

РАЗДЕЛ II

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ И ФИНАНСОВЫМИ РИСКАМИ

Управление риском и теория фракталов

В. Н. Костюк, О. В. Уренцов

Процесс управления риском предполагает выявление и измерение риска, оценку риска и собственно управление риском (уменьшение риска, распределение риска, перенос риска и пр.). Первый этап — выявление и измерение риска — в определенной степени является решающим. Неправильно оцененный риск (преуменьшенный или преувеличенный) ведет к сбою всей цепочки управления риском и может привести к неверному решению, имеющему нежелательные или даже катастрофические последствия.

В основе господствующей сегодня концепции оценки риска лежит теория, основы которой были заложены в начале прошлого века. В 1900 г. Л. Башелье предложил модель случайного блуждания цен активов. В ней постулируется, что рыночные цены могут с равной вероятностью подняться или упасть, подобно тому как при подбрасывании монеты с равной вероятностью может выпасть орел или решка. При этом 68 % всех изменений — это небольшие изменения вверх или вниз, в пределах одного стандартного отклонения от среднего значения. В пределы двух стандартных отклонений попадают 95 % всех изменений, в пределах трех — 98 %. В итоге получаем колоколообразную кривую, или нормальное распределение всех отклонений.

По мнению Башелье: *после* изменения цены мы можем указать его причину: это слухи о неплатежеспособности и пр. Но *до* этого изменения все неясно. Поэтому мы считаем, что текущая цена правильная и что она

не изменится существенно, пока не появится новая важная информация. Пока такая информация отсутствует, цена будет случайно изменяться на небольшую величину то вверх, то вниз. Отсюда возникает идея случайного блуждания рыночных цен.

Возникает аналогия с одной из задач теории вероятностей: слепой и пьяный человек бредет через поле. Наблюдатель фиксирует его положение в данный момент и спустя некоторое время. Как далеко он уйдет? Если его перемещения случайны, то **в среднем** за небольшое время он никуда не уйдет, а останется почти на прежнем месте. И это — лучший возможный прогноз его будущего положения в любой следующий момент времени.

Аналогичные рассуждения применимы и к цене активов. Каков наилучший возможный прогноз цены на завтра в отсутствие новой информации, которая может нарушить равновесие спроса и предложения? Да, цена может подскочить или упасть, но без новой информации, которая приведет к необратимому смещению в ту или иную сторону, цена в среднем будет колебаться вокруг исходной точки. В этом смысле лучшим прогнозом завтрашней цены служит сегодняшняя цена.

Однако, если подождать достаточно долго, то возникает траектория движения, подчиняющаяся правилу квадратного корня. Это правило также сформулировал Башелье. «Существует математический закон, регулирующий колебания и среднее отклонение цен на фондовом рынке. Этот закон, который, кажется, никто ранее не замечал, впервые формулируется здесь: отклонение цены прямо пропорционально корню квадратному из времени. Отсюда следует, что инвестор, желающий продать свои бумаги после того, как отклонение удвоится, т. е. при вдвое большей разности между ценами покупки и продажи, должен ждать четверо больше»¹.

В действительности, продолжает Башелье, дело обстоит еще проще. Если нанести на график все изменения цены облигаций за месяц или год, то их разброс образует кривую Гаусса. Оказалось, что движение стоимости ценных бумаг, движение молекул и рассеяние тепла имеют единую природу броуновского движения.

Взгляды Бушелье, однако, при его жизни не получили широкого распространения. Ситуация стала меняться только середине прошлого века. В 1953 г. известный английский статистик М. Кендалл изучил биржевые данные за 100 лет и пришел к выводу, что тенденции в изменении биржевых цен отсутствуют: они изменяются случайным образом. И то-

¹ Цит. по: *Мандельброт Б., Хадсон Л.* Непослушные рынки, с. 338–339.

гда снова вспомнили о теории случайного блуждания цен активов, разработанной Башелье.

