованы в качестве обеспечения.

Корпоративные облигации, которые аналогичны государственным облигациям, но выпускаются корпорациями, не очень подходят для этого, так как их стоимость обычно связана с курсом акций корпорации на бирже. Никому не нужно обеспечение, которое может оказаться высоковолатильным, или, хуже того, обеспечение, на цене которого можно «сыграть», следя за изменением биржевого курса акций. Поэтому компаниям — участницам теневого банковского сектора были необходимы активы, которые работали бы как облигации, но их цена не зависела бы от факторов, информацию о которых легко получить. Решение, случайно найденное ими, было связано с задолженностями по кредитованию физических лиц — ипотечными займами, кредитами на обучение, задолженностями по кредитным картам. На сегодняшний день задолженность по кредитованию физических лиц как таковая не является хорошим вариантом, поскольку по кредитной истории конкретного физического лица имеется возможность предсказать риски его банкротства. Поэтому вместо использования прав требования по кредитам напрямую в качестве обеспечения банки брали розничные кредиты и секьюритизировали их. Этот процесс состоит в объединении большого количества кредитов в единый пул, последующем разделении пула на отдельные части и продаже их в качестве облигаций. Эти новые активы, среди которых были и ОДО, были созданы для того, чтобы работать как государственные облигации (хотя и с более высоким уровнем риска). Они приносили проценты, поэтому, когда компании размещали средства на депозитах друг у друга, их деньги не обесценивались.

Квантовый кризис был первым сигналом того, что в теневой банковской системе не все в порядке. Вся система была построена на предположении о том, что рынок жилья в США не упадет. Когда в начале 2006 года он все же начал падать, система стала рушиться. А когда в 2007 году падение ускорилось, возникла паника. Происходили банкротства в основном среди владельцев домов, которые и так воспринимались как высокий риск, а также среди бенефициаров по так называемой субстандартной ипотеке. Неожиданно большое коли-

чество банкротств, в свою очередь, привело к быстрому падению цены на бумаги, в основе которых лежали субстандартные ипотечные кредиты. Никто не был уверен в том, что получит обещанный процент. Квантовый кризис разразился, когда от небольшой группы хедж-фондов потребовали внесения дополнительного обеспечения по займам, которые они использовали для финансирования своих инвестиций, что, в свою очередь, означало, что они должны быстро продать активы, чтобы получить деньги. Большинство квантовых фондов использовали сходные методы работы, поэтому часто их портфели были очень похожи друг на друга. Поэтому, когда один фонд начал продавать активы, активы всех остальных фондов, в том числе те, которые, как предполагалось, будут служить им страховкой, пошли вниз. Такое быстрое и неожиданное падение заставило остальные фонды также начать продажу активов. Образовался замкнутый круг, в результате чего все потеряли большое количество денег. (Это прекрасный пример того, как «стадный эффект» Сорнетта приводит к дефолтам.)

Квантовый кризис и его отзвуки в конце 2007 года были всего лишь началом. Следующей жертвой в марте 2008 стал восьмидесятилетний инвестиционный банк Bear Stearns. Bear Stearns являлся крупнейшим игроком теневой банковской системы, поставлявшим большое количество секьюритизированных займов в качестве обеспечения. Когда количество неплатежей по базовым ипотечным кредитам выросло еще больше, вкладчики начали нервничать. В середине месяца несколько крупнейших клиентов Bear Stearns одновременно потребовали возврата денег. Первой за возвратом пяти миллиардов долларов обратилась компания Джеймса Саймонса Renaissance*. Следующие пять миллиардов долларов были сняты со счетов другим хедж-фондом, D. E. Shaw. Скоро возникла классическая ситуация массового изъятия денег из банка, когда все клиенты одновременно обратились с требованием вернуть им деньги. Чтобы не истечь кровью, Bear Stearns был вынужден при поддержке государства согласиться на переход под контроль другого инвестиционного банка — J. P. Morgan.

Кризис только начинал набирать обороты. Кульминации он достиг летом, когда Lehman Brothers, еще один знаменитый инвестиционный

* Эта часть истории взята из работы Паттерсона (2010 г.).

банк с многолетней историей, потерпел крах. В этот раз правительство не вмешалось, чтобы согласовать мероприятия по его спасению, что только усилило панику. Всего лишь через несколько дней, в сентябре, еще один борющийся за выживание банк, Merrill Lynch, был поглощен Bank of America. Страховая компания AIG была на грани катастрофы. Банки не желали выдавать займы, особенно другим банкам, чья судьба была далеко не однозначна. Вся теневая банковская система была заморожена, и под этой тяжестью финансовый рынок рухнул. К октябрю капитализация рынка акций в США упала на 40%.

Безусловно, некорректное использование математических моделей также сыграло свою роль в кризисе. Процедура секьюритизации, благодаря которой субстандартные ипотечные кредиты превращались в новые продукты, которые вели себя как облигации, основывалась на модели, разработанной статистиком Дэвидом К. Ли*. Модель Ли имеет фундаментальный недостаток: она построена на допущении, что дефолт по одному ипотечному кредиту не изменит рисков дефолта по другим ипотечным кредитам. До тех пор пока количество неплатежей было невелико, это было прекрасное допущение. Несколько отдельных случаев неплатежей не оказывают серьезного влияния на рынок жилья. Но как только количество неплатежей в 2006 году выросло, модель перестала иметь смысл. Когда множество людей объявили о своем дефолте по ипотечным кредитам, цены на недвижимость в тех районах, где количество неплатежей серьезно выросло, упали. Это привело к новым дефолтам. Более того, увеличение количества дефолтов по кредитам выявило некоторые более глубокие проблемы в экономике.

Но возложить всю вину за кризис 2007–2008 годов на модель Ли или даже на секьюритизированные кредиты физических лиц было бы ошибочно. Кризис лишь отчасти был обусловлен несостоятельностью математической модели. В большей степени его причиной явилась неспособность некоторых чрезвычайно искушенных финансовых организаций думать как физики. Модель прекрасно работала в определенных обстоятельствах. Но, как и любая другая математическая модель, она не могла оставаться состоятельной при изменении допущений, лежавших в основе модели. Мне кажется, что люди, обладав-

* Модель представлена в работе Ли (2000 г.). См. также работу Салмона (2009 г.).

шие полномочиями принимать решения в сфере управления рисками, не продумали, в какой ситуации модель Ли может их подвести. Все занимались зарабатыванием денег, отбросив осторожность. Но и такое объяснение было бы слишком простым. Кризис в равной степени был вызван несостоятельностью государственной политики и регулирования, поскольку рухнувшая теневая банковская система работала практически бесконтрольно. Либо регуляторные органы не знали, что происходит, и не осознавали риски, либо они считали, что эта отрасль может быть саморегулируемой. Кризис был обусловлен провалами на всех фронтах.

Стоит еще раз подчеркнуть, что аналогично компании O'Connor, которая пережила крах 1987 года, поскольку была немного более искушена в использовании моделей, чем все остальные, компания Renaissance Technologies Джима Саймонса в 2008 году принесла 80% дохода именно потому, что была умнее своих конкурентов. Но в чем состоит разница между Renaissance и другими хедж-фондами? Renaissance нашла способ сделать то, что, как считал мой научный руководитель, невозможно: она принесла науку на Уолл-стрит. При этом она не озвучивала свои идеи публично. Renaissance — намного более замкнутая компания, чем другие. Но ее сотрудники не забыли, что значит мыслить как физики, как ставить под сомнение сделанные допущения и постоянно искать бреши в своих моделях. Основное преимущество компании — качество ее кадрового состава. Ее сотрудники, судя по всему, просто более толковые, чем большинство других квантов. Но не меньшую важность имеет и структура компании: в ней на свободном графике работает специальная группа исследователей, которые сорок часов в неделю посвящают разработке своих собственных идей. Именно верность своим корням больше, чем что-либо иное, позволила компании процветать там, где не смогли другие. Renaissance показывает, что искушенность в математике является лекарством, а не болезнью.

