



# СЛУЧАЙНОЕ БЛУЖДЕНИЕ ЦЕН НА БИРЖЕ

Борис Алехин

доктор экономических наук, профессор  
Академии бюджета и казначейства  
Министерства финансов РФ

## ТЕОРИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЫНКА

Теория эффективного рынка (ТЭР) помогает понять, как образуется рыночная стоимость финансовых активов. Она изображает рынок скоплением большого числа мотивируемых прибылью рациональных агентов. Получив новую информацию о фундаментальной, «подлинной» стоимости актива, такие агенты мгновенно ревизируют его внешнюю стоимость, т. е. цену, по которой они готовы заключить сделку. В любой момент цена неискженно отражает всю имеющуюся на рынке информацию и, следовательно, представляет собой наилучшее мерило значимости актива для инвесторов. А поскольку распространение информации во времени носит случайный характер, цена движется беспорядочно, нетенденциозно.

ТЭР — самое раннее и самое поразительное приложение другой известной теории, часто именуемой гипотезой о рациональных ожиданиях. Эта гипотеза гласит:

- информация симметрична;
- участники рынка собирают информацию, чтобы использовать ее в собственных интересах;
- участники рынка рациональны, т. е. действуют в соответствии с ожиданиями, вытекающими из информации;
- повторения ошибок можно избежать, если предвидеть изменения;

- рынок предельно конкурентен;
- цены мгновенно адаптируются к временным изменениям выпуска и занятости.

ТЭР использует гипотезу о рациональных ожиданиях в тезисе о том, что цена, если ее правильно скорректировать на ожидаемый доход и риск (доход не получить), подвержена случайному блужданию (*random walk*). Случайное блуждание есть частный случай мартингала (стохастического процесса с непредсказуемыми изменениями). Мартингал — это такой ряд случайных переменных  $y_0, y_1, \dots, y_n$  у которого условное математическое ожидание  $y_{n+1}$  при известных  $y_0, y_1, \dots, y_n$  равно  $y_n$ , т. е.  $E(y_{n+1} | y_0, y_1, \dots, y_n) = y_n$ . Проще говоря, каждое наблюдение равно предыдущему наблюдению плюс некая случайная величина. Ряд «ведет себя» подобно «пьянице, чье положение в момент  $n+1$  равно положению в момент  $n$  плюс шаг в случайном направлении в момент  $t^1$ ». Случайное блуждание с нулевым смещением, т. е. шагами, одинаково вероятными в любом направлении ( $p = q = 0,5$ ), и есть субмартингал.

Логика здесь такова. Пытаясь предсказать цену, инвесторы обследуют все источники информации, включая статистику торгов. Они покупают те акции, которые, по их мнению, принесут доход выше среднего, и продают те акции, которые принесут доход ниже среднего. Покупка ведет к росту цены, а продажа — к паде-

нию. Цена меняется до тех пор, пока ожидаемая доходность всех акций, скорректированная на риск, не станет одинаковой. Это выравнивание означает, что ожидания инвесторов «воплотились» в цену, а точнее, цена изменилась так, что после поправки на дивиденды, временную стоимость денег и риск она совпадает с наилучшим инвесторским предсказанием. И единственное, что может повлиять на цену в дальнейшем, — это случайный шок.

Изучение эффективности рынка — это поиск ответов на вопросы, как полно, быстро и точно имеющаяся информация проникает в цены. Финансовые экономисты говорят о трех формах эффективности в зависимости от того, что означает слово «имеющаяся»:

- Эффективность — слабая, если цены полностью отражают всю информацию, что содержится в прошлых ценах. На таком рынке инвесторы не могут получать избыточную прибыль от торговых стратегий, основанных на исторической информации, поэтому доходность непредсказуема и технический анализ бесполезен.

- Эффективность — полусильная, если цены полностью учитывают всю публичную информацию<sup>2</sup>. При слабой эффективности какая-то публичная информация не проникает в цены, и толковый аналитик может получить избыточную прибыль, «откопав» такую информацию или добившись лучшей ее интерпретации. При полусильной эффективности рынок реагиру-

<sup>1</sup> Wei W. Time series analysis: Univariate and multivariate methods. New York: Addison-Wesley. 1990.

