

Применение индикаторов волатильности при прогнозировании конъюнктуры рынка акций

А. В. ПЕКАРСКИЙ

Аннотация. Предложены новые способы использования волатильности цен акций для прогнозирования их будущей курсовой динамики. Описаны эксперименты, доказывающие, что эти способы превосходят традиционные, а применяемые при этом нестандартные индикаторы состояния рынка остаются информативными без переоптимизации их параметров в условиях экономической нестабильности.

Ключевые слова: *фондовый рынок, финансовый кризис, индикаторы состояния, технический анализ, волатильность, ценовой коридор, сплайн, спектральный анализ, имитация торгов, проверка информативности.*

1. Исходные предпосылки и цели исследования

Динамика фондового рынка как сложной системы подвержена множественным нелинейным воздействиям факторов, о большинстве из которых априорные знания отсутствуют. Эти воздействия преобразуются в изменения системообразующих отношений рынка — доходности и рисков вложений в различные активы. Эффективность инвестиций в ценные бумаги во многом определяется качеством доступных инвесторам способов прогнозирования будущего состояния фондового рынка.

Известны два направления оценки будущей рыночной динамики [2]. В первом случае цель — прогнозирование численных значений цен. Для этого применяются многофакторные статистические модели, их зависимости от переменных, которые отражают обстоятельства формирования конъюнктуры. Во втором — решается задача: определить характер дальнейшей ценовой тенденции, пользуясь набором трендовых моделей — разнообразных технических индикаторов и критериев, по которым судят о вероятности предстоящего повышения, понижения цены каждого актива или ее колебаний в определенном диапазоне, считаясь только с динамикой самих цен, а также объемов торгов за некоторый базовый период и не вдаваясь в причины происходивших сдвигов.

Фундамент этого направления — постулат технического анализа фондового рынка, гласящий, что

любой политический, экономический или психологический фактор, который может воздействовать на цену актива, уже отражен в ней [7]. Аналитик пытается «поймать» ценовую тенденцию и выявить соответствующую ей наилучшую тактику инвестиционного поведения. По сей день широко распространенный способ достижения этого — распознавание образов, возникающих на ценовом графике, исходя из предпосылки, что человеческая психология неизменна, а потому любой текущий графический образ ценовых движений можно считать вестником того, что его появление приносило в прошлом. Такой методике присущ ярко выраженный субъективизм, возрастающий по мере усложнения подобных образов, постоянно пополняемых новыми, все более изощренными.

Технический анализ стал избавляться от этого недостатка с применением математических индикаторов. Они подразделяются на индикаторы следования за трендом и противотрендовые, или осцилляторы. Одни подают сигналы высокой надежности при наличии на рынке явной ценовой тенденции, но в ее отсутствие полностью теряют информативность (как правило, их основа — разные способы сглаживания временных рядов цен — от скользящих средних до более сложных моделей). Другие помогают на бестрендовом рынке, но иначе подают множество ложных сигналов (принцип работы большинства из них — отслеживание того, насколько цена удалилась от своего значения, среднего за некоторый период, и приблизилась к максимальному или минимальному).

Трендовый анализ рынка предполагает исследование временных рядов цен активов. Такой ряд в теории статистики представляется состоящим из трех

* Работа выполняется при финансовой поддержке РГНФ (Проект 11-02-00487).

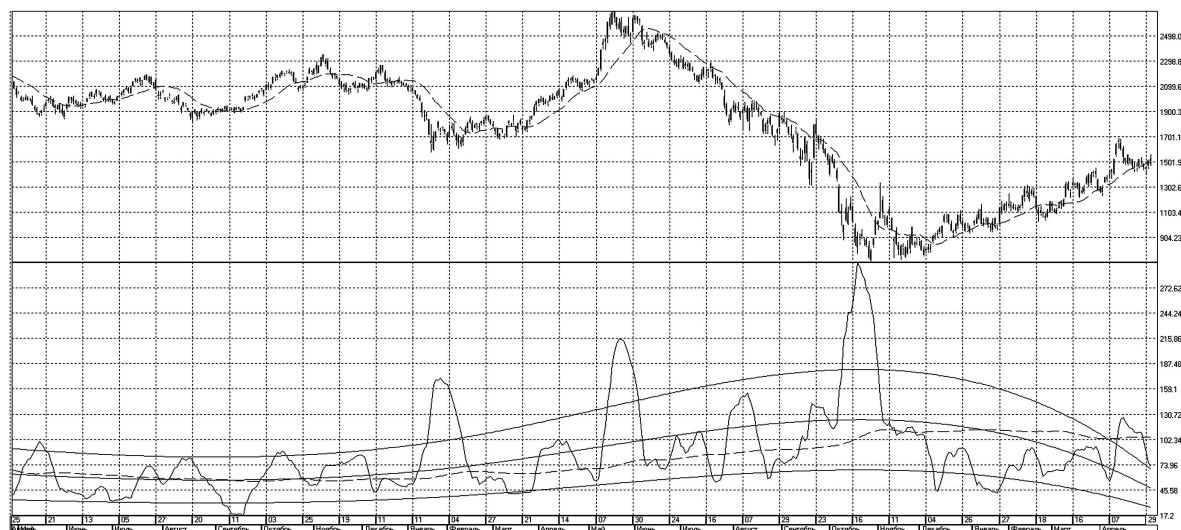


Рис. 1. Графики цен акций Лукойла за период с мая 2007 г. по май 2009 г. (вверху) и СКО (внизу)

компонентов: долговременное движение (тренд), кратковременные систематические движения (квазициклические колебания), несистематические случайные колебания [6, 8, 9 и др.]. В 2008 г. российский рынок акций столкнулся с серьезными трудностями, не проявлявшимися ранее. Со времени достижения им максимальных значений капитализации в мае этого года к его концу она упала более чем на 70 %. При этом в характере движения рыночных цен произошли значительные изменения. Хотя и до этого почти каждый второй день мог нести изменения цен акций более чем на процент, однако большие сдвиги случались гораздо реже. С мая 2008 г. по май 2009 г. почти через день можно было ожидать скачков рыночных цен более чем на два процента, а их движения, превышавшие три процента, происходили чаще, чем раз в три дня. Это в 3,5 раза значительнее, чем в предыдущие годы, причем такое ускорение в ценовых движениях сопровождалось существенным ростом среднеквадратичного отклонения (СКО) дневных доходностей (см. рис. 1). Общая понижательная тенденция на рынке состояла из частых ценовых движений в сторону как повышения, так и понижения, сделав совершение торговых операций с акциями намного более рискованной задачей.