Заканчивая свою книгу в начале 2012 года, я вижу, что экономика еще не оправилась от кризиса 2008 года. Скорее наоборот: кажется, она готова к новому падению. И никто не ожидает скорого улучшения. В соответствии с прогнозами, опубликованными правительством Обамы, безработица к концу 2012 года составит около 8% при вялом росте ВВП. Обе политические партии США просто повторяют все

те же опробованные и не сработавшие политические предложения, которые звучат уже на протяжении целого поколения. И так происходит не только в Соединенных Штатах. Большинство стран южной Европы находятся на грани дефолта по государственным долгам. Несмотря на отчаянные попытки Германии, трудно верить в будущее евро. Даже Китай и Индия демонстрируют признаки замедления роста. Перспективы мировой экономики туманны. И самое удивительное: кажется, ни у кого нет идеи, как исправить эту ситуацию*.

Существует древнее латинское выражение, которое мне кажется подходящим: «*Extremis malis extrema remedia*». На крайнее зло — крайние средства. Сегодня прежде всего нам необходим источник новых экономических идей. Вот почему настало время вернуться к предложению Вайнштейна о новой крупномасштабной инициативе в области междисциплинарных исследований. Мы уже мобилизовывали лучшие силы европейского и американского научного сообщества, и это навсегда изменило наш мир. Имея успешный опыт использования идей из физики в сфере финансов, описанный мною в этой книге, и перспективные направления, указанные в работах Вайнштейна и Мелани, мы должны сделать это снова. Но на этот раз нашей целью будет не создание нового оружия, а разработка ряда новых инструментов для надлежащего функционирования мировой экономики.

Задумайтесь о том, что в последние десятилетия, особенно в период кризиса 2007–2008 годов, Правительство США, в том числе крупнейшие регуляторные органы, отставало на шаг даже от самых неискушенных банков и инвестиционных компаний. На три шага оно отстает от реальных новаторов. Когда в преддверии кризиса банки не учли рисков, связанных с секьюритизированными займами, никто не указал на то, что теневая банковская система была построена на фундаменте из песка. Только после того, как разразился кризис, Конгрессом были приняты новые нормативные акты, регулирующие деятельность банков. И даже эти новые акты предусматривали всего лишь внесение изменений в рудиментарную политику, направленных на защиту от вчерашних рисков.

* Для того чтобы получить представление о серьезных финансовых и экономических проблемах, остающихся незамеченными в глубине мировой экономики, см. работу Райана (2010 г.).

Эта ситуация должна быть в корне изменена. Мы с радостью тратим огромные средства на разведывательную деятельность и борьбу с терроризмом. Но биржевой крах 2008 года нанес экономике ущерб, по меньшей мере, сравнимый с трагедией 11 сентября. На предотвращение экономических бедствий мы должны направлять такие же ресурсы, как на защиту от других рисков. Такие организации, как Федеральная резервная система и Комиссия по ценным бумагам и биржам, и даже Всемирный банк, должны быть самыми искушенными игроками в этой сфере. А если их специалисты не могут выполнить эту задачу, нам необходима новая исследовательская организация, чья деятельность будет посвящена междисциплинарным экономическим исследованиям, которые помогут направить их усилия в нужное русло. Люди, возглавляющие мировую экономику, должны быть такими же отличными специалистами, как сотрудники Renaissance. В идеале они должны быть даже лучше них.

Библиография

- Aelian, Claudius. 1959 (200a.d.). *On the Characteristics of Animals* [De animalium natura], ed. A. F. Scholfield. London: Heinemann.
- Ahrens, Frank. 2007. "For Wall Street's Math Brains, Miscalculations." *Washington Post*, August 21.
- Akerlof, George A. 2009. *Animal Spirits: How Human Psychology Drives the Economy, and Why It Matters for Global Capitalism*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Allegre, C. J., J. L. Le Moule, and A. Provost. 1982. "Scaling Rules in Rock Fracture and Possible Implications for Earthquake Predictions." *Nature* 297: 47–49.
- Allen, R.G.D. 1975. *Index Numbers in Economic Theory and Practice*. Piscataway, NJ: Transaction Publishers.
- Allen, Robert Loring. 1993. *Irving Fisher: A Biography*. Cambridge, MA: Wiley-Blackwell.
- Allison, David K. 1985. "U.S. Navy Research and Development Since World War II." In *Military Enterprise and Technological Change: Perspectives on the American Experience*, ed. Merritt Roe Smith. Cambridge, MA: MIT Press.
- Altman, Nancy. 2005. *The Battle for Social Security: From FDR's Vision to Bush's Gamble*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Anderson, P. W., K. Arrow, and D. Pines. 1988. *The Economy as an Evolving Complex System*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Anifrani, J. C. 1995. "Universal Log-Periodic Correction to Renormalization Group Scaling for Rupture Stress Prediction From Acoustic Emissions." *Journal de Physique I* 5 (6): 631.
- Ansbacher, Max. 2000. *The New Options Market*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Ariely, Dan. 2008. *Predictably Irrational*. New York: HarperCollins.
- Arthur, W. B., S. N. Durlauf, and D. A. Lane, eds. 1997. *The Economy as a Complex Evolving System II*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Atiyah, M. 2003. "Hermann Weyl: November 9, 1885–December 9, 1955." *Biographical Memoirs National Academy of Sciences* 82: 320–35.
- Bachelier, Louis. 1900. "Théorie de la spéculation." *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure* 19: 21–86.
- 1914. *Le jeu, la chance et le hasard*. Paris: Ernest Flammarion.
- 1937. *Les lois des grands nombres du calcul des probabilités*. Paris: Gauthier-Villars.
- 1941. "Probabilités des oscillations maxima." *Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, May, 836–38.
- Baggott, Jim. 2009. *Atomic: The First War of Physics and the Secret History of the Atom Bomb: 1939–49*. London: Icon Books.
- Bak, P. 1996. *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Springer-Verlag.
- Bak, Per, Chao Tang, and Kurt Wiesenfeld. 1987. "Self-Organized Criticality: An Explanation of the $1/f$ Noise." *Physical Review Letters* 59 (4, July): 381–84.
- Baker, Dean, ed. 1998. *Getting Prices Right: The Debate Over the Consumer Price Index*. New York: M. E. Sharpe, Inc.
- Baker, Dean, and Mark Weisbrot. 1999. *Social Security: The Phony Crisis*. Chicago: University of Chicago Press.
- Baldwin, Roger R., Wilbert E. Cantey, Herbert Maisel, and James P. McDermott. 1956. "The Optimum Strategy in Blackjack." *Journal of the American Statistical Association* 51 (275): 429–39.

- Barcellos, Anthony. 1985. "Benoît Mandelbrot." In *Mathematical People*, ed. Donald J. Albers and G. L. Alexanderson. Boston: Birkhäuser.
- Barnett, W. A. 2012. *Getting It Wrong: How Faulty Monetary Statistics Undermine the Fed, the Financial System, and the Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barnett, William A., and Marcell Chauvet. 2010. *Financial Aggregation and Index Number Theory*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Bass, Thomas A. 1985. *The Eudaemonic Pie*. Boston: Houghton Mifflin.
- 1999. *The Predictors: How a Band of Maverick Physicists Used Chaos Theory to Trade Their Way to a Fortune on Wall Street*. New York: Henry Holt.
- Batterman, Robert. 2002. *The Devil in the Details: Asymptotic Reasoning in Explanation, Reduction, and Emergence*. Oxford: Oxford University Press.
- Beland, Daniel. 2005. *Social Security: History and Politics From the New Deal to the Privatization Debate*. Lawrence: University Press of Kansas.
- Bernstein, Jeremy. 2010. *Physicists on Wall Street and Other Essays on Science and Society*. New York: Springer Business + Media.
- Bernstein, Peter. 1993. *Capital Ideas: The Improbable Origins of Modern Wall Street*. New York: Free Press.
- 1998. *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Bhat, M. R. 1981. *Varahamihira's Brhat Samhita*. Delhi: Motilal Banarsidass.
- Billingsley, P. 1995. *Probability and Measure*. New York: John Wiley and Sons.
- Bird, Kai, and Martin J. Sherwin. 2005. *American Prometheus: The Triumph and Tragedy of Robert Oppenheimer*. New York: Random House.
- Black, Fischer. 1987. *Business Cycles and Equilibrium*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- 1989. "How We Came Up With the Option Formula." *Journal of Portfolio Management* 15 (2): 4–8.
- 1992. "The Holes in Black-Scholes." In *From Black-Scholes to Black Holes: New Frontiers in Options*, 51–56. London: Risk Magazine.
- 2010. *Exploring General Equilibrium*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Black, Fischer, and Myron Scholes. 1972. "The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency." *Journal of Finance* 27 (2): 399–418.
- 1973. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." *Journal of Political Economy* 81 (3): 637–54.
- 1974. "From Theory to a New Financial Product." *Journal of Finance* 19 (2): 399–412.
- Blume, L. E., and Steven N. Durlauf, eds. 2006. *The Economy as an Evolving Complex System III: Current Perspectives and Future Directions* (Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity). New York: Oxford University Press.
- Bookstaber, Richard. 2007. *A Demon of Our Own Design: Markets, Hedge Funds and the Perils of Financial Innovation*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Boskin, Michael J., E. Dullberger, R. Gordon, Z. Griliches, and D. Jorgenson. 1996. "Towards a More Accurate Measure of the Cost of Living." Final Report to the Senate Finance Committee, December 4.
- 1998. "Consumer Prices, the Consumer Price Index, and the Cost of Living." *Journal of Economic Perspectives* 12 (1, Winter): 3–26.
- Bosworth, Barry P. 1997. "The Politics of Immaculate Conception." *The Brookings Review*, June, 43–44.
- Bouchaud, Jean-Philippe, and Didier Sornette. 1994. "The Black-Scholes Option Pricing Problem in Mathematical Finance: Generalization and Extensions for a Large Class of Stochastic Processes." *Journal de Physique* 4 (6): 863–81.
- Bower, Tom. 1984. *Klaus Barbie, Butcher of Lyons*. London: M. Joseph.
- Bowman, D. D., G. Ouillon, C. G. Sammis, A. Sornette, and D. Sornette. 1998. "An Observational Test of the Critical Earthquake Concept." *Journal of Geophysical Research* 103: 24359–72.
- Broad, William J. 1992. "Defining the New Plowshares Those Old Swords Will Make." *The New York Times*, February 5.
- Brooks, David. 2010. "The Return of History." *The New York Times*, March 26, A27.

