

Системный анализ и финансовая инженерия.

Ф.И. Ерешко

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

Тел: 135-51-09

Факс: 135-13-98

E-mail: ereshko@ccas.ru

Ключевые слова: финансовая инженерия, финансовый аналитик, финансовый инженер, математические модели, вычислительные системы, оптимальный портфель, проектирование схем и процессов, финансовая безопасность, ТВ.

Абстракт

Приводится обзор развития научно-практической дисциплины – финансовая инженерия – в России в её соотнесении с системным анализом. Приводится описание содержательных задач, характерных для России, и различные формальные приемы, позволяющие их разрешать.

1. Исходные посылки

Многие сотрудники институтов РАН системного профиля впервые познакомились с основными понятиями новой дисциплины — финансовой инженерии — во время встреч с проф. Дж.Ф. Маршаллом на лекциях, которые он прочитал в Московском физико-техническом институте в 1992 г. Первое же впечатление, которое возникло у слушателей и укрепилось в дальнейшем, — это глубокая системность подхода в финансовой инженерии, что было особенно близко и понятно по образованию и опыту работы.

Можно было сразу же оценить большие перспективы в финансовой инженерии для сферы — моделирования и создания программных систем. Весь предшествующий опыт работы отечественных системных аналитиков (будь то проектирование космических и оборонных систем или реформирование социально-экономических комплексов) показывает, что и в новой сфере — в проектировании и создании новых финансовых инструментов — участие системных аналитиков, математиков и программистов будет столь же продуктивным.

Прежде всего я приведу определение Финнерти, которое мы полностью разделяем

Определение Финансовой инженерии по Дж. Финнерти:

"Финансовая инженерия включает в себя проектирование, разработку и реализацию инновационных финансовых инструментов и процессов, а также творческий поиск новых подходов к решению проблем в области финансов".

И ещё цитата из книги К.Рэй «Рынок облигаций»: *Трейдера часто с помощью компьютерных программ определяют, является ли выпуск дорогим или дешевым, не понимая заложенных в программах предположений о динамике рынка. "Мусор на входе — мусор на выходе".. Однажды я спросила опытного опционного трейдера, какой совет он может дать будущим трейдерам. "Я всегда советую им углублять свои познания в философии или физике" — Он имел в виду, что выдающийся трейдер должен и видеть картину в целом, и концентрироваться на деталях."*

Рождение и развитие новой финансовой дисциплины происходило параллельно с развитием информационных технологий, появлением новых математических моделей в сфере экономики и разработкой совершенных вычислительных методов. Все перечисленные дисциплины в совокупности с их приложением к конкретным прикладным задачам и составляют существо подхода, которое определяется термином: **системный анализ**.

Как неоднократно подчеркивается в литературе, команда финансовых инженеров состоит из экономистов, финансистов, юристов, бухгалтеров, специалистов в области налогообложения, математического моделирования и программирования, и естественно Лидера, человека объединяющего команду, имеющего широкое системное образование и широкий кругозор. Системные аналитики, вооруженные технологиями математического моделирования и информационными технологиями, теории принятия решений, теории игр, теории исследования операций.(будь то в военной сфере, в рациональном использовании ресурсов, в проектировании физико-технических систем и т.д.), конечно, занимают особое место в Команде.

Самый существенный эффект от участия специалистов системного профиля состоит в том, что разработанное математическое обеспечение позволяет проводить массовые расчеты для различных сценариев развития и различных финансовых схем.

По сути своей финансовые схемы и процессы являются финансовыми операциями, т.е. последовательностью действий экономических агентов, направленных на достижение определенных финансовых целей.

Комбинируя различными способами концептуальные средства (лежащие в основе финансов как формальной дисциплины) и физические средства (финансовые инструменты и процессы) Команда финансовых инженеров способна вырабатывать

проектные решения для обширного набора клиентских задач.

Исходные обстоятельства, проявившиеся на мировых финансовых и товарных рынках и вызвавшие к жизни новую научно – практическую дисциплину, связаны с повышением изменчивости валютных курсов, процентных ставок и товарных цен, глобализацией рынков и усилением конкуренции одновременно в промышленном и финансовом секторах. В России спектр задач финансовой инженерии захватывает также и сферы специфических задач, возникающие на фоне трансформации прав собственности и возникновения разнообразных видов обмена долговыми обязательствами в период становления новой экономики. Далее приводятся примеры постановок задач, относящихся к сфере **финансовой инженерии**.