Имея это в виду, нами было выполнено исследование, которое преследовало следующие цели:

- усовершенствовать индикаторы рынка, использующие значения волатильности цен активов для генерирования торговых сигналов;
- выяснить, могли ли с помощью таких сигналов участники рынка на указанном временном отрезке извлекать прибыль или хотя бы уменьшать убытки;
- сравнить эффективность усовершенствованных индикаторов и методов принятия решений на их основе с эффективностью тех, которые опирают-

ся на рыночные тенденции с учетом периодических колебаний цен;

- оценить возможности инвестора, использующего такие методы, получать полезную информацию, изучая рыночную ситуацию и совершая сделки с частотой один раз в день (т. е. с некоторым запаздыванием).

2. Содержание исследования

Достижение поставленных целей сделало необходимым провести на исторических данных эксперименты, которые охватывали построение различных индикаторов рынка, базирующихся на данных об основной тенденции, периодических колебаниях и случайных изменениях цен акций; измерение результатов использования показаний каждого из таких индикаторов для выбора рыночных операций; сопоставление получаемых результатов и определение полезности индикаторов. Эксперименты выполнялись применительно к российскому фондовому рынку по обращавшимся на Московской межбанковской валютной бирже в период 04.10.2004 г.–30.04.2009 г. десяти выпускам акций эмитентов из нескольких отраслей. При этом значения котировок соответствующих акций до конца апреля 2008 г. использовались для поиска таких параметров индикаторов, которые были бы наилучшими с точки зрения доходности рыночных операций, совершаемых по их сигналам, а остальные применялись для тестирования построенных моделей.

Таким образом, модели без переоптимизации их параметров испытывались на протяжении года, когда имел место финансово-экономический кризис, причем рыночная конъюнктура постоянно менялась, и оценивались свойства показаний индикаторов в по-

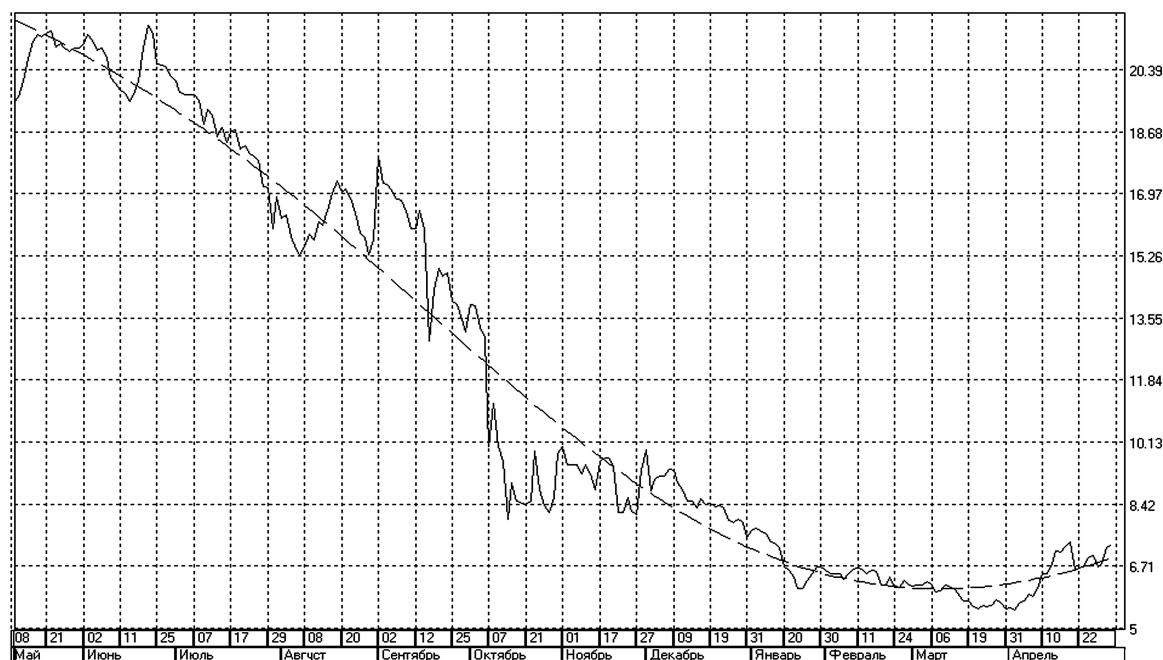


Рис. 2. Графики цены акций Иркутскэнерго (сплошная линия) и сплайна с интервалом между узлами 90 периодов (пунктирная линия)

Таблица 1

Результаты поиска оптимальных параметров сплайнов

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	80	203,63	36,99
Автоваз	60	2136,89	129,14
Аэрофлот	65	813,27	87,16
Иркутскэнерго	90	834,45	88,38
Лукойл	35	598,92	73,50
МТС	70	167,37	32,14
РБК	135	737,02	82,60
Ростелеком	405	732,49	82,31
Сбербанк	225	1883,89	130,63
Сургутнефтегаз	430	301,17	48,24
Средняя доходность		840,91	79,11
СКО		632,49	32,09
Отношение доходности к СКО		1,33	2,47

добных, максимально некомфортных, условиях. Испытание было призвано ответить на вопрос, сможет или нет участник рынка получать прибыль, совершая сделки с акциями, исходя из сигналов тестируемых индикаторов. Для выяснения этого по каждому выпуску акций при всех моделях имитировались торги в тестовом временном периоде.