- Brown, Mike, Stuart Kauffman, Zoe-Vonna Palmrose, and Lee Smolin. 2008. "Can Science Help Solve the Economic Crisis?" Available, with a response from Weinstein, at http://www.edge.org/3rd_culture/brown08/brown08_index.html. Brown, Robert. 1828. "A Brief Account of Microscopical Observations Made on the Particles Contained in the Pollen of Plants." *Philosophical Magazine* 4: 161–73.
- Bruck, Connie. 1994. *Master of the Game: Steve Ross and the Creation of Time Warner*. New York: Simon & Schuster.
- Bufe, Charles G., and David J. Varnes. 1993. "Predictive Modeling of the Seismic Cycle of the Greater San Francisco Bay Region." *Journal of Geophysical Research* 98 (B6): 9871–83.
- Buffett, Warren. 2002. "Annual Shareholder Letter." Available at <http://www.berkshirehathaway.com/letters/2002pdf.pdf>.
- 2008. "Annual Shareholder Letter." Available at <http://www.berkshirehathaway.com/letters/2008ltr.pdf>.
- 2010. "Annual Shareholder Letter." Available at <http://www.berkshirehathaway.com/letters/2010pdf.pdf>.
- Cadbury, Deborah. 2006. *Space Race: The Epic Battle Between America and the Soviet Union for Dominion of Space*. New York: HarperCollins.
- Cardano, Girolamo. 1961 (1565). *The Book on Games of Chance [Liber de ludo aleae]*, trans. Sydney Henry Gould. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- 1929 (1576). *The Book of My Life [De vita propria liber]*, trans. Jean Stoner. New York: E. P. Dutton.
- Casella, George, and Roger L. Berger. 2002. *Statistical Inference*. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Duxbury.
- Cassidy, John. 2007. "The Blow-Up Artist." *The New Yorker*, October 15, 56–69.
- 2010a. "After the Blowup." *The New Yorker*, January 11, 28–33.
- 2010b. *How Markets Fail*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Cervantes, Miguel de. 1881. *The Exemplary Novels of Cervantes*, ed. Walter K. Kelly. London: George Bell and Sons.
- Chalmers, Alan. 2009. *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone: How Science Succeeded and Philosophy Failed to Gain Knowledge of Atoms*. New York: Springer-Verlag.
- 2011. "Drawing Philosophical Lessons From Perrin's Experiments on Brownian Motion: A Response to van Fraassen." *British Journal of the Philosophy of Science* 62 (4): 711–32.
- Chapman, Toby. 1998. "Speculative Trading: Physicists' Forays Into Finance." *Europhysics Notes*, January/February, 4.
- Cirillo, Renato. 1979. *The Economics of Vilfredo Pareto*. New York: Frank Cass and Company.
- Coase, Ronald H. 1960. "The Problem of Social Cost." *Journal of Law and Economics* III, October, 1–44.
- Cole, K. C. 2009. *Something Incredibly Wonderful Happens: Frank Oppenheimer and the World He Made Up*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Collins, Martin. 1999. *Space Race: The U.S.-U.S.S.R. Competition to Reach the Moon*. Rohnert Park, CA: Pomegranate Communications.
- Compton, Arthur Holly. 1956. *Atomic Quest*. New York: Oxford University Press.
- Conant, Jennet. 2005. *109 East Palace: Robert Oppenheimer and the Secret City of Los Alamos*. New York: Simon & Schuster.
- Cone, Edward. 1999. "Got Risk?" *Wired* 7 (12).
- Cont, R. 2001. "Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues." *Quantitative Finance* 1: 223–36.
- Cootner, Paul, ed. 1964. *The Random Character of Stock Prices*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cottingham, W. N., and D. A. Greenwood. 2007. *An Introduction to the Standard Model of Particle Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Courtault, Jean-Michel, and Youri Kabanov. 2002. *Louis Bachelier: Aux origines de la finance mathématique*. Paris: Presses Universitaires Franc-Comtoises.
- Cox, John C., and Mark Rubinstein. 1985. *Options Markets*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Dash, Mike. 1999. *Tulipomania: The Story of the World's Most Coveted Flower and the Extraordinary Passions It Aroused*. New York: Three Rivers Press.
- David, F. N. 1962. *Games, Gods & Gambling: A History of Probability and Statistical Ideas*. New York: Simon & Schuster.
- Davis, Mark, and Alison Etheridge. 2006. *Louis Bachelier's Theory of Speculation: The Origins of Modern Finance*. Princeton: Princeton University Press.
- Davis, Monte. 1984. "Benoît Mandelbrot." *Omni Magazine* 6 (5): 64.
- Davy, P. H., A. Sornette, and D. Sornette. 1990. "Some Consequences of a Proposed Fractal Nature of Continental Faulting." *Nature* 348 (November): 56–58.
- Derman, Emanuel. 2004. *My Life as a Quant*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- 2011a. "Emanuel Derman on Fischer Black." Available at <https://www.quantnet.com/emanuel-derman-fischer-black/>.
- 2011b. *Models Behaving Badly*. New York: Free Press.
- Derman, Emanuel, and Iraj Kani. 1994. "The Volatility Smile and Its Implied Tree." Goldman Sachs Quantitative Strategies Research Note.
- Derman, Emanuel, and Nassim Nicholas Taleb. 2005. "The Illusions of Dynamic Replication." *Quantitative Finance* (4): 323–26.
- Derman, Emanuel, and Paul Wilmott. 2009. "The Financial Modelers' Manifesto." Available at Social Science Research Network (SSRN), <http://ssrn.com/abstract=1324878> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1324878>.
- Devlin, Keith. 2008. *The Unfinished Game: Pascal, Fermat, and the Seventeenth-Century Letter That Made the World Modern*. New York: Basic Books.
- Dimand, Robert W., and Hichem Ben-El-Mechaiekh. 2006. "Louis Bachelier." In *Pioneers of Financial Economics*, vol. 1, ed. Geoffrey Poitras. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Divisia, François. 1925. "L'Indice monétaire et la théorie de la monnaie." *Revue d'Economie Politique* 3: 842–64.
- Duffus, R. L. 1972. *The Santa Fe Trail*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Dwork, Deborah, and Robert Jan van Pelt. 2002. *Holocaust: A History*. New York: W. W. Norton.
- Eichengreen, Barry. 2008. *Globalizing Capital: A History of the International Monetary System*. 2nd ed. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Eichenwald, Kurt. 1989a. "Jury Selection Begins Today in Princeton/Newport Case." *The New York Times*, June 19.
- 1989b. "Six Guilty of Stock Conspiracy." *The New York Times*, August 1.
- Einstein, Albert. 1905a. "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt." *Annalen der Physik* 17: 132–48.
- 1905b. "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen." *Annalen der Physik* 17: 549–60.
- 1905c. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper." *Annalen der Physik* 17: 891–921.
- 1905d. "Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?" *Annalen der Physik* 18, 639–41.
- 1946. *The Meaning of Relativity*. 2nd ed. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Falconer, Kenneth. 2003. *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*. 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Fama, Eugene. 1964. "Mandelbrot and the Stable Paretian Hypothesis." In *The Random Character of Stock Prices*, ed. Paul Cootner, 297–306. Cambridge, MA: MIT Press.
- 1965. "The Behavior of Stock Market Prices." *Journal of Business* 38 (1). Farmer, J. Doyme, and John J. Sidorowich. 1987. "Predicting Chaotic Time Series." *Physical Review Letters* 59 (8): 845–48.
- Figlewski, Stephen. 1995. "Remembering Fischer Black." *The Journal of Derivatives* 3 (2): 94–98.
- Financial Crisis Inquiry Commission. 2011. *The Financial Crisis Inquiry Report, Authorized Edition: Final Report of the National Commission on the Causes of the Financial and Economic Crisis in the United States*. New York: Public Affairs.
- Fischel, Jack R. 1998. *The Holocaust*. Westport, CT: Greenwood Press.
- Forbes, Catherine, Merran Evans, Nicholas Hastings, and Brian Peacock. 2011.