<sup>2</sup> Публичной считается информация, влияющая на цены до того, как кто-либо успеет использовать ее в сделке.



ет на новости так быстро, что возможности для прибыльной торговли на основе публичной информации не возникает.

- Эффективность — сильная, если вся информация (даже корпоративные секреты) отражена в ценах и никто не может получать избыточную прибыль, торгуя на основе публичной или приватной информации<sup>3</sup>.

## ЭМПИРИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА

В большинстве эмпирических работ по ТЭР используются данные о ценах акций. Во-первых, эти данные легкодоступны. Во-вторых, рынок акций не так эффективен, как рынок облигаций, ибо денежные выплаты акционерам менее стабильны и у акций нет официальной даты «кончины». По этим причинам акции труднее оценивать, и свидетельства эффективности рынка акций становятся убедительными аргументами в пользу эффективности всего рынка капитала.

И таких свидетельств — изобилие (сотни). В подавляющем большинстве работ мы видим, что цены реагируют на новую информацию быстро и в ожидаемом направлении. Например, в США они реагируют на объявление прибыли компаний в течение 10 секунд, что созвучно слабой и полусильной эффективности. ТЭР прошла в США интенсивную эмпирическую проверку. По мнению большинства ученых, американский рынок эффективен в слабой форме и хорошо вписывается в модель случайного блуждания.

Дебаты о том, насколько хорошо цены отражают фундаментальные величины, продолжают. Но хотя бы в одном можно не сомневаться: в среднем цена акций реагирует на новую информацию в правильном направлении, что делает ТЭР полезной основой для анализа некоторых проблем. Хотя некоторые аномальные отклонения от рыночной эффективности хорошо документированы, следует согласиться с тем, что «в экономике нет гипотезы, получившей более солидную эмпирическую поддержку, чем гипотеза об эффективном рынке<sup>4</sup>».

Российские работы, а их пока совсем немного, позволяют считать российский рынок акций скорее эффективным, чем неэффективным. Так, Абрамов, сопоставив доходность паевых фондов акций и смешанных инвестиций с динамикой ин-

дексов ММВБ и РТС за 1999—2003 гг., заключил, что фонды в большинстве своем не смогли переиграть рынок по доходности: «Все это свидетельствует об эффективности российского фондового рынка (не смотря на все его несовершенства)...<sup>5</sup>».

Под другим (но тоже стандартным) углом зрения взглянул на этот вопрос Моисеев. Он воспользовался индексами ММВБ, РТС и АК&М за несколько лет для того, чтобы ответить на вопрос: «Изменяются ли курсы отечественных акций в соответствии с законом случайного блуждания»? Оценивание авторегрессионной модели первого порядка (AR(1)) дало положительный ответ: «Во всех трех случаях выяснилось, что на многолетнем отрезке времени индексы российского фондового рынка изменяются непредсказуемым образом. В долгосрочном периоде на российских акциях выиграть невозможно<sup>6</sup>».

## АНАЛИЗИРУЕМЫЕ ДАННЫЕ И ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

В данной работе использована внутрисдневная статистика торгов, фиксирующая события на рынке с точностью до секунды (табл. 1). На столь высокой частоте наблюдений случайное блуждание выглядит, по словам Хасбрука, «огородным пугалом, гипотезой, легко опровергаемой на большинстве рынков даже в маленьких выборках<sup>7</sup>». И на российском рынке тоже?

Другая особенность данной статьи состоит в том, что анализ охватывает не только акции, но и государственные ценные бумаги (ГЦБ). Присуще ли ценам ГЦБ мартингальное свойство? Размер и срок выплат по ГЦБ известны заранее, и у ГЦБ есть дата погашения, что делает их рынок менее чувствительным к информационным шокам. Флеминг пишет: «Одна из самых поразительных черт рынка ценных бумаг казначейства (США. — примеч. автора), — это те широкие пределы, в которых движение цен задается публичной информацией... Публичная информация не стимулирует маркет-мейкеров с риском потерять деньги на сделках с более информированными инвесторами<sup>8</sup>».