Проекты на федеральном уровне

Проект **Системы Налогообложения** в развивающейся у нас экономике.

Проект **Системы Страхования** в современных условиях

Проект организации **Системы рациональных государственных заимствований**.

Проект **Трансформации Финансовой Системы РФ** в связи с переходом на евро.

Проект **Структурные преобразования в финансовой системе страны**.

Проекты на уровне корпораций

Проект **Организации операций на фондовом рынке крупного банка с заемными средствами** большого количества **мелких инвесторов** (населения).

Проект **Комплекс защитных стратегий акционерных обществ от финансовых агрессий**.

Проект **Реструктуризации долговых обязательств**.

Работы экономистов и финансистов, выполненные в традиционной манере отечественной экономической школы, должны носить неформальный, глубоко содержательный характер и определять всю работу команды, ибо главное – это постановка задач.

Чем отличается финансовый аналитик в узком смысле, как рядовой член Команды, от финансового инженера, отвечающего вышеприведенным требованиям.

Финансовый аналитик изучает свойства финансовых систем, путем вычленения их отдельных существенных признаков и определения взаимоотношений между ними. Финансовый инженер занимается выработкой и реализацией новых финансовых инструментов, новых операционных схем, творческим проектированием, соединяя в различных комбинациях свойства установленные финансовыми аналитиками.

По аналогии с генетикой.

Генетик является специалистом по разделению наследственного вещества живого организма на отдельные составляющие гены и по определению местоположения этих генов в хромосомах.

А генный инженер использует эти познания, чтобы, сочетая их с определенными физическими инструментами, видоизменять биологические системы или создавать новые формы систем.

Из этой аналогии следует вывод: функция аналитика – анализировать, а функция инженера – проектировать, созидать.

Как пример, приведем работу [5], где приводится много примеров задач финансовой инженерии. Это наглядно видно из формулировки целей и задач исследования. С одной стороны, это объективный анализ итогов развития отрасли ценных бумаг в российской макроэкономике, определения фундаментальных факторов, воздействующих на рынок ценных бумаг, выявления приоритетов и перспективного механизма развития рынка (это финансовый анализ), а с другой стороны, на основе построенных прогнозов разработка концепции развития и стратегии восстановления рынка, обеспечивающих привлечение инвестиций в реальный сектор и гарантирующих российскому рынку способность конкурировать с рынками других стран за денежные ресурсы (это синтез, это финансовая инженерия). Работа четко подразделяется на три раздела: описание текущего состояния финансовой системы, построение прогноза развития основных факторов рынка, выработка целенаправленных действий, ориентированных на модернизацию, инвестиции, индустриальный рост.

В первом разделе автор уделяет значительное внимание фундаментальным (внутренним и внешним) факторам, определяющим развитие фондового рынка. Поскольку модель фондового рынка полностью определяется моделью экономики, автор проводит системный анализ экономических реалий России, и этот анализ типов возможных экономик и соответственно сложившегося в России, относится к одному из значимых результатов работы.

Во втором разделе при построении прогноза автор ставит задачу: определить, каким будет рынок ценных бумаг в текущем десятилетии, если отдаться свободному течению рынка и финансового инжиниринга, которым в 90-е годы (годы бегства капитала из страны, годы попыток рынка ослабить налоговый пресс и политические риски) стали особенно сильны российские экономисты. Что будет, если не пытаться выстраивать стратегию развития рынка ценных бумаг, направленную на рост инвестиций, обеспечение устойчивого экономического подъема, на ослабление рисков и неэффективности, относящихся к самому фондовому рынку. Прогноз построен дескриптивными методами, сообразуясь с логикой предшествующего развития, но и с учетом разнообразных политических, социальных, религиозных, внешних факторов.