Имитация заключалась в последовательном, момент за моментом, вычислении выхода модели —

прогноза изменения цены закрытия на один день вперед, — а также последствий открытия длинной позиции при прогнозе будущего повышения цены закрытия или короткой — в противном случае. Для максимального приближения к реальности считалось, что сделки (каждая с маржей 0,5 и комиссией в 0,2 % от ее суммы) осуществляются по цене открытия следующего дня, а когда его цена закрытия становилась известна, параметры модели и рыночные индикаторы

Таблица 2

Доходности применения сплайнов в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	80	–87,40	–89,46
Автоваз	60	–100,00	–100,00
Аэрофлот	65	39,76	42,79
Иркутскэнерго	90	–43,88	–45,92
Лукойл	35	–34,33	–36,08
МТС	70	18,12	19,39
РБК	135	390,35	442,99
Ростелеком	405	1,47	1,57
Сбербанк	225	16,98	19,13
Сургутнефтегаз	430	–100,00	–100,00
Средняя доходность		10,11	15,44
СКО		135,75	150,95
Отношение доходности к СКО		0,07	0,10

ры переоценивались. В итоге тестовый капитал постоянно изменялся и доходность, достигаемая за период, считалась мерой эффективности индикатора.

Оценивая при разложении временного ряда котировок акций на компоненты его трендовую составляющую и формируя индикатор тенденции, мы заменили сглаживание по методу скользящей средней на выравнивание ряда сплайном. Он представляет собой функцию, непрерывную вместе со своими $(l-1)$ -ми производными, у которой производная l -го порядка постоянна на интервалах между заданными точками (узлами):

$$S_l(x) = P_l(x) + \sum_{i=1}^m c_i (x - u_i)_+^l, \quad (1)$$

где $S_l(x)$ — сплайн степени l , $P_l(x)$ — полином, m — число узлов, c_i — коэффициенты, u_i — положение узлов. Определяя такую функцию, пользователю необходимо задать степень (обычно рекомендуется использовать кубический сплайн) и расположение узлов сплайна, а после этого методом наименьших квадратов вычислить ее коэффициенты. В результате получается индикатор, показанный на рис. 2. Сигналом такого индикатора на совершение рыночных операций можно считать направление сплайна: при его росте следует открывать длинную позицию, при падении — короткую. В [3] показано, что такой способ сглаживания может принести преимущество по сравнению с классическими методами построения индикаторов тенденций технического анализа.

Перед оценкой информативности технических индикаторов в тестовом периоде на базовом посредстве серии имитационных экспериментов отыскивались наилучшие параметры сплайна по каждому выпуску акций. Для этого итеративно перебирались

заданные возможные значения параметра, и то, при котором достигалась максимальная доходность, принималось за оптимальное для испытываемого выпуска. Поиск таких значений принес результаты, представленные в табл. 1.

Обобщающими критериями эффективности индикатора выступали два показателя. Во-первых, это средняя величина доходностей, полученных в результате имитации торгов по всем эмитентам. Она показывает, какой результат мог бы получить инвестор, руководствуясь сигналами рассматриваемой функции, распредели он свой капитал поровну между всеми акциями. Во-вторых, это среднее квадратичное отклонение таких доходностей (мера риска торговой системы). С его помощью можно делать выводы о надежности индикатора, в случае если участник рынка решит инвестировать не во все выпуски акций, а в один или несколько, либо выберет другой их набор. Однако ввиду несимметричности (предел убытков меньше по модулю, чем потенциальная прибыль, и ее резкий положительный выброс по какому-то выпуску влечет значительное увеличение критерия риска) как вспомогательное рассматривалось соотношение «доходность/риск».

Проверка индикаторов с отобранными параметрами в тестовом периоде показала, что, совершая сделки на следующее утро после анализа рынка, инвестор мог бы рассчитывать на результаты, представленные в табл. 2. Как видно, несмотря на то, что операции с пятью выпусками принесли бы инвестору убытки, а с двумя вообще угрожали полной потерей капитала, в среднем доходность без переоптимизации индикаторов в течение года, отличавшегося резким ростом волатильности рынка, осталась бы положительной, хотя эти индикаторы не могли так

хорошо, как раньше [3], подстраиваться под новые рыночные условия за пределами периода, в котором производился поиск оптимального параметра.

3. Развитие исследования тренда

Повышению информативности разработанных индикаторов способна послужить их экстраполяция [4], невозможная применительно к классическим инст-

рументам технического анализа. Сплайн может быть близок к сигналу об изменении тенденции, но еще не показывать этого, а его экстраполяция позволяет визуально определять такие моменты и использовать соответствующую информацию в торговой системе. В результате поиска наилучших параметров экстраполированных функций для каждого выпуска акций удалось найти такие, которые в базовом периоде позволили бы повысить и среднюю доходность торговли, и соотношение «доходность/риск». Но в 2008 г. сравнительная

Таблица 3

Доходность показаний экстраполированных сплайнов в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (горизонт экстраполяции, периодов)	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	80	1	-82,04	-84,51
Автоваз	60	1	-122,50	-100,00
Аэрофлот	65	1	82,35	89,51
Иркутскэнерго	90	5	-52,28	-54,49
Лукойл	430	3	-111,68	-100,00
МТС	60	2	-59,42	-61,70
РБК	135	3	289,82	325,37
Ростелеком	405	1	1,47	1,57
Сбербанк	225	1	16,98	19,13
Сургутнефтегаз	430	6	-110,16	-100,00
Средняя доходность			-14,75	-6,51
СКО			118,96	125,59
Отношение доходности к СКО			-0,12	-0,05

Таблица 4

Доходности применения сплайнов в тестовом периоде при преобразовании цен акций логарифмированием