Для проверки гипотезы о случайном блуждании используются выборки из статистического архива ММВБ со следующими параметрами:

*Обыкновенные акции РАО «ЕЭС России»*

- период наблюдения — 24 февраля 2004 г.;
  - режим торгов — основной;
  - время ввода, снятия и исполнения заявок - 10:30—18:45;
  - тип события — сделка;
  - период торгов — нормальный.
- ОФЗ 45001*
- период наблюдения — 4 января — 19 декабря 2003 г.;
  - режим торгов — основной;
  - время ввода, снятия и исполнения заявок - 11:00:00—16:30;

ТАБЛИЦА 1. ФРАГМЕНТ СТАТИСТИКИ ТОРГОВ ОБЫКНОВЕННЫМИ АКЦИЯМИ РАО «ЕЭС РОССИИ» НА ММВБ 24 ФЕВРАЛЯ 2004 г.

Время события	Тип события <sup>1</sup>	Инициатор сделки <sup>2</sup>	Цена, руб.	Объем, шт.
10:31:14	S	N	9,200	1000
10:31:14	S	N	9,078	1700
10:31:15	S	N	9,099	90000
10:31:15	S	N	9,195	50000
10:31:15	B	N	8,600	3100
10:31:16	R	N	9,078	1700
10:31:16	B	N	9,080	50100
10:31:16	T	B	9,078	400
10:31:16	T	B	9,079	49700
10:31:16	B	N	9,075	1000
10:31:16	B	N	9,059	50000
10:31:16	B	N	9,070	16000
10:31:17	S	N	9,078	1700
10:31:17	T	S	9,075	5000

<sup>1</sup> S — ввод заявки на продажу, B — ввод заявки на покупку, R — снятие заявки на продажу, T — сделка.

<sup>2</sup> S — продавец, B — покупатель, N — инициатора нет, так как событие — не сделка.

- тип события — сделка;
- период торгов — нормальный.

Выбор акций РАО «ЕЭС России» и ОФЗ 45001 объясняется их популярностью среди трейдеров ММВБ. Из выборок исключены внебиржевые сделки и сделки во время открытия и закрытия рынка, когда с помощью периодического аукциона выявляются стартовая и заключительная цены. Осталось 28888 сделок с акциями. И это только за один день. ГЦБ куда менее активны на рынке. Дневное число сделок с ОФЗ 45001 измеряется чаще десятками, реже сотнями. И потому период наблюдений был расширен почти до года. В результате набралось 5089 сделок с ОФЗ 45001. 24 февраля 2004 г. — ничем не примечательный день в «жизни» акций, поэтому мы выбрали его.

<sup>3</sup> Обзоры литературы по ТЭР см.: Абрамов А. Формирование и развитие рынка ценных бумаг инвестиционных фондов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М.: 2004. Глава III; Моисеев С. Идея эффективного рынка: пациент скорее мертв, чем жив? // Дайджест-Финансы. 2004. № 8.

<sup>4</sup> Jensen M. Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency // Journal of Financial Economics. Vol. 6 (1978).

<sup>5</sup> Абрамов А. Формирование и развитие рынка ценных бумаг инвестиционных фондов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М.: 2004. Глава III.

<sup>6</sup> Моисеев С. Идея эффективного рынка: пациент скорее мертв, чем жив? // Дайджест-Финансы. 2004. № 8.

<sup>7</sup> Hasbrouck J. Modeling Market Microstructure Time Series. In G. S. Maddala and C. R. Rao, eds. Handbook of Statistics. V. 14. Elsevier Science. 1996.

<sup>8</sup> Fleming M. Price Formation and Liquidity in the U.S. Treasury Market: The Response to Public Information // Journal of Finance. Vol. LIV (1999).