- Statistical Distributions. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Forbes magazine. 2011. "The World's Billionaires 2011." Available at http://www.forbes.com/lists/2011/10/billionaires_2011.html.
- Forfar, David O. 2007. "Fischer Black." Available at http://www.history.mcs.standrews.ac.uk/Biographies/Black_Fischer.html.
- Fox, Justin. 2009. *The Myth of the Rational Market*. New York: Harper Business.
- French, Craig W. 2003. "The Treynor Capital Asset Pricing Model." *Journal of Investment Management* 1 (2): 60–72.
- Galison, Peter. 1997. *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. Chicago: University of Chicago Press.
- 2003. *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*. New York: W. W. Norton.
- Galison, Peter, and Bruce Hevly, eds. 1992. *Big Science*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Gebhard, Louis A. 1979. *Evolution of Naval Radio-Electronics and Contributions of the Naval Research Laboratory*. Washington, DC: Naval Research Laboratory. NRL Report 8300.
- Geroch, Robert. 1981. *General Relativity From A to B*. Chicago: University of Chicago Press.
- Girlich, Hans-Joachim. 2002. "Bachelier's Predecessors." Available at <http://www.mathematik.uni-leipzig.de/preprint/2002/p5-2002.pdf>.
- Glandsdorff, Paul, and Ilya Prigogine. 1971. *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. London: Wiley Interscience.
- Gleick, J. 1987. *Chaos: Making a New Science*. New York: Viking.
- 2011. *The Information: A History, a Theory, a Flood*. Toronto: Pantheon Books.
- Goldgar, Anne. 2007. *Tulipmania: Money, Honor, and Knowledge in the Dutch Golden Age*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gordon, Robert J. 2002. "The Boskin Report vs. NAS At What Price: 'The Wild vs. the Mild.'" Slides presented at the 2002 Conference on Research in Income and Wealth. Available at <http://faculty-web.at.northwestern.edu/economics/gordon/BoskinvsNAS.ppt>.
- 2006. "The Boskin Commission Report: A Retrospective One Decade Later." *International Productivity Monitor* 12 (June): 7–22.
- Gorton, Gary. 2010. *Slapped by the Invisible Hand: The Panic of 2007*. New York: Oxford University Press.
- Gray, Robert M. 2011. *Entropy and Information Theory*. New York: Springer-Verlag.
- Greenlees, John S. 2006. "The BLS Response to the Boskin Commission Report." *International Productivity Monitor* 12 (June): 23–41.
- Greer, John F. Jr. 1996. "Simons Doesn't Say." *Financial World*, October 21. Groves, Leslie R. 1962. *Now It Can Be Told*. New York: Harper & Row.
- Guckenheimer, J., and P. Holmes. 1983. *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcation of Vector Fields*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hacking, Ian. 1975. *The Emergence of Probability*. New York: Cambridge University Press.
- 1990. *The Taming of Chance*. New York: Cambridge University Press.
- Hájek, Alan. 2012. "Interpretations of Probability." *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2012 edition, ed. Edward N. Zalta. Palo Alto, CA: Center for the Study of Language and Information. Available at <http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/probability-interpret/>.
- Hald, Anders. 2003. *A History of Probability and Statistics and Their Applications Before 1750*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Handa, Jagdish. 2000. *Monetary Economics*. New York: Taylor and Francis.
- Handley, Susannah. 2000. *Nylon: The Story of a Fashion Revolution*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Hastings, Charles Sheldon. 1909. *Biographical Memoir of Josiah Willard Gibbs 1879–1903*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Haug, Espen Gaarder, and Nassim Nicholas Taleb. 2011. "Option Traders Use (Very) Sophisticated Heuristics, Never the Black-Scholes-Merton Formula." *Journal of Economic Behavior and Organization* 77 (2): 97–106.
- Hendry, David F., and Mary S. Morgan. 1996. "Obituary: Jan Tinbergen 1903–1994."

- Journal of the Royal Statistics Society: Series A 159 (3): 614–18.
- Hoddeson, Lillian, Laurie Brown, Michael Riordan, and Max Dresden. 1997. *The Rise of the Standard Model: Particle Physics in the 1960s and 1970s*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hopkins, W. Wat. 1991. *Mr. Justice Brennan and Freedom of Expression*. New York: Praeger Publishers.
- Hounshell, David A. 1992. "Du Pont and the Management of Large-Scale Research and Development." In *Big Science*, ed. Peter Galison and Bruce Hevly. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Hounshell, David A., and John Kenly Smith Jr. 1988. *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902–1980*. New York: Cambridge University Press.
- Huang, Y., H. Saleur, C. Sammis, and D. Sornette. 1998. "Precursors, Aftershocks, Criticality and Self-Organized Criticality." *Europhysics Letters* 41: 44–48.
- Hull, John C. 2011. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Hunsaker, Jerome, and Saunders MacLane. 1973. *Edwin Bidwell Wilson: 1879–1964*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Illinski, K. 2001. *The Physics of Finance: Gauge Modelling in Non-equilibrium Pricing*. New York: John Wiley and Sons.
- Isaacson, Walter. 2007. *Einstein: His Life and Universe*. New York: Simon & Schuster.
- Johansen, A., and D. Sornette. 2000. "Critical Ruptures." *The European Physical Journal B—Condensed Matter and Complex Systems* 18 (1): 163–81.
- Johansen, Anders, Didier Sornette, Hiroshi Wakita, Urumu Tsunogai, William I. Newman, and Hubert Saleur. 1996. "Discrete Scaling in Earthquake Precursory Phenomena: Evidence in the Kobe Earthquake, Japan." *Journal de Physique I* 6 (10): 1391–1402.
- Jones, Vincent C. 1985. *Manhattan, the Army and the Atomic Bomb*. Washington, DC: Government Printing Office.
- Jovanovic, Frank. 2000. "L'origine de la théorie financière: Une réévaluation de l'apport de Louis Bachelier." *Revue d'économie politique* 110 (3): 395–418.
- 2006. "A Nineteenth-Century Random Walk: Jules Regnault and the Origins of Scientific Financial Economics." In *Pioneers of Financial Economics*, vol. 1, ed. Geoffrey Poitras. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Jung, Jayne. 2007. "The Right Time." *Risk Magazine*, September 1.
- Kahn, David. 1967. *The Code-Breakers: The Comprehensive History of Secret Communication From Ancient Times to the Internet*. New York: Scribner.
- Kaplan, Ian. 2002. "The Predictors by Thomas A. Bass: A Retrospective." This is a comment on *The Predictors* by a former employee of the Prediction Company. Available at <http://www.bearcave.com/bookrev/predictors2.html>.
- Karlin, Samuel, and Howard M. Taylor. 1975. *A First Course in Stochastic Processes*. 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press.
- 1981. *A Second Course in Stochastic Processes*. San Diego, CA: Academic Press.
- Katzmann, Robert A. 2008. *Daniel Patrick Moynihan: The Intellectual in Public Life*. Washington, DC: Woodrow Wilson Center Press.
- Kelly, J. Jr. 1956. "A New Interpretation of Information Rate." *IRE Transactions on Information Theory* 2 (3, September): 185–89.
- Kelly, Kevin. 1994a. "Cracking Wall Street." *Wired* 2 (7).
- 1994b. *Out of Control: The Rise of Neobiological Civilization*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Kendall, M. G. 1953. "The Analysis of Economic Time-Series, Part 1: Prices." *Journal of the Royal Statistical Society* 116 (1): 11–34.
- Khandani, Amir E., and Andrew W. Lo. 2011. "What Happened to the Quants in August 2007? Evidence From Factors and Transactions Data." *Journal of Financial Markets* 14 (1): 1–46.
- Kindleberger, Charles P., and Robert Aliber. 2005. *Manias, Panics, and Crashes*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.