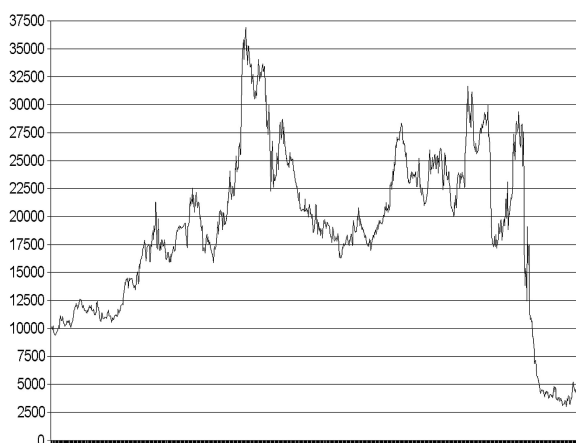
Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	200	387,70	459,18
Автоваз	60	30,55	44,36
Аэрофлот	65	4,11	4,38
Иркутскэнерго	40	-2,73	-2,90
Лукойл	410	-113,04	-100,00
МТС	60	-46,29	-48,39
РБК	135	760,92	888,40
Ростелеком	345	-60,82	-63,10
Сбербанк	460	64,08	73,79
Сургутнефтегаз	430	-100,73	-100,00
Средняя доходность		92,38	115,57
СКО		260,35	300,05
Отношение доходности к СКО		0,35	0,39

поскольку амплитуда колебаний рыночных цен в кризисный год значительно увеличилась, на протяжении интервалов времени сопоставимой длины, могла сказаться некоторая инертность в сигналах сплайна. Потенциальная причина ее возникновения — одинаковость учета им изменений в данных, тогда как с точки зрения рынка равноценными должны быть, например, увеличения цены на 10 от 100 до 110 и на 100 от 1000 до 1100. Поэтому было решено логарифмировать элементы временного ряда и испытать сплайны на таких данных.

Были рассмотрены два способа повышения информативности показаний сплайна. Первый — это преобразование исходных данных. Дело в том, что,

Доходность применения экстраполированных сплайнов в тестовом периоде при преобразовании цен акций логарифмированием

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (горизонт экстраполяции, периодов)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	85	10	-76,55	-79,31
Автоваз	60	1	37,70	55,36
Аэрофлот	70	2	121,92	133,56
Иркутскэнерго	95	6	-45,63	-47,71
Лукойл	410	12	-113,04	-100,00
МТС	75	10	35,55	38,22
РБК	135	6	1089,17	1293,84
Ростелеком	345	7	-74,34	-76,48
Сбербанк	490	11	64,08	73,79
Сургутнефтегаз	430	12	-103,05	-100,00
Средняя доходность			93,58	119,13
СКО			340,18	399,29
Отношение доходности к СКО			0,28	0,30



97

При настройке на таких рядах параметры индикаторов улучшились, а результативность торговли по их сигналам до мая 2008 г. по сравнению с использованием оригиналов цен немного снизилась. Но иными оказались результаты для тестового периода (см. табл. 4). Хотя по пяти выпускам в итоге опять получились убытки, наблюдался существенный рост средней по всем акциям доходности, а также соотношения «доходность/риск». Следовательно, подобное преобразование цен в периоды их значительных

колебаний приносит пользу и за пределами периода оптимизации параметров индикаторов.

Таким способом удалось восстановить и эффективность экстраполяции сплайна. Поиск наилучших индикаторов для каждого выпуска акций позволил обнаружить их параметры, ориентация на которые уже на базовом периоде превысила результат, получаемый до преобразования данных. Испытание полученных функций имитацией торгов в тестовом периоде засвидетельствовало достижение наилучшего

Таблица 6

Доходность в случае применения сплайнов в тестовом периоде при сокращенном базовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	155	325,14	315,30
Автоваз	40	-37,98	-45,30
Аэрофлот	40	174,53	170,08
Иркутскэнерго	85	-73,26	-72,69
Лукойл	45	58,85	57,67
МТС	80	124,97	122,04
РБК	30	-104,18	-100,00
Ростелеком	35	-56,55	-55,96
Сбербанк	40	268,54	265,93
Сургутнефтегаз	90	81,56	79,82
Средняя доходность		76,16	73,69
СКО		140,31	137,77
Отношение доходности к СКО		0,54	0,53

Таблица 7

Доходность в случае применения сплайнов в тестовом периоде при сокращенном базовом и преобразовании цен акций логарифмированием

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	155	371,91	360,21
Автоваз	40	26,57	34,66
Аэрофлот	40	179,51	174,90
Иркутскэнерго	85	-75,02	-74,45
Лукойл	45	45,23	44,35
МТС	85	165,76	161,59
РБК	30	-84,27	-83,80
Ростелеком	35	-48,19	-47,63
Сбербанк	50	167,45	166,02
Сургутнефтегаз	125	105,60	103,22
Средняя доходность		85,45	83,91
СКО		134,90	131,25
Отношение доходности к СКО		0,63	0,64

пока результата по доходности при равномерном распределении капитала между всеми выпусками (см. табл. 5), хотя при этом несколько вырос ее разброс по отдельным акциям.

Другой способ повысить информативность сигналов индикатора-сплайна обнаруживается, если рассмотреть динамику капитала в тестовых портфелях имитационного эксперимента. При оперировании индикаторами, оптимизация параметров которого производилась в базовом периоде, на всем исследуемом временном отрезке (базовый период плюс тестовый) стоимость экспериментального портфеля менялась так, как показано на рис. 3. На этом графике видно, что снижение эффективности индикатора началось уже в 2007 г., завершившись резким падением в конце названного отрезка. Если же поступить наоборот (что в реальности невозможно, но теоретически допустимо), а именно — оптимизировать параметры индикаторов в тестовом периоде и с этими параметрами имитировать торги за все время исследования, динамика тестового капитала обычно выглядит примерно так, как показано на рис. 4. Тогда снова наблюдается падение капитала, начиная с 2007 г., но все завершается его шестикратным ростом в тестовом периоде.

Можно предположить, что значительные изменения рыночной конъюнктуры, разрушение старых связей и создание новых начались в 2007 г. Это стало выливаться в необходимость более частого поиска новых параметров индикаторов и уменьшение их способности оставаться эффективными, опираясь на устаревающие данные. Чтобы проверить это предположение, потребовалось отказаться от исторических значений цен, датированных ранее 2007 г. При оставлении для этого эксперимента в базе данных, начинающихся с 20.04.2007, и сокращении обучающего периода, таким образом, до 246 точек, для него были найдены параметры индикаторов. Ориентация испытаний торговли акциями на сигналы найденных таким образом функций позволила добиться положительной доходности в тестовом периоде по шести выпускам (см. табл. 6). И хотя доходность средняя по всем акциям несколько снизилась, наблюдался рост соотношения «доходность/риск» при полной потере капитала только в одном случае.