Далее, опираясь на оригинальные построения прогноза, автор значительное внимание уделяет регулирующей роли государства. Вопрос сочетания стихийных и целенаправленных процессов – это фундаментальный вопрос экономической теории. Очевидно, что основное течение процессов определяется, как некоторые говорят, сложившимися историческими условиями, и никакими ухищрениями никакая личность или группа лиц не сможет решить задачи в свою пользу, не сообразуясь с конкретными условиями. Но дело в том, что равновесий в экономической системе может быть много, и они могут быть паретовыми, но выбор между ними можно и нужно осуществлять целенаправленно, а не слепо следовать догмам всемогущей руки стихии. И для этих целей необходимо разрабатывать различные

институциональные схемы, что и предлагается в цитируемой работе, с использованием различных приемов финансовой инженерии, всего того, что определяется термином «дирижизм». Таким образом на основе анализа финансового рынка и с учетом основных активных действующих агентов намечены пути дальнейшего его развития при активной государственной политике.

В нескольких фразах соотнесём те задачи финансовой инженерии, которые рассматриваются в финансовой теории, с разделами теории принятия решений:

разработка прогноза – системная динамика, математическое моделирование экономических процессов, имитационные системы;
регулирование процессов на рынке – теория распознавания образов, теория управления случайными процессами;
институциональные проблемы – теория иерархических игр и систем;
информационное обеспечение – это теория и практика создания распределённых вычислительных систем; и т.д.

Как правило, разработчики в области системных проектов придерживаются близких методических позиций:

- во главе проекта находится постановщик содержательных задач (Главный инженер проекта, Главный конструктор, Главный экономист и т.д.);

- наша задача – осмыслить постановки задач, добиться достаточно адекватной формализации, сформулировать требования к информации, создать программный комплекс, разработать сценарии его использования.

Фактически – это реализация системного подхода к проектированию, и наши тесные контакты с ПАСА (Лаксенбург, Австрия) в рамках различных проектов показали, что западные коллеги придерживаются тех же взглядов.

Когда наша группа в ВЦ РАН занялась проблемами моделирования финансовых рынков, мы обнаружили большую схожесть в протекании финансовых процессов и процессов, изучавшихся нами ранее. И в то же время в финансовой сфере имеется много специфических явлений, для понимания которых необходимо освоение большого количества новых понятий, идей и инструментов.

Поэтому наши первые шаги были направлены на обучение. Ранее мы всегда процесс обучения совмещали с практической работой, однако, в данном случае по ряду объективных причин мы использовали другую схему.

Заклучив контракты с проф. Р. Холтом из Вирджинского Университета США (в 1992 г.), мы выпустили на рынок три компьютерных учебника (Полный цикл финансового учета, Основы финансового менеджмента, Планирование инвестиций).

Далее наша группа продвинула на рынок базовую книгу Дж.Маршалла и В.Бансала “Финансовая инженерия” (1998 г.) [1], и участвовала в издании книги К.Рэй “Рынок облигаций” (1999 г.) [2].

Параллельно этому процессу группа наших сотрудников под руководством И.С.Меньшикова и О.Р.Меньшиковой, стартовав из ВЦ, создала проект FAST в АНХ – чрезвычайно насыщенную

математическими моделями финансового рынка программу обучения финансистов-трейдеров, и этот проект – яркий пример использования математических моделей на финансовом рынке России.

2. Конкретные практические примеры

Полученные знания позволили нам в 1995 – 1997 г. реализовать совместно с одним из инвесторов проект организации управления портфелем государственных долговых обязательств на базе специальной математической модели. К числу задач, которые были решены, относятся также проектирование зачетных схем и организация торговли малыми пакетами акций на фондовом рынке.

ПРИМЕР 1

Проект организации управления портфелем государственных краткосрочных облигаций [3]

Мы рассмотрели рынок ГКО с двух позиций – макроэкономического анализа и поведения участника на вторичном рынке.

В процессе макроэкономического анализа финансовых потоков были установлены необходимые условия нахождения “финансовой пирамиды” в квазиравновесном состоянии, выраженные в соотношениях между рядом макроэкономических показателей – уровнем инфляции, процентной ставкой, темпом роста производства, объемом наличной денежной массы, задолженностью банковской системы Центробанку и т.д..[4]

Для задачи управления портфелем инвестора на рынке государственных долговых обязательств были разработаны соответствующие модели и алгоритмы. [3].

Алгоритм использует прогноз изменения цен бумаг одних выпусков относительно других в некоторый, последующий моменту принятия решения период времени. Данный прогноз строится на основе информации об изменении цен облигаций в период, предшествующий принятию решения

Модель включает описание управления портфелем ГКО на интервале времен $[1, T]$, где индекс $t \in [1, T]$ соответствует номеру торговой сессии. Считается, что в период времени $[-p + 1, T]$, $p \geq 0$ на рынке представлены N бумаг. Каждой бумаге i в день t сопоставляется значение цены $c_{i,t}$ (далее в качестве $c_{i,t}$ используется цена последней сделки).