- Kolmogorov, Andrei. 1931. "Über die analytischen Methoden in der Wahrscheinlichkeitsrechnung." *Mathematische Annalen* 104: 415–58.
- Krige, J., A. Russo, and L. Sebesta. 2000. *The Story of ESA 1973–1987*, vol. 2 of *A History of the European Space Agency 1958–1987*. Noordwijk: ESA Publications Division.
- Krugman, Paul. 2008. *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*. New York: W. W. Norton.
- 2009. "How Did Economists Get It So Wrong?" *The New York Times Magazine*, September 6.
- Krugman, Paul, and Robin Wells. 2009. *Economics*. 2nd ed. New York: Worth Publishers.
- Lahart, Justin. 2007. "Behind the Stock Market's Zigzag." *The Wall Street Journal*, August 11, B1.
- Laing, Jonathan R. 1974. "Playing the Odds." *The Wall Street Journal*, September 23, 1.
- Lamainière, Laurent, François Carmona, and Didier Sornette. 1996. "Experimental Realization of Critical Thermal Fuse Rupture." *Physical Review Letters* 77 (13, September): 2738–41.
- 1997. "Static and Dynamic Electrical Breakdown in Conducting Filled- Polymers." *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 241(1–2): 328–33.
- Lehmann, Bruce N., ed. 2005. *The Legacy of Fischer Black*. New York: Oxford University Press.
- Lehmann, P. J. 1991. *La Bourse de Paris*. Paris: Dunod.
- 1997. *Histoire de la Bourse de Paris*. Paris: Presses Universitaires France.
- Li, David X. 2000. "On Default Correlation: A Copula Function Approach." *Journal of Fixed Income* 9 (4): 43–54.
- Li, Tien-Yien, and James A. Yorke. 1975. "Period Three Implies Chaos." *The American Mathematical Monthly* 82 (10): 985–92.
- Lim, Kian-Guan. 2006. "The Efficient Market Hypothesis: A Developmental Perspective." In *Pioneers of Financial Economics*, vol. 2., ed. Geoffrey Poitras. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Lintner, John. 1965. "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets." *Review of Economics and Statistics* 47: 13–37.
- Lorenz, Edward. 1993. *The Essence of Chaos*. Seattle: University of Washington Press.
- 2000. "Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?" In *The Chaos Avant-Garde: Memories of the Early Days of Chaos Theory*, ed. Ralph Abraham and Yoshisuke Ueda. Singapore: World Scientific Publishing.
- Lowenstein, Roger. 2000. *When Genius Failed: The Rise and Fall of Long-Term Capital Management*. New York: Random House.
- Lucretius. 2008 (60b.c.). *Nature of Things [De rerum natura]*, trans. David R. Slavitt. Berkeley, CA: University of California Press.
- Lux, Hal. 2000. "How Does This Prize-Winning Mathematician and Former Code Breaker Rack Up His Astonishing Returns? Try a Little Luck and a Firm Full of Ph.D.s." *Institutional Investor*, November 1.
- Mackay, Charles. 1841. *Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds*. London: Richard Bentley.
- MacKenzie, Donald. 2006. *An Engine, Not a Camera*. Cambridge, MA: MIT Press.
- MacLean, Leonard C., Edward O. Thorp, and William T. Ziemba. 2011. *The Kelly Capital Growth Investment Criterion*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Maddy, Penelope. 1997. *Naturalism in Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- 2001. "Naturalism: Friends and Foes." *Philosophical Perspectives* 15: 37–67.
- 2007. *Second Philosophy*. New York: Oxford University Press.
- Mahwin, Jean. 2005. "Henri Poincaré. A Life in the Service of Science." *Notices of the AMS* 52 (9): 1036–44.
- Malaney, Pia. 1996. "The Index Number Problem: A Differential Geometric Approach." Dissertation defended at Harvard University.
- Malevergne, Y., and D. Sornette. 2006. *Extreme Financial Risks: From Dependence to Risk Management*. Berlin: Springer-Verlag.

- Malkiel, Burton G. 1973. *A Random Walk Down Wall Street: The Best Investment Advice for the New Century*. New York: W. W. Norton & Company.
- Mallaby, Sebastian. 2010. *More Money Than God: Hedge Funds and the Making of a New Elite*. New York: Penguin Press.
- Mandelbrot, Benoît. 1964. "The Variation of Certain Speculative Prices." *The Random Character of Stock Prices*, ed. Paul Cootner, 307–32. Cambridge, MA: MIT Press.
- 1967. "How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension." *Science* 156 (3775) : 636–38.
- 1975. *Les objets fractals: Forme, hasard et dimension*. Paris: Flammarion.
- 1977. *Fractals: Form, Chance, and Dimension*. San Francisco: W. H. Freeman.
- 1982. *Fractal Geometry of Nature*. New York: W. H. Freeman.
- 1987. "Exiles in Pursuit of Beauty." *The Scientist*, March 23, 19.
- 1997. *Fractals and Scaling in Finance: Discontinuity, Concentration, Risk*. New York: Springer-Verlag.
- 1998. "Personal Narrative Recorded by Web of Stories." Video available at <http://www.webofstories.com/play/9596>.
- 2004a. "A Maverick's Apprenticeship." In *The Wolf Prize in Physics*, ed. David Thouless. Singapore: World Scientific Publishing.
- 2004b. *Fractals and Chaos: the Mandelbrot Set and Beyond*. New York: Springer-Verlag.
- 2010. "Interview with bigthink.com." Video available at <http://bigthink.com/ideas/19207>.
- Mandelbrot, Benoît, and Richard L. Hudson. 2004. *The Misbehavior of Markets*. New York: Basic Books.
- Mankiw, Gregory. 2012. *Principles of Economics*. 6th ed. Mason, OH: South-Western, Cengage Learning.
- Mantegna, Rosario N., and H. Eugene Stanley. 2000. *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*. New York: Cambridge University Press.
- Markham, Jerry W. 2002. *A Financial History of the United States*. Armonk, NY: M. E. Sharpe.
- Marrus, Michael R., and Robert O. Paxton. 1995. *Vichy France and the Jews*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- McKale, Donald M. 2012. *Nazis After Hitler: How Perpetrators of the Holocaust Cheated Justice and Truth*. Plymouth, UK: Rowman & Littlefield.
- McLean, Bethany, and Joe Nocera. 2010. *All the Devils Are Here: The Hidden History of the Financial Crisis*. New York: Portfolio/Penguin.
- Mehrling, Perry. 2005. *Fischer Black and the Revolutionary Idea of Finance*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Melamed, Leo. 1993. *Leo Melamed on the Markets*. New York: John Wiley and Sons.
- Merton, Robert C. 1973. "Theory of Rational Option Pricing." *Bell Journal of Economics and Management Science* 4 (1): 141–183.
- Merton, Robert C., and Myron S. Scholes. 1995. "Fischer Black." *Journal of Finance* 50 (5): 1359–70.
- Michie, Ranald C. 1999. *The London Stock Exchange: A History*. New York: Oxford University Press.
- Mishkin, Frederic S., and Stanley G. Eakins. 2009. *Financial Markets and Institutions*. 6th ed. Boston, MA: Pearson Education.
- Misner, Charles W., Kip S. Thorne, and John Archibald Wheeler. 1973. *Gravitation*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Mitchell, Melanie. 1998. *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Morehead, Albert H. 1967. *Complete Guide to Winning Poker*. New York: Simon & Schuster.
- Morgan, Mary S. 1990. *The History of Econometric Ideas*. New York: Cambridge University Press.
- 2003. "Economics." In *The Cambridge History of Science*, 275–305. New York: Cambridge University Press.