Также были определены параметры сплайнов, получаемых при объединении двух предложенных методов повышения информативности сигналов этих функций в кризисных условиях. Испытав такие индикаторы в периоде с мая 2008 г. по май 2009 г., удалось получить положительные значения доходности уже по семи из десяти выпусков, причем полной потери капитала не происходило ни разу (см. табл. 7). Несмотря на некоторое падение среднего результата в сравнении с применением для поиска наилучших параметров полной обучающей базы

данных, в данном случае результаты оказались более стабильными, о чем свидетельствует возросший показатель «доходность/СКО».

4. Периодическая составляющая ценового ряда

После исследования трендовой компоненты временного ряда цен акций в следующих экспериментах анализировалась его периодическая составляющая. В качестве индикатора, призванного отслеживать циклические отклонения этих цен от тенденции, использовалась волновая функция [3]. Для этого строилось уравнение периодических колебаний, посредством спектрального анализа разбивавшее ценовой ряд на несколько основных синусоидальных функций с определенной длиной волн [1, 10, 11]:

$$y_t = a_0 + \sum_{k=1}^q [a_k \cos(\lambda_k t) + b_k \sin(\lambda_k t)], \quad (2)$$

где a_k и b_k — коэффициенты, λ_k — круговая частота в радианах на единицу времени: $\lambda_k = 2\pi k/q$. Коэффициенты при разных частотах вычислялись посредством множественной линейной регрессии. При этом синусы и косинусы разных частот не коррелированы друг с другом. Если найденная корреляция каких-то синусов или косинусов с исходными данными достаточно велика, то можно заключить, что в них на соответствующей частоте существует строгая периодичность. Степень этой связи определялась периодограммой:

$$P_k = (a_k^2 + b_k^2) \cdot N/2, \quad (3)$$

где P_k — значение периодограммы на частоте λ_k , N — длина ряда.

Перед применением спектрального анализа из ценовой динамики делением исходного ряда на сплайн, а затем вычитанием среднего, равного единице, удалялся тренд и уже этот ряд исследовался на наличие периодических колебаний. В итоге получался индикатор, который представлен кривой, изображенной в нижней части графика, на рис. 5.

Сигналами такого индикатора служат его рост и падение, во время которых удерживаются, соответственно, длинные и короткие позиции по акциям. Параметрами, подлежащими оптимизации, в таком индикаторе являются расстояние между узлами сплайна, используемого для удаления тренда, и количество частот, т. е. число позиций периодограммы, используемых для расчета волны. Наилучшие значения параметров для разных акций, выявленные по данным наблюдений базового периода, представлены в табл. 8.

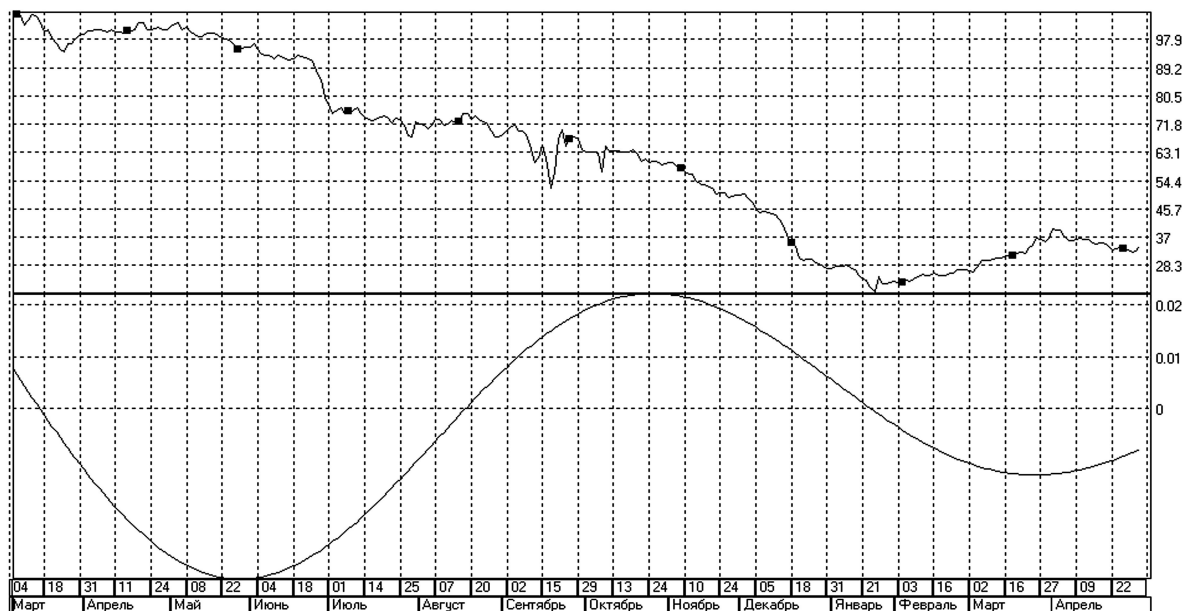


Рис. 5. Графики цены акций Аэрофлота (вверху) и волновой функции (внизу)

Таблица 8

Результаты поиска оптимальных параметров волновой функции

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (горизонт экстраполяции, периодов)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	35	1	177,22	29,74
Автоваз	105	4	1208,93	48,60
Аэрофлот	65	1	147,96	23,48
Иркутскэнерго	115	6	719,35	89,75
Лукойл	95	1	624,65	61,70
МТС	200	10	544,83	96,07
РБК	295	1	693,19	78,78
Ростелеком	355	4	2043,53	159,80
Сбербанк	420	1	1806,94	134,82
Сургутнефтегаз	465	2	439,88	68,37
Средняя доходность			840,65	79,11
СКО			613,80	41,11
Отношение доходности к СКО			1,37	1,92

Имитация торговли в тестовом времени по сигналам таких индикаторов показала (см. табл. 9), что найденные ранее периоды ценовых колебаний на рынке акций [3] в 2008 г. потеряли актуальность: их применение в течение года без переоптимизации параметров чревато для инвестора значительными убытками почти по всему спектру акций.