Дальнейшим развитием теории случайного блуждания рыночных цен стала гипотеза эффективного финансового рынка. На идеальном финансовом рынке вся способная повлиять на цену информация уже воплощена в текущей цене ценной бумаги. Вчерашнее изменение не влияет на сегодняшнее изменение, сегодняшнее изменение не влияет на завтрашнее. Каждое новое изменение цены не зависит от предыдущего. Два ключевых предположения этой теории гласят: изменения цен статистически независимы и распределены нормально.

На таком рынке ведется честная игра (средний выигрыш всех участников равен нулю). Миллионы сделок устанавливают правильную цену, т. е. с учетом доступной информации публичная цена отражает лучшую оценку того, какую прибыль принесут владельцу данные акции. Победить эффективный рынок невозможно.

Для обоснования этого утверждения обычно рассматривают три основных случая.

- 1) Пусть, например, проницательный аналитик выяснил, что в январе биржевые котировки растут. Может ли он разбогатеть, купив акции в декабре и продав их в январе? Только в том случае, если он один такой умный. Однако на крупном и эффективном рынке таких проницательных игроков много. Чем больше трейдеров заранее узнают о январском подъеме, тем больше будут покупать акции в декабре, и тем быстрее выявленный тренд исчезнет. Обнаружение тренда становится причиной его гибели.
- 2) Аналитик обнаружил, что долг компании А становится слишком большим. Может ли он получить прибыль, продав акции этой компании и затем купив их по меньшей цене? Нет, если рынок эффективный и если он действует недостаточно быстро. Очень скоро многие участники рынка начнут продавать акции компании А, и их котировка быстро снизится. Новая информация полностью отразилась в их цене.
- 3) Гендиректор компании В начинает исполнять опционы на свои акции. Скоро трейдеры заметят, что капитан покидает корабль, и котировки акций снизятся.

Во всех этих случаях рынок быстро улавливает новые сведения. Устанавливается новое равновесие, выражаемое в форме случайного блуждания цен. Средний выигрыш по-прежнему равен нулю, однако первый, кто обнаружил новую тенденцию и сыграл на ней, может получить боль-

шой куш². Поскольку в результате таких действий тенденция быстро исчезает, то менее расторопным участникам рынка разумнее купить акции индексного фонда.

Вместе с тем постепенно стали накапливаться свидетельства, противоречащие гипотезе эффективного рынка (по крайней мере в ее стандартной формулировке). Статистический анализ изменения цен активов на финансовых рынках показал возможность существенных отклонений от модели случайного блуждания и гауссовой кривой. Выяснилось, что изменение цен активов на фондовом рынке *случайно, но не обязательно независимо*. Изучение фондовых бирж 16 развитых экономик показало: если индекс упал в одном месяце, то существует большая вероятность того, что он упадет и в следующем месяце, а если вырос, то с большей вероятностью вырастет и в следующем месяце. Чем резче было движение в первом месяце, тем выше вероятность сохранения этого ценового тренда в следующем месяце, хотя и с меньшей скоростью. Однако в средние периоды времени (3–8 лет) происходит прямо противоположное: акции, росшие в течение нескольких лет, с немного большей вероятностью будут падать в течение нескольких последующих лет.

Колебания биржевых цен, например, могут достигать 10 сигм, хотя вероятность такого отклонения цены от среднего значения при нормальном распределении вероятностей равна 10^{-23} . Этого достаточно, чтобы в тех случаях, где имеет место большой размах колебаний ценовых изменений, отказаться от гауссовской модели движения цен (от нормального распределения изменений цен активов).

Таким образом, в одних случаях ценовые изменения укладываются в модель случайного блуждания, в других случаях противоречат ей. Поэтому при оценке риска основополагающее значение имеет ответ на следующий вопрос: оправданно ли в данной конкретной ситуации применение нормального распределения вероятностей со стандартной процедурой подсчета среднего значения, стандартного отклонения и правила трех сигм? При положительном ответе на этот вопрос сущест-

² К 1989 г. Питер Линч, руководитель паевого фонда Магеллан, обыгрывал рынок 11 лет из 13. Вероятность этого при случайном блуждании меньше 1%. За 13 лет средняя ежегодная доходность фонда составляла 28%, а средняя доходность индекса SP500 была 17,5%. У Баффета показатели еще лучше. Однако это не противоречит гипотезе эффективного рынка. Рынок эффективен только *в среднем*, но тот, кто выявил и использовал тенденцию движения цен *первым*, может получить значительную прибыль. Участники рынка сами создают тенденции, они же и устраняют их, восстанавливая эффективность рынка.