Введем следующие обозначения:  
 $v_t$  – ненаблюдаемая «подлинная» стоимость бумаги в некотором моменте времени  $t$  ( $v_t$  можно считать полноинформационной ожидаемой текущей стоимостью будущих денежных поступлений);

$\mu_t = E[v_t | H_t]$  – условное математическое ожидание  $v_t$  при всей имеющейся в  $t$  публичной информации  $H_t$ ;

$p_t$  – фактическая цена сделки с бумаги в  $t$ .

В канонической модели (слабо-) эффективного рынка  $p_t$  содержит всю публичную информацию. Пусть участники

нию к информационному процессу  $\phi_t$  при  $E[p_{t+1} | \phi_0, \phi_1, \dots, \phi_t] = p_t$ . Если информация включает  $p_t$  ( $p_t \in \phi_t$ ), тогда  $E[p_{t+1} | p_0, p_1, \dots, p_t] = p_t$ . Это обеспечивает непредсказуемость случайного шока  $\varepsilon_t$ . То есть, модель случайно блуждающей цены относится только к рынкам с быстрым раскрытием информации о сделках.

Утверждая, что  $p_t \in \phi_t$ , часто ссылаются на институциональные факты. Ранние теоретические и эмпирические работы об эффективности фокусировались на американских рынках акций, где инфор-

## АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Проиллюстрируем «торжество» случайного блуждания, используя графику автокорреляционного анализа. Тестом на случайное блуждание является расчет автокорреляционной функции. На рис. 1 видно, что коэффициент автокорреляции с одним лагом практически равен единице и затем, с ростом числа лагов, медленно и плавно убывает. Если быть точным, то при одном лаге он равен 0,999, а при 999 лагах – 0,522<sup>9</sup>.

Еще одним тестом на случайное блуждание является расчет частной автокорреляционной функции<sup>10</sup>. Если при одном лаге частный коэффициент автокорреляции близок к единице, а при большем числе лагов тяготеет к нулю, то цена случайно блуждает. Как раз такую картину мы видим на рис. 2. Если быть точным, то при одном лаге коэффициент равен 0,999, при двух лагах уже – 0,224, при трех – 0,120 и при 999 – 0,001.

Перейдем теперь к ОФЗ 45001. Автокорреляционная функция цены сделки с ОФЗ 45001 показана на рис. 3. Как видим, коэффициент автокорреляции с одним лагом практически равен единице и затем, с ростом числа лагов, медленно и плавно убывает. Если быть точным, то при одном лаге он равен 0,998, а при 999 лагах – (-0,064).

На случайное блуждание указывает и частная автокорреляция, показанная на рис. 4. При одном лаге ее коэффициент близок к единице, а при большем числе лагов тяготеет к нулю. Если быть точным, то при одном лаге коэффициент равен 0,998, при двух лагах – уже 0,305, при трех – 0,092 и при 999 – (-0,013).

\* \* \*

Используя внутрисуточную статистику торгов обыкновенными акциями РАО «ЕЭС России» и ОФЗ 45001 на ММВБ, мы попытались ответить на вопрос, присуще ли ценам сделок на этом рынке случайное блуждание. Регрессионный и автокорреляционный анализ показал, что на ММВБ случайное блуждание вовсе не выглядит «огородным пугалом» и «гипотезой, легко опровергаемой... даже в маленьких выборках». Случайное блуждание – экономически необычайно важный (если не единственный) и статистически непогрешимый элемент цен сделок с обоими инструментами. ■

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ  $p_t = p_{t-1} + \varepsilon_t$  МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

	$R_{T-1}$	T-СТАТИСТИКА*	$R^2$	УРОВЕНЬ P
Акции РАО «ЕЭС России»	0,999588	7915,278 (28884)	0,999544	0,000000
ОФЗ 45001	0,998605	1741,374 (5085)	0,998326	0,000000

\* В скобках указано число степеней свободы.