- Morley, Henry. 1854. *The Life of Girolamo Cardano, of Milan, Physician*. London: Chapman and Hall.
- Moynihan, Daniel P. 1996. *Miles to Go: A Personal History of Social Policy*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nasar, Sylvia. 1998. *A Beautiful Mind: The Life of Mathematical Genius and Nobel Laureate John Nash*. New York: Touchstone.
- Ndiaye, Pap A. 2007. *Nylon and Bombs*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Niederhoffer, Victor. 1998. *The Education of a Speculator*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Niederhoffer, Victor, and M.F.M. Osborne. 1966. "Market Making and Reversals on the Stock Exchange." *Journal of the American Statistical Association* 61 (316): 897–916.
- Nocera, Joe. 2007. "Markets Quake, and a Neutral Strategy Slips." *The New York Times*, August 18, C1.
- O'Connor, J. J., and E. F. Robertson. 2005. "Szolem Mandelbrojt" Available at <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Mandelbrojt.html>.
- O'Raifeartaigh, Lochlann. 1997. *Dawning of Gauge Theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ore, Øystein. 1953. *Cardano, the Gambling Scholar*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Oreskes, N., and H. Le Grand. 2003. *Plate Tectonics: An Insider's History of the Modern Theory of the Earth*. 2nd ed. Boulder, CO: Westview Press.
- Osborne, M.F.M. 1951. "Aerodynamics of Flapping Flight, With Applications to Insects." *Journal of Experimental Biology* 28 (2): 221–45.
- 1959. "Brownian Motion in the Stock Market." *Operations Research* 7: 145–73.
- 1961. "The Hydrodynamical Performance of Migratory Salmon." *Journal of Experimental Biology* 38: 365–90.
- 1962. "Periodic Structure in the Brownian Motion of Stock Prices." *Operations Research* 10 (3): 345–79.
- 1967. "Some Quantitative Tests for Stock Price Generating Mechanisms and Trading Folklore." *Journal of the American Statistical Association* 62 (318): 321–40.
- 1973. "The Observation and Theory of Fluctuation in Deep Ocean Currents." *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift* 8 (13): 1–58.
- 1977. *The Stock Market and Finance From a Physicist's Viewpoint*. Minneapolis, MN: Crossgar Press.
- 1987a. "Autobiographical Recollections of M. F. Maury Osborne." Courtesy of the Osborne family.
- 1987b. "Osborne Family History: Recollections of M.F.M. Osborne." Courtesy of the Osborne family.
- Osborne, M.F.M., and Albert Einstein. 1946. Unpublished correspondence. Courtesy of the Osborne family.
- Packard, N. H. 1988. "Adaptation Toward the Edge of Chaos." *Dynamic Patterns in Complex Systems*, ed. J.A.S. Kelso, A. J. Mandell, and M. F. Shlesinger. Singapore: World Scientific Publishing.
- 1990. "A Genetic Learning Algorithm for the Analysis of Complex Data." *Complex Systems* 4 (5): 543–72.
- Packard, N. H., J. P. Crutchfield, J. D. Farmer, and R. S. Shaw. 1980. "Geometry From a Time Series." *Physical Review Letters* 45 (9): 712–16.
- Pais, Abraham. 1982. *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein*. Oxford: Oxford University Press.
- 2006. *J. Robert Oppenheimer: A Life*. New York: Oxford University Press.
- Patterson, Scott. 2010. *The Quants*. New York: Crown Business.
- Patterson, Scott, and Anita Raghavan. 2007. "How Market Turmoil Waylaid the 'Quants.'" *The Wall Street Journal*, September 7, A1.
- Paxton, Robert O. 1972. *Vichy France: Old Guard and New Order, 1940–1944*. New York: Knopf.
- Peltz, Michael. 2008. "James Simons." *Absolute Return + Alpha*, June 20.

- Poitras, Geoffrey. 2006. *Pioneers of Financial Economics*, vol. 1. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- 2009. “The Early History of Option Contracts.” In Vinzenz Bronzin’s *Option Pricing Models*, 487–518. Berlin: Springer-Verlag.
- Poundstone, William. 2005. *Fortune’s Formula: The Untold Story of the Scientific Betting System That Beat the Casinos and Wall Street*. New York: Hill and Wang.
- Pozanski, Renée. 2001. *Jews in France During World War II*, trans. Nathan Bracher. Hanover, NH: Brandeis University Press.
- Prigogine, I., and G. Nicolis. 1977. *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*. New York: John Wiley and Sons.
- Pynchon, Thomas. 1973. *Gravity’s Rainbow*. New York: Viking Press.
- Radelet, Steven, and Jeffrey D. Sachs. 2000. “The Onset of the East Asian Financial Crisis.” In *Currency Crises*, ed. Paul Krugman, 105–62. Chicago: University of Chicago Press.
- Rajan, Raghuram G. 2010. *Faultlines*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Reinhart, Carmen M., and Kenneth Rogoff. 2009. *This Time Is Different: Eight Centuries of Financial Folly*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rhodes, Richard. 1995. *The Making of the Atomic Bomb*. New York: Simon & Schuster.
- Rogers, Simon. 2010. “NASA Budgets: US Spending on Space Travel Since 1958.” *The Guardian*, February 1. Available at <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2010/feb/01/nasa-budgets-us-spending-space-travel>.
- Rossel, Seymour. 1992. *The Holocaust: The World and the Jews, 1933–1945*. Springfield, NJ: Behrman House.
- Rukseyer, Muriel. 1988. *Willard Gibbs*. Woodbridge, CT: Ox Bow Press.
- Saichev, Alexander, Yannick Malevergne, and Didier Sornette. 2010. *Theory of Zipf’s Law and Beyond*. Berlin: Springer-Verlag.
- Saleur, H., C. G. Sammis, and D. Sornette. 1996a. “Discrete Scale Invariance, Complex Fractal Dimensions, and Log-Periodic Fluctuations in Seismicity.” *Journal of Geophysical Research* 101 (B8): 17661–77.
- 1996b. “Renormalization Group Theory of Earthquakes.” *Nonlinear Processes in Geophysics* 3 (2): 102–9.
- Salmon, Felix. 2009. “Recipe for Disaster: The Formula That Killed Wall Street.” *Wired*, 17 (3, October).
- Sammis, C. G., D. Sornette, and H. Saleur. 1996. “Complexity and Earthquake Forecasting.” In *Reduction and Predictability of Natural Disasters*, ed. J. B. Rundle, W. Klein, and D. L. Turcotte, 143–56. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Samuelson, Paul. 1947. *Foundations of Economic Analysis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- 1948. *Economics*. New York: McGraw-Hill.
- 2000. “Modern Finance Theory Within One Lifetime.” In *Mathematical Finance: Bachelier Congress 2000*, ed. Helyette Geman, Dilip Madan, Stanley R. Pliska, and Ton Vorst. Berlin: Springer-Verlag.
- Sauron, Anne Sornette. 1990. “Lois d’échelle dans les milieux fissures: Application à la lithosphère.” Dissertation defended at University of Paris-11.
- Scholz, Erhard. 1994. “Hermann Weyl’s Contributions to Geometry in the Years 1918 to 1923.” In *The Intersection of History and Mathematics*, ed. J. Dauben, S. Mitsuo, and C. Sasaki. Basel: Birkhäuser.
- Schultze, Charles, and Christopher Mackie, eds. 2002. *At What Price? Conceptualizing and Measuring Cost-of-Living and Price Indexes*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Schwager, Jack D. 2012. *Market Wizards: Interviews With Top Traders*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Seed magazine. 2006. “James Simons: The Billionaire Hedge Fund Manager Discusses the Impact of Mathematics on His Former Life in Academia and His New One in Finance.” Seed, September 19.
- Sepinuck, Stephen L., and Mary Pat Treuthart, eds. 1999. *The Conscience of the Court: Selected Opinions of Justice William J. Brennan Jr. on Freedom and Equality*. Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.