вует хорошо разработанная методика оценки риска. Примером может служить вычисление VAR.

Обычно при случайном блуждании цен используется метод VAR (анализ стоимости риска), который работает следующим образом. Сначала мы определяем подходящий уровень надежности. Обычно выбирают 95 %-ный доверительный интервал. Другими словами, мы хотим так структурировать свои активы, чтобы убытки с 95 %-ной вероятностью не превысили некоторую предельную величину. Вероятность того, что убытки превзойдут этот предел, составляет всего 5 %.

Допустим, что, исходя из предположений о нормальном распределении колебаний цен наших активов, их волатильность составляет 10 %. Используя VAR, можно показать, что с вероятностью 5 % портфель упадет в цене более чем на 12 %. Такие убытки можно считать приемлемыми.

Однако это небесспорный вывод, поскольку применение нормального распределения для оценки величины риска оправданно не всегда. На самом деле цены часто имеют память: прошлые цены влияют на текущие, а текущие на будущие. Эта память может быть краткосрочной или долговременной. Всякий раз, когда случайные события оказываются не независимыми, а слабозависимыми, причем зависимость между ними может периодически усиливаться, вместо нормального распределения вероятностей необходимо использовать другие распределения вероятностей (распределения с «тяжелыми хвостами»). Для них правило трех сигм не действует (например, отклонение 5–7 сигм от среднего значения может иметь вероятность, пренебречь которой нельзя). Невероятные с точки зрения нормального распределения события случаются в таких ситуациях слишком часто.

Во всех этих случаях использование нормальной кривой Гаусса приводит к опасной недооценке величины риска. В примере с VAR может оказаться, что вероятность запредельного убытка составляет не 5 %, а 15–20 % и более. В результате убыток может значительно превысить теоретически вычисленные 12 %. Если цены падают не непрерывно, а скачками, то потери могут оказаться катастрофическими.

Еще более показательными могут служить «нормальные» ошибки при определении справедливой цены опционов. В 1993 г. известные теоретики-экономисты Шоулз и Мертон совместно с несколькими ведущими торговцами облигаций создали хедж-фонд Long-Term Capital Management. Партнеры вложили в фонд 100 млн долл., всего они собрали 7 млрд долл. Стратегия фонда была классической для хедж-фондов: эксперты фонда отслеживали, где в мире цена опционов, если судить по формулам Блэка-

Шоулза, отличается от «правильной», и ставили (в соотношении 50 : 1) на то, что рынок в конце концов исправит ошибку, а фонд получит прибыль, основанную на разнице цен покупок и продаж.

Пока рынок был спокойным (близким к равновесию), дела фонда шли прекрасно. В 1995 г. прибыль составила 42,8 %, в 1996 г. 40,8 %. Но в 1997–1998 гг. возникла череда азиатских финансовых кризисов. И в 1998 г. фонд лопнул. Российский дефолт августа 1998 г. нанес фонду сокрушающий удар. Все рынки, как бы в насмешку над случайным блужданием, внезапно стали изменяться в одном и том же направлении, ведущем в финансовую пропасть. Спустя два года Шоулз признал, что его формула оценки стоимости опционов не работает в критических ситуациях³.

В 60–70-е гг. XX в. оформилась новая концепция движения рыночных цен, принадлежащая в основном Б. Мандельброту. В основе этой концепции лежит понятие фрактала.

Фракталы — это неправильные, шероховатые, пористые или раздробленные объекты, обладающие этими свойствами в одинаковой степени в любом масштабе. Форма этих объектов не изменяется от того, рассматриваем мы их вблизи или издалека (т. е. в любом масштабе). В финансовом плане фрактальность означает изменчивость, одинаковую на всех уровнях⁴.