Рисунок 1. АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЦЕНЫ СДЕЛКИ С ОБЫКНОВЕННЫМИ АКЦИЯМИ РАО ЕЭС

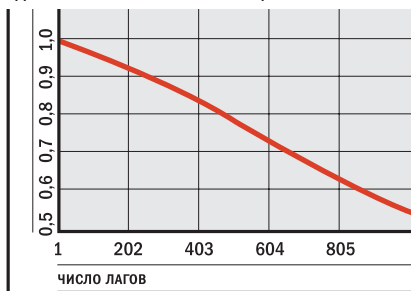


Рисунок 3. АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЦЕНЫ СДЕЛКИ С ОФЗ 45001

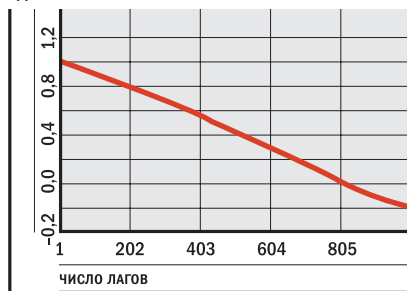


Рисунок 2. ЧАСТНАЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЦЕНЫ СДЕЛКИ С ОБЫКНОВЕННЫМИ АКЦИЯМИ РАО ЕЭС

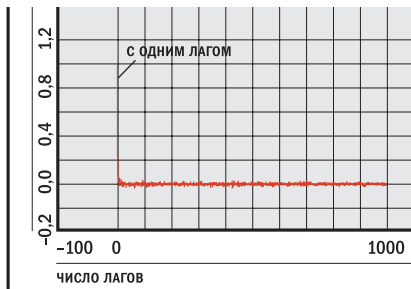
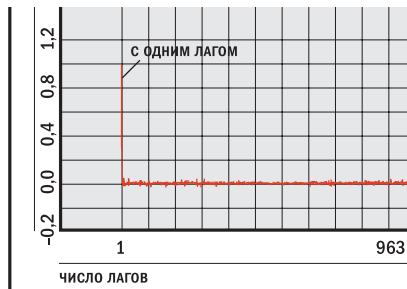


Рисунок 4. ЧАСТНАЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЦЕНЫ СДЕЛКИ С ОФЗ 45001



рынка одинаково информированы и трения в торговом процессе несущественны. Тогда цена отражает лишь ожидаемую стоимость:  $p_t = \mu_t$ . После взятия разности с одним лагом получаем удобную для эмпирической работы гомоскедастическую модель случайно блуждающей цены

$$p_t = p_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где  $\varepsilon_t = \mu_t - \mu_{t-1} = E[v_t | H_t] - E[v_{t-1} | H_{t-1}]$  новация ожиданий трейдеров под влиянием информации, полученной ими между  $t-1$  и  $t$  ( $E\varepsilon_t = 0$ ,  $E\varepsilon_t^2 = \sigma^2$  и  $E\varepsilon_t \varepsilon_\tau = 0$  для  $t \neq \tau$ ).

Здесь следует вспомнить об информационном обеспечении сделок.  $p_t$  становится мартингалом по отноше-

ния о сделках быстро становится публичной. На многих других рынках такое информирование не поддерживается или специально откладывается на значительный срок. По уровню прозрачности торгов электронная, автоматическая ММВБ не уступает американским рынкам акций, следовательно, что здесь  $p_t \in \phi_t$ .

Из табл. 2 видно, что скорректированный  $R^2 \approx 1$ , т. е. модель объясняет практически 100% вариации  $p_t$  акций и ОФЗ 45001. Причем объясняющая сила модели исходит единственно от  $p_{t-1}$ . Случайное блуждание  $p_t$  статистически непогрешимо, так как  $t$ -статистика намного больше 2.

<sup>9</sup> Расчеты выполнялись с помощью Statistica 6. Эта программа не позволяет задействовать более 999 лагов.

<sup>10</sup> Если автокорреляция – это корреляция переменной с самой собой, сдвинутой (логированной) на некое число наблюдений  $k$ , то частная автокорреляция – это корреляция переменной с самой собой, сдвинутой на некое число наблюдений  $k$  ( $p_t$  и  $p_{t-k}$ ), при исключении влияния промежуточных сдвигов (от 1 до  $k-1$ ).