- Sewell, Martin. 2011. "A History of the Efficient Market Hypothesis." University College London Department of Computer Science Research Note. Available at http://www.typo3.cs.ucl.ac.uk/fileadmin/UCL-CS/images/Research_Student_Information/RN_11_04.pdf.
- Shannon, Claude Elwood, and Warren Weaver. 1949. *A Mathematical Theory of Communication*. Champaign: University of Illinois Press.
- Sharpe, William. 1964. "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk." *Journal of Finance* 19 (3): 425–42.
- Sheehan, Frederick J. 2010. *Panderer to Power: The Untold Story of How Alan Greenspan Enriched Wall Street and Left a Legacy of Recession*. New York: McGraw-Hill.
- Shiller, Robert J. 2005. *Irrational Exuberance*. 2nd ed. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- 2008. *The Subprime Solution: How Today's Global Financial Crisis Happened, and What to Do About It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Simons, James. 2010. "Mathematics, Common Sense, and Good Luck: My Life and Careers." A talk delivered at MIT on December 9. Video available at <http://video.mit.edu/watch/mathematics-common-sense-and-good-luck-my-life-and-careers-9644>.
- Siraisi, Nancy G. 1997. *The Clock and the Mirror: Girolamo Cardano and Renaissance Medicine*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Skyrms, Brian. 1999. *Choice and Chance*. 4th ed. Belmont, CA: Wadsworth.
- Smalley, R. F. Jr., and D. L. Turcotte. 1985. "A Renormalization Group Approach to the Stick-Slip Behavior of Faults." *Journal of Geophysical Research* 90 (B2, February): 1894–1900.
- Smolin, Lee. 2005. "Why No 'New Einstein'?" *Physics Today* 6: 56–57.
- 2006. *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*. New York: Houghton Mifflin.
- 2009. "Time and Symmetry in Models of Economic Markets." Available at <http://arxiv.org/abs/0902.4274>.
- Sornette, Didier. 1996. "Stock Market Crashes Precursors and Replicas." *Journal de Physique I* 6: 167–75.
- Sornette, Didier. 1998. "Gauge Theory of Finance?" *International Journal of Modern Physics* 9 (3): 505–8.
- 2000. *Critical Phenomena in Natural Sciences: Chaos, Fractals, Self-Organization and Disorder: Concepts and Tools*. Berlin: Springer-Verlag.
- 2003. *Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- 2009. "Dragon Kings, Black Swans and the Prediction of Crises." *International Journal of Terraspace Science Engineering* 2 (1): 1–18.
- Sornette, A., P. Davy, and D. Sornette. 1990a. "Growth of Fractal Fault Patterns." *Physical Review Letters* 65 (18, October): 2266–69.
- 1990b. "Structuration of the Lithosphere in Plate Tectonics as a Self-Organized Critical Phenomenon." *Journal of Geophysical Research* 95 (B11): 17353–61.
- Sornette, Didier, and Anders Johansen. 1997. "Large Financial Crashes." *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 245 (3–4): 411–22.
- Sornette, Didier, and Charles Sammis. 1995. "Complex Critical Exponents From Renormalization Group Theory of Earthquakes: Implications for Earthquake Predictions." *Journal de Physique I* 5 (5): 607–19.
- Sornette, A., and D. Sornette. 1990. "Earthquake Rupture as a Critical Point: Consequences for Telluric Precursors." *Tectonophysics* 179 (34): 327–34.
- 1996. "Self-Organized Criticality and Earthquakes." *Journal de Physique I* 6: 167–75.
- Sornette, Didier, and Christian Vanneste. 1992. "Dynamics and Memory Effects in Rupture of Thermal Fuse." *Physical Review Letters* 68: 612–15.
- 1994. "Dendrites and Fronts in a Model of Dynamical Rupture With Damage." *Physical Review E* 50 (6, December): 4327–45.
- Sornette, D., C. Vanneste, and L. Knopoff. 1992. "Statistical Model of Earthquake Foreshocks." *Physical Review A* 45: 8351–57.
- Sourd, Véronique Le. 2008. "Hedge Fund Performance in 2007." EDHEC Risk and Asset Management Research Centre.

- Spence, Joseph. 1820. *Observations, Anecdotes, and Characters, of Books and Men*. London: John Murray.
- Stewart, James B. 1992. *Den of Thieves*. New York: Simon & Schuster.
- Stigler, Stephen M. 1986. *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty Before 1900*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Stiglitz, Joseph E. 2010. *Freefall*. New York: W. W. Norton.
- Strasburg, Jenny, and Katherine Burton. 2008. "Renaissance Clients Pull \$4 Billion From Biggest Hedge Fund." *Bloomberg*, January 10.
- Strogatz, Steven H. 1994. *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Cambridge, MA: Perseus Books.
- Sullivan, Edward J., and Timothy M. Weithers. 1991. "Louis Bachelier: The Father of Modern Option Pricing Theory." *The Journal of Economic Education* 22 (2): 165–71.
- Swan, Edward J. 2000. *Building the Global Market: A 4000 Year History of Derivatives*. London: Kluwer Law International.
- Taleb, Nassim Nicholas. 2004. *Foiled by Randomness*. New York: Random House.
- 2007a. *The Black Swan*. New York: Random House.
- 2007b. "Black Swans and the Domains of Statistics." *The American Statistician* 61 (3, August): 198–200.
- Taqqi, Murad S. 2001. "Bachelier and His Times: A Conversation With Bernard Bru." *Finance and Stochastics* 5 (1): 3–32.
- Thaler, Richard H., ed. 1993. *Advances in Behavioral Finance*, vol. 1. New York: Russell Sage Foundation.
- , ed. 2005. *Advances in Behavioral Finance*, vol. 2. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Thompson, Earl. 2007. "The Tulipmania: Fact or Artifact?" *Public Choice* 130 (1): 99–114.
- Thorp, Edward O. 1961. "A Favorable Strategy for Twenty-One." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 47 (1): 110–12.
- 1966. *Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty One*. New York: Vintage Books.
- 1984. *The Mathematics of Gambling*. Secaucus, NJ: Lyle Stuart.
- 1998. "The Invention of the First Wearable Computer." *Digest of Papers. Second International Symposium on Wearable Computers, 1998*, 4–8.
- 2004. "A Perspective on Quantitative Finance: Models for Beating the Market." In *The Best of Wilmott 1: Incorporating the Quantitative Finance Review*, ed. Paul Wilmott, 33–38. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- 2006. "The Kelly Criteria in Blackjack, Sports Betting, and the Stock Market." In *Theory and Methodology*, vol. 1 of *The Handbook of Asset and Liability Management*, ed. S. A. Zenios and W. T. Ziemba. Amsterdam: North Holland.
- Thorp, Edward O., and Sheen T. Kassouf. 1967. *Beat the Market*. New York: Random House.
- Treynor, Jack. 1961. "Towards a Theory of Market Value of Risky Assets." Unpublished manuscript.
- Triplet, Jack E. 2006. "The Boskin Commission Report After a Decade." *International Productivity Monitor* (12): 42–60.
- Turvey, Ralph. 2004. *Consumer Price Index Manual: Theory and Practice*. Geneva: International Labour Organization.
- U.S. Securities and Exchange Commission. 1998. "Trading Analysis of October 27 and 28, 1997." Study available at <http://www.sec.gov/news/studies/tradrep.htm>.
- 2010a. "Goldman Sachs to Pay Record \$550 Million to Settle SEC Charges Related to Subprime Mortgage CDO." Press release available at <http://www.sec.gov/news/press/2010/2010-123.htm>.
- 2010b. "SEC Charges Goldman Sachs with Fraud in Structuring and Marketing of CDO Tied to Subprime Mortgages." Press release available at <http://www.sec.gov/news/press/2010/2010-59.htm>.
- van Fraassen, Bas. 2009. "The Perils of Perrin, in the Hands of Philosophers." *Philosophical Studies* 143: 5–24.
- Vanneste, C., and Didier Sornette. 1992. "Dynamics of Rupture in Thermal Fuse Models." *Journal de Physique I* 2: 1621–44.