Принцип масштабирования лежит в основе фрактальной геометрии и утверждает следующее. Измеримые величины X и Y связаны законом масштабирования, если существует показатель a такой, что $X = Y^a$, т. е. если

$$\log X / \log Y = \text{const} \quad (1)$$

Особое значений имеет случай, когда X — случайная переменная, а $Y = \text{Pr}\{X > x\}$. Тогда масштабируемое распределение определяется соотношением

$$\text{Pr}\{X > x\} = x^{-a} \quad (2)$$

которое определяет **степенное** распределение вероятностей. Степенные распределения вероятностей управляют очень многими случайными процессами в природе и в обществе. Они существенны также для понимания изменения цен активов на финансовых рынках и тем самым для оценки финансовых рисков.

³ American Economic Review, 2000, N. 5.

⁴ Б. Мандельброт. Фракталы, случай и финансы. М., 2004., с. 50, 51.

Первые степенные законы в экономике связаны с именем Парето. Он изучал распределение богатства в различных обществах и в разное время. Разбив людей на группы по величине личного дохода, Парето подсчитал их численность в каждой категории и представил результаты в виде графика, на одной оси которых он откладывал уровень дохода, а на другой — количество людей с таким доходом. Оказалось, что графики похожи для разных стран и разных эпох: богатых везде и всегда очень мало, а бедных — очень много. В отличие от кривой Гаусса, кривая доходов не симметрична.

Напомним, что любые данные, подчиняющиеся степенному закону, имеют следующую особенность: если их представить в виде графика в логарифмических координатных осях, то они образуют прямую наклонную линию. Наклон прямой соответствует степени степенного уравнения. Чем больше степень, тем круче прямая линия (тем больше угол ее наклона).

Прямая, которую построил Парето в логарифмической шкале, имела угол наклона $-3/2$ (отрицательный наклон). При таком наклоне основная часть общественного богатства сосредоточена в руках немногочисленной элиты. Значение показателя степени, равное $3/2$, Парето считал универсальным, но на самом деле оно разное для разных стран.

В алгебраической записи формула Парето имеет вид:

$$P(u) = (u/m)^{-\alpha} \quad \alpha = -3/2. \quad (3)$$

Она указывает, какая доля людей P имеет доход больше заданного уровня u , m — минимальный доход. Пусть, например, u — доход, вдвое превышающий минимальный. Тогда $P(u) = 10^{-3/2} = 0,032 = 3,2\%$. Чуть более 3% имеет доход, на порядок превышающий минимальный.

Аналогично могут вести себя цены на активы. Только значение α для них другое. Такое поведение рынка лучше всего описывается мультифрактальной моделью⁵, но она еще не завершена. Вместо фрагментарного рассмотрения этой концепции изложим десять «еретических» утверждений Мандельброта о финансовых рынках.

1. *Рынки турбулентны.* Турбулентность проявляется в огромных колебаниях цены, в разрывности ценовых функций.

⁵ Мультифрактал — это сложный фрактал, который может детерминироваться не одним единственным алгоритмом построения, а несколькими последовательно сменяющимися друг друга алгоритмами. Каждый из них генерирует паттерн со своей фрактальной размерностью.

2. *Рынки намного рискованнее, чем гласит стандартная финансовая теория.* «Реальные цены колеблются значительно интенсивнее, чем им позволено гауссовыми стандартами»⁶.
3. *На рынке важно действовать «в нужное время».* Крупные выигрыши и потери сконцентрированы на небольших отрезках времени. «Значение имеют как раз особые моменты, а не средние»⁷.
4. *Цены часто меняются скачками, а не плавно. Это еще больше повышает риск.* Стандартная финансовая теория предполагает непрерывность, но на самом деле движение цен разрывно. «За считанные секунды миллионы инвесторов по всему миру узнают о террористической атаке в далекой Индонезии. И могут отреагировать на эту новость не поочередно, медленно нарастающей волной, как предполагают ортодоксальные теоретики, а все одновременно, сейчас же и мгновенно»⁸.
5. *Рынки живут по гибкому времени.* В традиционной финансовой теории подразумевается, что время отсчитывают часы и для всех инвесторов оно течет одинаково. На самом деле каждый инвестор живет по своему собственному времени. «Мультифрактальная модель описывает рынки как деформирующие время — увеличивающие или уменьшающие его в зависимости от обстоятельств»⁹.
6. *Рынки одинаковы везде и во все времена.* «Одни и те же факторы риска, одни и те же формулы применимы и к одному дню, и к одному году, и к одному часу, и к одному месяцу. Меняется только величина, а не пропорции. ... Величина колебаний цены самоповторяется во временном масштабе»¹⁰. Это вызвано тем, что, по мнению Мандельброта, в экономике, в отличие от физики, нет внутренней присущей ей временной шкалы. «Другими словами, в финансах отсутствуют барьеры, как, например, между субатомными законами квантовой физики и макроскопическими законами механики»¹¹.
7. *Рынкам присуща внутренняя неопределенность, поэтому «пузыри» неизбежны.* «Распределение колебаний цен на финансовом рынке