Текущее состояние, находящегося в управлении портфеля ГКО моделируется вектором $(S_{0,t}, S_{1,t}, \dots, S_{N,t})$, где $S_{i,t}$, $i = 1, 2, \dots, N$ – стоимость входящих в портфель бумаг i -го вида в момент времени t , а фиктивная облигация с номером 0 моделирует кассовый остаток операции.

Для произвольной сессии t через $S_{i,t}^-$ обозначается стоимость (по цене $c_{i,t}$) бумаг вида i , находящихся в портфеле до операций купли-продажи, а

через $S_{i,t}^+$ стоимость бумаг этого вида в портфеле, после указанных операций. Через S_t^- и S_t^+ обозначается стоимость портфеля ГКО до управления в день t и после управления, соответственно.

$$S_t^- = \sum_{i=1}^n S_{i,t}^-, \quad S_t^+ = \sum_{i=1}^n S_{i,t}^+$$

Тогда динамика стоимости портфеля ГКО в течение сессии описывается следующими соотношениями:

$$S_t^+ = S_t^- - \sum_{i=1}^N k_i * | S_{i,t}^+ - S_{i,t}^- |,$$

$$S_{i,t}^- \geq 0, \quad S_{i,t}^+ \geq 0, \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Здесь, через k_i обозначен коэффициент издержек при операциях с облигациями; $k_0 = 0$, а для всех $i > 0$ коэффициент k_i полагается постоянным и равным некоторому k . Целью управления является максимизация за период $[1, T]$ математического ожидания дохода от вложенного в первый день управления капитала. Изменение цен на облигации от сессии к сессии описывается в виде марковского процесса с дискретным временем и глубиной p , т.е. вектор цен в день t - это случайный вектор C_t с заданным распределением.

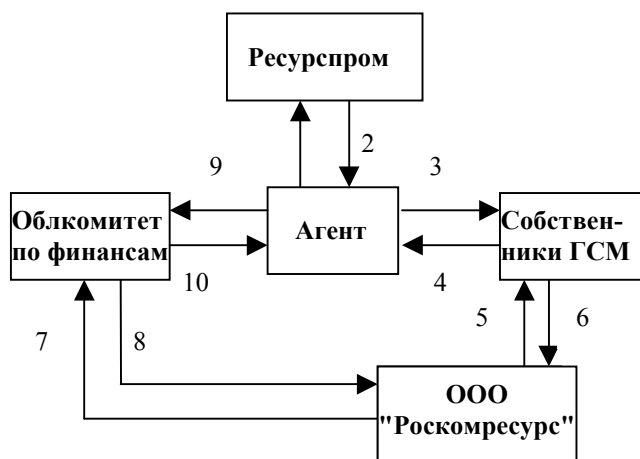
Разработанный алгоритм показал высокую эффективность на реальном рынке ГКО в 1996-1997 г.г.

ПРИМЕР 2

Моделирование зачетных цепочек с использованием векселей – вексельных соглашений.

Для проведения зачётных операций на долговом рынке были предложены формальные конструкции, которые обеспечивали проведение расчетов для схем взаимозачетов, примеры малой размерности приведены ниже.

Схема погашения задолженности за ресурс Собственникам горючесмазочных материалов



2. Переуступка прав требования за газ

3. Уменьшение задолженности за газ нефтеперерабатывающим заводам либо другим собственникам горючесмазочных материалов (ГСМ), имеющим задолженность за газ.

4. Передача векселей Агента.

6. Поставка ГСМ.

5. Передача векселей Агента.

8. Передача векселей Агента.

7. Поставка ГСМ организациям муниципального образования.

10. Передача векселей Агента.

9. Передача права погашения задолженности Ресурспрома по платежам в областной бюджет.

1 Погашение задолженности Ресурспромом по платежам в областной бюджет.

Примечание: Данная схема документально оформляется в соответствии с принятыми в Ресурспроме требованиями (вексельным соглашением). Здесь векселя "солидных" предприятий выступают как платежные средства – проходя через всех участников сделки, они фиксируют моменты налогообложения.