- Vere-Jones, D. 1977. "Statistical Theories of Crack Propagation." *Mathematical Geology* 9: 455–81.
- Voight, B. 1988. "A Method for the Prediction of Volcanic Eruptions." *Nature* 332: 125–30.
- Wald, Robert M. 1984. *General Relativity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Walker, Donald. 2001. "A Factual Account of the Functioning of the Nineteenth-Century Paris Bourse." *European Journal of the History of Economic Thought* 8 (2): 186–207.
- Wallis, Michael. 2007. *Billy the Kid: The Endless Ride*. New York: W. W. Norton & Company.
- Wang, Zuoyue. 2008. In *Sputnik's Shadow: The President's Science Advisory Committee and Cold War America*. Piscataway, NJ: Rutgers University Press.
- Weinstein, Eric. 2006. "Gauge Theory and Inflation: Enlarging the Wu-Yang Dictionary to a Unifying Rosetta Stone for Geometry in Application." A talk delivered at the Perimeter Institute on May 24. Video is available at <http://pirsa.org/06050010/>.
- 2008. "Sheldon Glashow Owes Me a Dollar (and 17 Years of Interest): What Happens in the Marketplace of Ideas When the Endless Frontier Meets the Efficient Frontier?" A talk delivered at the Perimeter Institute on September 11. Video is available at <http://pirsa.org/08090036/>.
- 2009. "A Science Less Dismal: Welcome to the Economic Manhattan Project" A talk delivered at the Perimeter Institute on May 1. Video is available at <http://pirsa.org/09050047/>.
- Weron, Rafal. 2001. "Lévy-Stable Distributions Revisited: Tail Index > 2 Does Not Exclude the Levy-Stable Regime." *International Journal of Modern Physics C* 12 (1).
- Wheeler, John A. 2011. Letter to Dave Dennison, January 21, 1956. In *The Everett Papers Project*, ed. Jeffrey Barrett, Peter Byrne, and James Owen Weatherall. UCISpaceThe Libraries. Available at <http://ucispace.lib.uci.edu/handle/10575/1164>.
- Wheeler, Lynde Phelps. 1988. *Josiah Willard Gibbs: The History of a Great Mind*. Woodbridge, CT: Ox Bow Press.
- Willoughby, Jack. 2008. "Scaling the Heights: The Top 75 Hedge Funds." *Barron's*, April 14.
- 2009. "The Hedge Fund 100: Acing a Stress Test." *Barron's*, May 11.
- Wilson, E. B. 1901. *Vector Analysis*. New York: Charles Scribner's Sons.
- 1912. *Advanced Calculus*. Boston: Ginn and Company.
- 1931. "Reminiscences of Gibbs by a Student and Colleague." *Bulletin of the American Mathematical Society* 37 (6).
- Wolf, Thomas. 1987. *Bonfire of the Vanities*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Wood, John Cunningham, and Michael McClure. 1999. *Vilfredo Pareto: Critical Assessments of Leading Economists*. London: Routledge.
- Wu, Tai Tsun, and Chen Ning Yang. 1975. "Concept of Nonintegrable Phase Factors and Global Formulation of Gauge Fields." *Physical Review D* 12 (12, December): 3845–57.
- Wyner, A. D., and Neil J. A. Sloane, eds. 1993. *Claude Elwood Shannon: Collected Papers*. Piscataway, NJ: IEEE Press.
- Yahil, Leni. 1987. *The Holocaust: The Fate of European Jewry, 1932–1945*. Tel Aviv: Schocken Publishing House.
- Zandi, Mark. 2008. *Financial Shock: A 360 Look at the Subprime Mortgage Implosion, and How to Avoid the Next Financial Crisis*. Upper Saddle River, NJ: Financial Times Press.
- Zimmerman, Bill. 2009. "James Simons and C. N. Yang: Stony Brook Masters Series." Joint interview performed as part of the Stony Brook Masters Series. Video available at <http://www.youtube.com/watch?v=zVWlapujbfo>.
- Zimmermann, Heinz, and Wolfgang Hafner. 2006. "Vincenz Bronzin's Option Pricing Theory: Contents, Contribution and Background." In *Pioneers of Financial Economics*, vol. 1., ed. Geoffrey Poitras. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Zolotarev, V. M. 1986. *One-Dimensional Stable Distributions*. Providence, RI: American Mathematical Society.
- Zuckerman, Gregory. 2005. "Renaissance's Man: James Simons Does the Math on Fund." *The Wall Street Journal*, July 1, C1.

Благодарности

Эта книга стала намного лучше благодаря многочисленным беседам с моими друзьями и родственниками в течение четырех лет, которые прошли с того момента, как я ее задумал. Ниже перечислены те, кого я часто вспоминаю, кто внес существенный вклад в мою работу, делился со мной своими идеями и поддерживал меня:

Илья Бомаш, Бьянка Боскер, Петер Берн, Эрик Куриэль, Дэвид Даниэль, Ник Филлион, Сэм Флетчер, Дэвид Гранд, Ханс Халворсон, Юстин Харви, Иан Джексон, Лесли Джеймсон, Кент Джонсон, Мэри Кейт Джонсон, Тор Кревер, Гарретт Лиси, Инна Ливиц, Сара Келлер Лавдей, Пен Мэдди, Джон Манчак, Джордж Массер, Эоган О’Доннелл, А. Дж. Пэкман, Рик Ремсен, Крис Серч, Кайл Стэнфорд, Андрас Тилксик, Джованни Валенте, Эллиотт Вагнер, Кен Уотерс, Томас Уэзеролл, Мэтт Вайнсток, Скотт Уэллс и Эми Вист. Я благодарен всем им. Этой книгой я особенно обязан Джону Конхине, чьи размышления на тему истории производных финансовых инструментов послужили опорой для ее создания.

Я также благодарен людям, которые дали интервью для книги, а также помогли мне познакомиться с ее героями и членами их семей. Спасибо вам, Дойн Фармер, Салли Маккленаган, Джо Мерфи, Холли Осборн, Питер Осборн, Дидье Сорнетт, Ли Смолин, Клэй Струв, Эд Торп и Эрик Вайнштейн. Пиа Мелани, Холли Осборн, Мелита Осборн, Питер Осборн, Дидье Сорнетт, Эд Торп и Эрик Вайнштейн заслуживают особой благодарности за прочтение первой редакции глав, в создании которых они участвовали, и замечания, которые помогли избежать ошибок в моей работе.

Некоторые мои друзья и коллеги помимо того, что делились со мною ценной информацией, читали и комментировали ранние наброски книги. И всякий раз их мысли помогали мне существенно

улучшить мою работу. Спасибо вам, Джефф Барретт, Крис Клирфилд, Беннетт Холман, Джон Хорган, Клэй Камински, Дэвид Маламент, Мэтт Нгуен и Эрин Пирсон.

Эта книга никогда не была бы написана без помощи и поддержки моего агента, Зои Паньямента. Она постоянно давала мне ценные советы с момента появления у меня смутной идеи до создания чистой рукописи. Мне повезло, что я ее нашел, и не в последнюю очередь потому, что она помогла мне продать эту книгу самому блестящему (и терпеливому) редактору, которого только можно было себе представить: Аманде Кук. Она заслуживает благодарности за все хорошее, что есть в моей работе. В течение всего творческого процесса она была как святая, благодаря чему написание этой книги превратилось для меня в настоящее удовольствие. Я также хотел бы сказать спасибо издателю этой книги, Брюсу Николсу, за его поддержку, а также за то, что он встал у руля, когда Аманда ушла из Houghton Mifflin Harcourt. Также я хочу поблагодарить тебя, Эшли Гиллиам, за твою помощь.

Моя семья также поддерживала меня в течение всего этого времени, и я им за это очень благодарен. Спасибо моей сестре Кейти и сестрам моей жены Таре, Лорен и Кэролин за множество приятных развлечений. (Кэролин, мне, правда, очень жаль, что так получилось с поездкой в Джошуа Три.) Спасибо моему тестю Дэннису О'Коннору за долгие беседы и прекрасные идеи, а также моей теще Сильвии О'Коннор за сопереживание моим трудностям в написании этой книги. За многое хочу сказать спасибо Мо. И в особенности за то, чему он меня учил (и за то, что терпел меня) во время урагана «Айрин», чтобы я смог закончить эпилог без боязни, что отключат электричество. Спасибо моим родителям Джиму и Морин Уэзеролл за то, что они сделали все это возможным. Мама, ты помнишь тот июльский день 2010 года, когда ты сидела на нашем диване в Ирвине, излучая бесконечный оптимизм? Если бы не тот день, я бы, безусловно, сдался. Папа, а ты помнишь сентябрьский вечер 2011 года за ужином в Сапорито, когда ты закончил читать первый вариант книги? Я никогда не был счастливее, чем в тот вечер.

Наконец, я хотел бы выразить свою самую большую благодарность моей жене Кайлин. Она прочла каждое слово каждого варианта этой книги с первого предложения и до конца библиографии. И это естественно, потому что каждое слово было написано для нее.

Об авторе

Джеймс Уэзеролл — американский ученый, доцент кафедры логики и философии науки Калифорнийского университета. Имеет ученую степень в Гарварде и в Университете Калифорнии.