Строя волновую функцию, для устранения случайных колебаний и предотвращения проблемы «рассеивания» частот можно произвести еще одно сгла-

живание с поиском периодичности во временном ряду, который получается делением сплайна с укороченным межузловым расстоянием на сплайн с более широкими узлами. Ориентация на сигналы такого индикатора, как показано в [3, 4], ранее обеспечивала наилучшую эффективность в среднем по всем акциям. Тренировка на базовом интервале и в данном случае демонстрирует высокий потенциал такого метода сглаживания при определении периодической составляющей в динамике цены. Но во время

Таблица 9

Доходность при применении волновой функции в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (горизонт экстраполяции, периодов)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	35	1	-96,07	-100,00
Автоваз	105	4	-100,00	-100,00
Аэрофлот	65	1	-84,53	-93,15
Иркутскэнерго	115	6	-95,19	-96,21
Лукойл	95	1	-100,00	-100,00
МТС	200	10	-100,00	-100,00
РБК	295	1	-100,00	-100,00
Ростелеком	355	4	59,17	63,40
Сбербанк	420	1	-100,00	-100,00
Сургутнефтегаз	465	2	7,55	7,72
Средняя доходность			-70,91	-72,00
СКО			53,59	55,25
Отношение доходности к СКО			-1,32	-1,30

Таблица 10

Доходность при применении волновой функции с двойным сглаживанием в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами первого сплайна, периодов)	Параметр индикатора (интервал между узлами второго сплайна, периодов)	Параметр индикатора (количество частот)	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	170	400	1	219,67	558,77
Автоваз	180	530	1	43,65	112,85
Аэрофлот	140	120	4	-62,40	-78,68
Иркутскэнерго	150	160	4	-62,53	-79,08
Лукойл	60	390	7	-71,06	-85,90
МТС	130	150	6	-92,40	-98,29
РБК	150	390	2	290,79	786,40
Ростелеком	60	160	6	95,12	188,86
Сбербанк	50	420	1	-156,53	-100,00
Сургутнефтегаз	140	150	6	500,05	511,26
Средняя доходность				70,44	171,62
СКО				197,51	527,55
Отношение доходности к СКО				0,36	0,53

резких сдвигов на рынке такой индикатор отчасти тоже утрачивает надежность, хотя падение информативности его сигналов не становится слишком катастрофичным, с его помощью можно получать прибыль, даже когда периоды колебаний в ценовой динамике изменяются, так что дополнительная фильтрация шумов позволяет волновой функции подавать сигналы, равнение на которые способно и в кризисный

год в среднем принести прибыль без постоянной переоптимизации параметров (см. табл. 10).

Вместе с тем, способы, применявшиеся для повышения эффективности сигналов сплайна, в ситуации с волновой функцией не помогают, поскольку масштабирование не меняет периодичности в данных, обнаружить которую — цель спектрального анализа, причем для этого обычно требуется об-

ширная база наблюдений и ее сокращение нежелательно. Это подтверждено имитационными экспериментами.

5. Случайные колебания ценового ряда

Оценив возможности и результативность применения трендового компонента и периодических колебаний ценового ряда для прогнозов динамики ры-

ночных курсов акций, следует изучить способы использования с этой целью случайных изменений в нем. Как и классические технические индикаторы рынка, индикаторы, основанные на волатильности, можно подразделить на две группы — те, которые следуют тенденции, и контртрендовые. Основной среди первых — «Полосы Боллинджера» (Bollinger Bands, BB), используется агрессивными инвесторами также для определения моментов нахождения рынка в состоянии перекупленности и перепроданности. Это коридор, центр которого — скользящая



Рис. 6. Графики цены акций Сбербанка и «полос Боллинджера»

Таблица 11

Результаты поиска оптимальных параметров для BB

Эмитент	Параметр индикатора	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	15	–20,46	–23,17
Автоваз	10	25,99	23,53
Аэрофлот	10	1,82	2,10
Иркутскэнерго	73	52,37	62,40
Лукойл	65	118,61	146,09
МТС	87	0,32	0,37
РБК	82	41,66	49,33
Ростелеком	24	97,06	118,38
Сбербанк	84	–4,68	–5,30
Сургутнефтегаз	81	37,57	44,38
Средняя доходность		35,03	41,81
СКО		42,70	52,25
Отношение доходности к СКО		0,82	0,80

средняя, а границы сверху и снизу получаются добавлением и вычитанием двух величин СКО, соответственно:

$$U = \text{SMA}(P, n_1) + 2 \cdot \sigma(P, n_2), \quad (4)$$

$$L = \text{SMA}(P, n_1) - 2 \cdot \sigma(P, n_2), \quad (5)$$

где U — верхняя полоса канала цен; L — нижняя полоса канала цен; $\text{SMA}(P, n_1)$ — скользящая средняя; $\sigma(P, n_2)$ — СКО; n_1 и n_2 — периоды расчета скользящей средней и СКО, соответственно. В результате получается индикатор, представленный на рис. 6.

Таким образом, 95 % значений цен должны находиться внутри диапазона. При этом полосы Боллинджера не параллельны средней. Во время низкой изменчивости цен эти полосы сходятся, а во время колебаний курсов при их высокой изменчивости допускается рост свободы за счет более широких полос. При анализе они рассматриваются как своеобразные линии поддержки и сопротивления, выход цены за которые свидетельствует о необходимости пересматривать торговые позиции. Поиск наилучших в базовом периоде параметров таких индикаторов для их дальнейшего тестирования при-

Таблица 12

Доходность при применении ВВ в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	15	-100,00	-100,00
Автоваз	10	-100,00	-100,00
Аэрофлот	10	-100,00	-100,00
Иркутскэнерго	73	-100,00	-100,00
Лукойл	65	-79,00	-78,47
МТС	87	-95,58	-95,35
РБК	82	-100,00	-100,00
Ростелеком	24	-75,82	-75,26
Сбербанк	84	-100,00	-100,00
Сургутнефтегаз	81	-46,09	-45,56
Средняя доходность		-89,65	-89,46
СКО		16,97	17,18
Отношение доходности к СКО		-5,28	-5,21



Рис. 7. Графики цены акций Сургутнефтегаза (вверху) и CSI (внизу)

вел в нашем случае к результату, представленному в табл. 11.