Данная схема порождает матрицу встречных платежных потоков, а если в экономике наступает состояние неплатежей, то последующая матрица есть матрица долговых обязательств.

	Ресурс	Энергия	Агро	...	Рынок
№	1	2	3	n	y
Ресурс	1	x_{12}	x_{13}	x_{1n}	0
Энергия	2	x_{21}	x_{23}	x_{2n}	0
Агро	3	x_{31}	x_{32}	x_{3n}	$y_3 > 0$
Авто	4	x_{41}	x_{42}	x_{4n}	$y_4 > 0$
Стройка	5	x_{51}	x_{52}	x_{5n}	0
...	n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...

Здесь x_{ij} – долг j -го предприятия i -му, $x_{ij} \geq 0$, y_i – актив i -го предприятия, который оно готово продать для погашения долгов.

Если $x_{ij} > 0$, а $x_{jk} = 0$ для всех $k = 1, \dots, n$ и $y_j = 0$, то это означает, что j -е предприятие не способно погасить свой долг и это **тупик**.

Диагональные элементы матрицы заштрихованы, поскольку мы не рассматриваем, долги внутри отрасли.

Задача формулируется так: построить все последовательности платежей, которые должны быть произведены, т.е. построить все последовательности-цепочки предприятий-должников и представить эти цепочки лицу принимающему решение для последующего анализа.

Цепочки могут быть трех типов. Например:

1) Цепочка Цикл $1 \leftarrow 2 \leftarrow 3 \leftarrow 1$

означает что имеет место последовательность: Ресурспром должен Авто, Авто должен Энергии, Энергия должна Ресурспрому. Используя **вексель**, мы можем произвести погашение (клиринг) долгов.

2) Цепочка

Деньги $1 \leftarrow 2 \leftarrow 5 \leftarrow 3$. ($y_3 > 0$) В этой цепочке

Агро, реализуя свою продукцию на рынке, может покрыть частично или полностью свою задолженность перед Стройкой и породить последующие платежи. Именно здесь возникают те схемы, которые приводились ранее, с использованием **векселей**.

3) Цепочка **Тупик**

$1 \leftarrow 3 \leftarrow 5 \leftarrow \dots \leftarrow i \leftarrow m$,

где $x_{mk} = 0$ для всех $k = 1, \dots, n$ и $y_m = 0$. Это пример ситуации, требующий особого рассмотрения Ресурспрома.

ПРИМЕР 3

Проект компании

В работе [6] подробно излагаются и исследуются математические модели финансовых потоков компании при использовании схемы торговли, обеспечивающей доступ мелких инвесторов к биржевым торгам. Описана серия имитационных экспериментов, результаты которых подтвердили эффективность предложенной схемы. Основная идея проекта состоит в организации взаимодействий биржи, компании и вкладчиков, позволяющей снять противоречия между возможностями крупной биржи и интересами мелких вкладчиков.

3. О технологиях обеспечения финансовой безопасности

Базовое макроэкономическое понимание финансовой безопасности связано с безопасностью на рынке капитала (внутри) и рынка капитала в целом (извне).

Обеспечение финансовой безопасности объекта понимается как обеспечение состояния его стационарного развития (гомеостаза) в пространстве финансовых показателей.

Однако следует помнить, что принципиальной особенностью рынка капитала является сильная изменчивость его характеристик, скорость изменения которых во много раз превосходит скорость изменения производственных параметров. Подобно тому, как уничтожить поголовье скота можно за месяц, а восстановление его потребует десятилетий.

Проблем, связанных с обеспечением финансовой безопасности, великое множество. Вряд ли когда-нибудь удастся их полностью классифицировать, и тем более разрешить, поскольку они связаны с

психикой людей, их ожиданиями, с неопределенностью разнообразных внешних факторов, в конечном счете с непредсказуемостью будущего. Не претендуя на общность описания всей проблемы, остановимся на отдельном аспекте.

В связи с сильными колебаниями показателей рынка капитала, для финансовых агентов существенно наличие рисков, т.е. возможности катастрофического несоответствия ожиданий и реализаций.

Уменьшение рисков – одна из задач обеспечения финансовой безопасности.

Значительные усилия на западных рынках были направлены на изобретение разнообразных приемов, схем, инструментов, ограничивающих риски в деятельности финансовых агентов. Финансовые инструменты (фьючерсы, форварды, опционы) уменьшают финансовые риски оперирующих сторон.