⁶ Мандельброт Б., Хадсон Р. Непослушные рынки. М., 2006, с. 279.

⁷ Там же, с. 283.

⁸ Там же, с. 287.

⁹ Там же, с. 289.

¹⁰ Там же, с. 288.

¹¹ Там же, с. 289.

самоповторяется в масштабе. В случае финансовых цен самоповторение в масштабе означает, что шансы массивной подвижки цен после крупной близки к шансам возникновения крупной подвижки после умеренной»¹². Поэтому так сложно принимать финансовые решения и опасно прогнозировать.

8. *Рынки обманчивы*. Российский ученый Е. Слуцкий первым показал, что даже броуновское движение внешне может выглядеть неслучайным и упорядоченным. Во временной последовательности финансовых данных могут появиться ложные упорядоченные структуры. Поэтому при изучении ценовых диаграмм следует опасаться поспешных выводов.
9. *На финансовых рынках изменения цен активов могут обнаруживать зависимость без корреляции*. «Объяснение парадокса кроется в различии между размером и направлением ценовых изменений. Предположим, что направление не коррелирует с прошлым, т. е. вчерашнее падение цен не означает большую вероятность их падения сегодня. Это не исключает возможность зависимости абсолютных изменений: вчерашнее 10 %-ное падение вполне может увеличить вероятность 10 %-ной подвижки цен и сегодня, однако заранее невозможно сказать, в каком направлении будет эта подвижка — вверх или вниз (рост цен или падение). Если так, то корреляция исчезает, несмотря на сильную зависимость. Вслед за крупными изменениями цен можно ожидать еще более крупные изменения, хотя они могут быть как положительными, так и отрицательными. Аналогично, за малыми изменениями, вероятно, последуют еще меньшие. Моменты неустойчивости сбиваются в кластеры»¹³. Прогноз рыночной неустойчивости оказывается подобным прогнозу погоды.
10. *На финансовых рынках понятие «стоимость» недорого стоит*. Турбулентность рынков научила, что «стоимость — это, по меньшей мере, скользкая концепция, чья польза очень преувеличена ... Основной движитель финансового рынка — не стоимость и не цена, а разница цен; не усреднение продажной или покупной цены фондовых инструментов, а арбитраж»¹⁴.

¹² Мандельброт Б., Хадсон Р. Непослушные рынки. М., 2006. С. 293.

¹³ Там же. С. 287–288.

¹⁴ Там же. С. 302. Заметим, однако, что противопоставлять арбитраж и стоимость не следует, поскольку арбитраж служит инструментом установления «справедливой цены». Другое дело, что такая цена может оказаться переменной и быстро меняться во времени.

По нашему мнению, однако, справедливость перечисленных «еретических» положений Мандельброта не означает полной несправедливости стандартных финансовых теорий. Каждая из них (стандартная и фрактальная) имеет свою область применимости. Стандартная финансовая теория применима, когда финансовые рынки находятся в состоянии равновесия или близки к нему. Фрактальная финансовая теория применима вдали от равновесия¹⁵.