Испытание полученных индикаторов в тестовом периоде дало катастрофические результаты: если в течение года, характеризуемого рыночными потрясениями, не переоптимизировать параметры «полос Боллинджера», то они утрачивают информативность и ориентация на их сигналы чревата при торговле акциями полным разорением инвестора в шести случаях из десяти рассмотренных (см. табл. 12).

Другой классический индикатор, использующий изменчивость цен, — осциллятор «индекс товарного канала» (CCI). Он отображает, насколько далеко последние цены ушли от скользящей средней: если отстоят от нее уже намного, считается, что укоренился тренд, и генерируется торговый сигнал. При этом

$$CCI = (M - SMA(M, n)) / (0,015D), \quad (6)$$

где $M = (High + Low + Close) / 3$, или средняя цена, High — максимальная цена, Low — минимальная

Таблица 13

Результаты поиска оптимальных параметров для CCI

Эмитент	Параметр индикатора	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	91	30,05	35,33
Автоваз	21	15,41	14,01
Аэрофлот	38	49,31	58,65
Иркутскэнерго	34	61,32	73,43
Лукойл	40	63,35	75,95
МТС	95	50,47	60,07
РБК	14	70,76	85,17
Ростелеком	82	5,51	6,37
Сбербанк	78	24,47	28,26
Сургутнефтегаз	97	22,06	25,80
Средняя доходность		39,27	46,30
СКО		21,43	26,40
Отношение доходности к СКО		1,83	1,75

Таблица 14

Доходность при применении CCI в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора	Доходность (%, за весь период)	Доходность (%, годовых)
Мосэнерго	91	154,59	150,77
Автоваз	21	-33,31	-40,05
Аэрофлот	38	70,33	68,87
Иркутскэнерго	34	58,67	57,49
Лукойл	40	-10,64	-10,48
МТС	95	97,67	95,50
РБК	14	486,44	469,90
Ростелеком	82	25,09	24,65
Сбербанк	78	-44,42	-44,24
Сургутнефтегаз	97	-9,91	-9,76
Средняя доходность		79,45	76,27
СКО		148,07	143,85
Отношение доходности к СКО		0,54	0,53

цена, Close — цена закрытия, $SMA(M, n)$ — простое скользящее среднее M длиной n периодов, D — среднее отклонение, или среднее значение абсолютной величины разности между средней ценой и ее простым скользящим средним:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |M_i - SMA(M, n)|. \quad (7)$$

Результат этих расчетов — число, которое может быть как положительным, так и отрицательным. Аналитик может изменять количество периодов, используемых для вычисления простой скользящей средней. Укорачивание временного интервала делает индекс более быстрым и отзывчивым на небольшие движения рынка, в то время как удлинение временного интервала замедляет индекс и сглаживает рыночную волатильность. На графике (см. рис. 7) CCI обычно отображается как осциллятор или гистограмма, которая колеблется в разных направлениях около нулевой отметки. Так как индекс измеряет, насколько далеко цены отошли от скользящей средней, CCI позволяет оценить силу тренда: по теории — чем больше значение CCI, тем сильнее тренд и прибыльней торговля в его направлении.

CCI использует простую скользящую среднюю вместо экспоненциальной, так что цены далекого прошлого отбрасываются и не влияют на результаты. Некая произвольная константа 0,015, применяемая в формуле CCI, добавляется для масштабирования индекса таким образом, чтобы от 70 до 80 процентов значений попадали в канал между +100 процентами и –100 процентами. Предлагается открывать длинные позиции, только когда CCI превазойдет +100, а его значительное падение за эту отметку считается сигналом к выходу из такой позиции. Аналогичны правила короткой позиции: продавать, когда CCI ниже –100, откупать обратно, когда CCI выше –100. Перед испытанием этого индикатора на тестовых данных было необходимо произвести поиск его параметров, наилучших для каждого выпуска акций. Он привел к результату, представленному в табл. 13.

Испытание этого индикатора в тестовом периоде позволило получить результаты, в среднем превосходящие итоги его обучения (см. табл. 14). Хотя разброс доходности по выпускам увеличился, падение капитала произошло лишь в четырех случаях из десяти и, распредели инвестор свои сбережения равномерно между всеми акциями, он мог бы чувствовать себя уверенно в условиях постоянных скачков цен в период 2008–2009 гг. без постоянной переоптимизации параметров индикатора. По-видимому, при усилившейся волатильности рынка возросла и способность этого индикатора использовать ее для генерирования сигналов, побуждающих к прибыльной торговле.

Затем была осуществлена попытка построить новый рыночный индикатор, базирующийся на показателях случайных изменений в ценах акций. Визуальный анализ графиков совместного движения цен акций и СКО показывает (см. рис. 1), что при длительной тенденции изменчивость цен акций падает, а моменты переломов чаще всего находятся в областях резкого роста волатильности. Вероятно, это связано со спекулятивным перегревом или переохлаждением рынка. В связи с этим, следовало сконструировать индикатор, отслеживающий время появления максимумов СКО. Для решения такой задачи использовались модифицированные сглаженные «Полосы Боллинджера»:

$$U = S_l(\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1) \times (1 + C \cdot \sigma((\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1) / S_l(\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1), n_{s2})), \quad (8)$$

$$L = S_l(\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1) \times (1 - C \cdot \sigma((\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1) / S_l(\sigma(\text{Close}, n_{s1}) + 1), n_{s2})), \quad (9)$$

где U — верхняя граница коридора, L — нижняя граница, S_l — сплайн степени l , Close — цена закрытия, C — константа, n_{s1} — период расчета СКО цены, n_{s2} — период расчета СКО частного от деления СКО цены на его сглаживающую функцию.