Государственное регулирование рынков капиталов связано как с правовой организацией деятельности финансовых агентов, так и с текущим управлением (назначением ставок рефинансирования, установлением резервов коммерческих банков в Центральном Банке, регулированием золотого запаса, влиянием на курс национальной валюты и т.д.).

Особенностью Российских рынков явилось широкое распространение денежных суррогатов, схем, ориентированных на решение экономических задач при дефиците денежных средств в сформировавшейся экономике неплатежей. Схемы, как изобретение верхов, были подхвачены массами, обеспечили доходы для управляющих и посредников и помогли многим избежать уплаты налогов в казну [7]. В настоящее время в стране ведется успешная борьба с суррогатами с использованием различных стратегий, и объем неплатежей сокращается.

Тем не менее, несмотря на усилия Государств и финансовых агентов время от времени финансовые рынки испытывают потрясения. Замечательный исторический экскурс в историю финансовых катастроф содержится в книге [8], где подробно анализируются порождающие их схемы. И как всегда, несмотря на исторический опыт, глупость, алчность, ложь, страх и паника продвигают финансовые рынки к регулярным катаклизмам.

В связи с этой психологической компонентой большое значение приобретает проектирование стратегий в интересах Государства и населения, носящие доверительный и защитный характер. Среди них особое место занимают стратегии, в которые явным образом включено ТВ, как наиболее эффективный инструмент влияния на массовое сознание. Скорость изменения состояния ТВ совпадает со скоростью изменения финансовых параметров, поскольку в обеих сферах действует один и тот же психологический механизм.

Проект ТВ должен быть направлен на создание инструментария защиты, который может противостоять указанным угрозам, осознанно демпфируя колебания на финансовых рынках. Финансовый друг и советчик-телевизор, воздействуя по типу: «действуй, как я», опираясь тем самым на древний инстинкт подражательства, может и должен формировать мотивации и стратегии поведения отдельных лиц и

общества в целом в интересах устойчивого Государства. При этом можно ожидать и эффекта двойной рефлексии, как это описано в [9,10].

Если Государство предпримет шаги в этом направлении (а это неизбежно), то предлагаемый проект станет частью общей государственной программы по обеспечению финансовой безопасности, включающей неявное воздействие государственных идей на умы и настроение граждан.

Пример внутренней проблемы: формирование доверия и разработка гарантирующих стратегий (с использованием принципиально новых финансовых инструментов и ТВ технологий) для привлечения средств населения в развитие производственной сферы.

Защита от внешних угроз – отдельная тема. Краткое описание внешних угроз в связи с агрессивной политикой МВФ содержится в [11].

Библиографический список

1. Маршалл Дж., Бансал В. Финансовая Инженерия, М.: ИНФРА-М, 1998.
2. Рэй К.И. Рынок облигаций. – М.: ДЕЛО, 1999 г.
3. Гасанов И.И., Ерешко А.Ф. Об одном подходе к управлению портфелем Государственных Краткосрочных Облигаций. – М.: ВЦ РАН, 1997 г.
4. Агасандян Г.А. Финансовые потоки в динамической модели макроэкономики. – М.: ВЦ РАН, 1998 г.
5. Миркин Я.М. Рынок ценных бумаг России. : - М.: Изд.Дом «АЛЬПИНА», 2000.-623 с.
6. Гасанов И.И.Опыт моделирования схемы организации торговли малыми пакетами акций на фондовом рынке. – М.: ВЦ РАН, 2001.22 с..
7. Генкин А.С. Денежные суррогаты в российской экономике: - М.: Изд.Дом «АЛЬПИНА», 2000.-463 с.
8. Аникин А.В. История финансовых потрясений. От Джона Ло до Сергея Кириенко. М.: ЗАО «ОЛИМП-Бизнес», 2000, 384 с.
9. Сорос Дж. Алхимия финансов-М.: «ИНФРА-М» ,1996.-416 с.
10. Сорос Дж. Кризис мирового капитализма.Открытое общество в опасности.-М.: «ИНФРА-М» ,1999.-XXVI,262 с.
11. Сатуев Р.С.,Шраер Д.А., Яськова Н.Ю. Экономическая преступность в финансово-кредитной системе.-М.: Центр экономики и маркетинга,2000-272 с.