Кроме того, отдельные фрактальные теории могут быть получены соответствующим преобразованием стандартных теорий. Примером может служить предпринятая французским исследователем Бушо¹⁶ модернизация стандартной теории портфеля Марковица. В ней предполагается, что цены входящих в портфель активов обнаруживают долгосрочную зависимость, их распределение имеет толстые хвосты и они самоповторяются в масштабе по степенному закону. Используемая Бушо формула самоповторения в масштабе минимизирует вероятность одновременного краха большинства активов, входящих в портфель. На основе своей формулы Бушо разработал метод обобщенной границы эффективности (аналог метода Марковица), используемый для выбора портфеля, дающего наибольший доход при заданном уровне защиты от краха (а не просто при заданном уровне риска, как у Марковица).

Мультифрактальные рыночные модели позволяют по-новому оценить неустойчивость и риск. Для случайного блуждания цен основными инструментами измерения риска служат стандартное отклонение и бета¹⁷. В мультифрактальных моделях вместо стандартного отклонения и беты используются два новых инструмента измерения риска: показатель степени H ценовой зависимости и параметр α , характеризующий неустойчивость изменения цен.

Приведем формулу для вычисления показателя H (показателя Херста) для исследуемого временного ряда убытков за определенный период времени:

$$H = [\max \sum (r_j - r^*) - \min \sum (r_j - r^*)] : [(1/n) \sum (r_j - r^*)^2]^{1/2}. \quad (4)$$

¹⁵ Но даже вдали от равновесия существуют периоды, когда стандартная теория вполне применима. «Мультифрактальная модель успешно предсказывает: в течение коротких интервалов времени цены меняются сильно, тогда как в течение более продолжительных они стабилизируются» (Б. Мандельброт и Р. Хадсон. Непослушные рынки. М., 2006, с. 266).

¹⁶ Bouchaud J. P. etc. Taming large events: Optimal portfolio theory for strongly fluctuating assets// International journal of theoretical and applied finance, 1998, v. 1, N. 1, p. 25–41.

¹⁷ Бета актива — величина, показывающая отношение изменчивости цены этого актива к изменчивости всего рынка.

Нормальному распределению соответствует значение $H = 1/2$. Оно означает, что каждое значение цены не зависит от предыдущего. Значение $H > 1/2$ означает, что изменения цен происходят в одном направлении. Неравенство $H < 1/2$ говорит о взаимной компенсации противоположных по знаку изменений цен.

Если $H > 1/2$, то следует применять степенное распределение вероятностей с показателем степени α , величина которого в простых случаях находится из равенства¹⁸

$$H = 1/\alpha. \quad (5)$$

Для $H \geq 1/2$ имеем $\alpha \leq 2$.

На эффективных рынках, где возможен арбитраж, $H = 0,5$. При отсутствии арбитража справедливо неравенство $H > 1/2$. Разность $H - 1/2$ является мерой несовершенства рынка (его отклонения от идеальной модели эффективного рынка). Например, если $H = 0,9$, то со временем цена существенно удаляется от своего первоначального значения. Возникает дробное, или фрактальное, броуновское движение.

Применение критериев H и α позволяет избежать заниженной оценки риска для экономического субъекта (предприятия, банка), находящегося в проблемной или в критической ситуации.

Представляет интерес также понимание того, как Херст пришел к своему показателю H . Херст был гидрологом и его интересовали периодические изменения водного режима Нила. Дебит (расход воды) Нила непредсказуемо менялся в очень широких пределах. Засухи и наводнения чередовались непредсказуемо. Необходимо было найти минимально достаточный размер водного резервуара, создаваемого плотиной, который вбирал бы в себя избыточную воду наводнений и подавал на поля дополнительное количество воды в период засух. Херст нашел точное решение этой проблемы.

Почти во всех случаях, когда Херст строил график зависимости размаха (разности между наибольшим и наименьшим значениями) от количества лет, он убеждался, что размах быстро растет. Размах расширяется не пропорционально корню квадратному из количества бросков, как при подбрасывании монеты, а пропорционально возведенному в степень $3/4$ количеству

¹⁸ Равенства (1) и (2) справедливы только для относительно простых ситуаций. В общем случае зависимость оказывается более сложной.

наблюдений. Согласно Херсту¹⁹, искомый размер резервуара R определяется соотношением

$$R = \sigma(N/2)^{3/4} \quad (6)$$

где σ — стандартное отклонение и

N — количество рассмотренных лет. В честь Херста показатель степени в уравнениях такого типа теперь обозначается буквой H .