Определяя искомые максимумы, достаточно использовать верхнюю границу коридора. Такой индикатор может быть применен как противотрендовый, подавая предупреждающие сигналы о будущей смене тенденции, так и трендовый, генерируя сигналы подтверждения об уже состоявшемся ее переломе. Чтобы выяснить, какая тактика будет более эффективной, потребовалось провести имитационные эксперименты обоих способов на исторических данных. Сглаживание ряда сплайн-функцией порождает еще одну проблему, которая особенно остро встает в случае, когда базовым для сплайна является ряд СКО, а именно — изменение сплайна на протяжении всей длины при поступлении каждого нового исторического значения. Для решения этой проблемы были протестированы несколько временных лагов, в которых допустим выход волатильности за верхнюю границу для принятия этого как сигнала индикатора. Наилучшими оказались результаты при временном лаге, равном двум. Когда испытуемый индикатор использовался как противотрендовый, при его сигналах открывались позиции против текущей тенденции, для отождествления которой использовалась простая скользящая средняя с параметрами, также подлежавшими оптимизации. Однако имитация применения этого индикатора для работы против тенденции обернулась нестабильными результатами в тестовом периоде, обещая инвестору убыток по половине выпусков акций (см. табл. 15).

Таблица 15

Доходность при применении в тестовом периоде сглаженных ВВ волатильности в противотрендовом виде

Эмитент	Параметр индикатора (периодов расчета СКО)	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (периодов расчета скользящей средней)	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	24	90	5	-12,66	-12,47
Автоваз	7	90	13	-100,00	-100,00
Аэрофлот	19	80	15	0,00	0,00
Иркутскэнерго	6	600	3	-97,82	-97,68
Лукойл	7	30	17	9,02	8,87
МТС	13	130	7	-21,01	-20,71
РБК	16	600	59	-100,00	-100,00
Ростелеком	6	160	27	214,00	208,24
Сбербанк	7	70	3	50,55	50,21
Сургутнефтегаз	6	30	17	32,31	31,71
Средняя доходность				-2,56	-3,18
СКО				89,21	87,75
Отношение доходности к СКО				-0,03	-0,04

Таблица 16

Доходность при применении сглаженных ВВ волатильности, когда позиции открываются по тенденции в тестовом периоде

Эмитент	Параметр индикатора (интервал между узлами сплайна, периодов)	Параметр индикатора (периодов расчета СКО)	Параметр индикатора тенденции	Доходность (% за весь период)	Доходность (% годовых)
Мосэнерго	155	7	30	327,84	317,90
Автоваз	40	6	140	417,83	697,99
Аэрофлот	40	17	30	46,28	45,39
Иркутскэнерго	85	25	160	-32,28	-31,86
Лукойл	45	6	80	59,69	58,48
МТС	80	7	30	118,48	115,73
РБК	30	5	90	527,06	508,71
Ростелеком	35	7	40	64,22	62,91
Сбербанк	40	14	70	-78,58	-78,40
Сургутнефтегаз	90	21	100	-100,00	-100,00
Средняя доходность				135,05	159,69
СКО				204,58	251,40
Отношение доходности к СКО				0,66	0,64

Другой способ применения этого индикатора — работа по тенденции, когда позиции открываются в направлении текущего тренда, но только в момент достижения волатильностью максимумов, о чем сиг-

нализирует ее выход за верхнюю границу коридора. Имитация применения в тестовом периоде этого индикатора продемонстрировала еще большее увеличение (по сравнению с ССИ) средней доходности без

переоптимизации его параметров в течение года (см. табл. 16). Отрицательный результат был получен лишь по трем эмитентам, также стало значительно соотношение «доходность/СКО». Рост рыночной волатильности в тестовом периоде снова усилил опирающуюся на нее способность индикатора подавать надежные торговые сигналы.

Выполненное исследование позволило найти новые способы использования волатильности цен акций для прогнозирования их будущей курсовой динамики. Экспериментами доказано, что эти способы превосходят традиционные, причем применяемые при них индикаторы обладают способностью оставаться информативными без переоптимизации параметров при рыночных потрясениях и экономической нестабильности. С помощью предлагаемого инструментария возможно совершение прибыльных торговых операций на рынке акций в условиях кризиса, подобного тому, который разразился в 2008–2009 гг. При этом для улучшения информированности инвестору, оперирующему только индикаторами, основанными на внутренней рыночной информации о прошлых движениях цен, следует использовать элементы такого инструментария не автономно, а строить из них торговую систему.

Литература

1. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. М., 1983.
2. Бучаев Я. Г., Галин Д. М., Завельский М. Г., Пекарский А. В. Системный подход к использованию возможностей фондового рынка для финансирования экономического роста // Теория и практика системных преобразований. Т. 11. М.: КомКнига/URSS, ИСА РАН, 2005.
3. Завельский М. Г., Пекарский А. В. Оптимизация торговой системы для деятельности на фондовом рынке // Ежегодник «Системные исследования 2002». М.: URSS, 2004.
4. Завельский М. Г., Пекарский А. В. Методы повышения эффективности инвестиционных решений на фондовом рынке // Экономика и математические методы. 2008. Т. 44. № 2.
5. Завельский М. Г., Пекарский А. В. Системный подход к прогнозированию конъюнктуры фондового рынка // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 2010. М.: Ленанд/URSS, ИСА РАН, 2010.
6. Кейн Э. Экономическая статистика и эконометрия. Вып. 2. М.: Статистика, 1977.
7. Кузнецов М. В., Овчинников А. С. Технический анализ рынка ценных бумаг. М.: Инфра-М, 1996.
8. Розанов Ю. А. Введение в теорию случайных процессов. М., 1982.
9. Романенко А. Ф. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. М., 1968.
10. Тартышников Е. Е. Краткий курс численного анализа. М., 1994.
11. Шикин Е. В. Кривые и поверхности на экране компьютера. Руководство по сплайнам для пользователей. М., 1996.

Пекарский Антон Валерьевич. С. н. с. ИСА РАН, канд. экон. наук. Окончил в 1999 г. Московский институт экономики, политики и права. Количество печатных работ: 25. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики, анализ и регулирование фондового рынка. E-mail: zavelsky@isa.ru