Равенство (6) служит еще одним важным примером степенных законов. Его значение определяется количеством возможных сфер применения, в том числе весьма далеких от гидрологии. Вместо колебаний уровня воды в дельте Нила можно рассматривать изменения количества ликвидности в коммерческом банке. Наводнениям соответствует избыток ликвидности, засухам — количество ликвидности, абсолютно недостаточное для того, чтобы банк расплатился по своим обязательствам. Это угрожает банку банкротством.

Задача, следовательно, заключается в том, чтобы определить размеры требуемой ликвидности. Ее количество должно быть достаточно большим, чтобы избегать возможных банкротств, и в то же время не чрезмерным, чтобы не препятствовать увеличению прибыльных активов банка.

Равенство (6) дает принципиальное решение этой проблемы. Однако значение показателя степени H должно равняться в этом случае не $3/4$, а какой-то другой величине, значение которой следует найти эмпирически.

Отдельного обсуждения требуют участвовавшие в глобальной экономике финансовые кризисы, начинающиеся в одной стране, но заметно влияющие на мировой финансовый рынок в целом. В последние годы их было семь: Мексика — 1995; Таиланд, Индонезия и Ю. Корея — 1997–1998; Россия — 1998; Бразилия — 1998–1999; США — 2001. В какой степени их может предупредить или предсказать современная финансовая теория?

Определенным этапом поиска ответа на поставленный вопрос может служить работа Д. Сорнетте. Функция, которую он использует для прогнозирования финансовых кризисов, выглядит следующим образом²⁰:

$$p(t) = A + B(t_c - t)^m \left[1 + C \cos \left(\omega \ln \left(\frac{t_c - t}{T} \right) \right) \right], \quad (7)$$

¹⁹ Hurst H. E. Methods of using long-term storage in reservoirs // Proceedings of the Institution of civil engineers, 1956, v. 5, part 1, pp. 519–590.

²⁰ Д. Сорнетте. Как предсказывать крахи финансовых рынков. М, Интернет-Трейдинг, 2003, с. 327.

где $p(t)$ — текущая цена,
 t_c — момент наступления кризиса,
 $A, B, C, m, t_c, \omega, T$ — параметры подгонки.

В этой формуле обращает на себя внимание три момента. Во-первых, она включает в себя степенную зависимость с показателем степени m . Во-вторых, на эту зависимость налагаются логопериодические колебания цены с определенной угловой частотой. В-третьих, формула Сорнетте предполагает принципиальную возможность определения момента наступления кризиса t_c .

Не вдаваясь в детали предложенной Сорнетте модели появления кризисов, отметим одно ее достоинство и один недостаток. Достоинством модели Сорнетте является формальное выражение плодотворной, по нашему мнению, идеи о том, что финансовые кризисы формируются постепенно, зарождаясь задолго до их катастрофического проявления. К недостаткам можно отнести попытку прогнозировать конкретную дату наступления кризиса t_c .

Финансовые кризисы являются результатом стохастических, а не детерминированных процессов. Поэтому можно говорить только о вероятности наступления кризиса, задаваемой тем или иным степенным распределением вероятностей. Найти конкретный вид такого распределения и конкретное значение степени α — важная, но пока еще нерешенная задача прогнозирования финансовых кризисов в рамках постепенно создаваемой общей теории управления финансовыми рисками.

Литература

1. *Б. Мандельброт*. Фракталы, случай и финансы. М., 2004.
2. *Б. Мандельброт и Р. Хадсон*. Непослушные рынки. М., 2006.
3. *Д. Сорнетте*. Как предсказывать крахи финансовых рынков. М, Интернет-Трейдинг, 2003.
4. *Bouchaud J. P. etc.* Taming large events: Optimal portfolio theory for strongly fluctuating assets// International journal of theoretical and applied finance, 1998, v. 1, N. 1, p. 25–41.
5. *Hurst H. E.* Methods of using long-term storage in reservoirs Proceedings of the Institution of civil engineers, 1956, v. 5, part 1, pp. 519–590.