Московский государственный университет

экономики, статистики и информатики

На правах рукописи

Мельников Роман Михайлович

Управление процентным риском портфеля гко–офз

в посткризисный период

Специальность: 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит

 08.00.13 – Математические и инструментальные методы

 в экономике

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Научный руководитель: д.э.н., профессор Алавердов А.Р.

Москва

**Содержание.**

Введение........................................................................................................................................3

Глава 1. Процентные риски в управлении портфелем государственных облигаций.........9

 §1.1. Влияние колебаний процентных ставок на рыночную стоимость портфеля об-

 лигаций......................................................................................................................9

 §1.2. Классическая теория иммунизации процентного риска портфеля облигаций...27

 §1.3. Современные подходы к управлению процентным риском портфеля облига-

 ций.......................................................................................................................40

 §1.4. Развитие рынка ГКО–ОФЗ в посткризисный период............................................52

Глава 2. Обоснование методов поддержки принятия решений по управлению процент-

­ ным риском портфеля ГКО–ОФЗ в посткризисный период.................................64

 §2.1. Иммунизация процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ от непараллельных пе-

 ремещений временной структуры процентных ставок.........................................64

 §2.2. Риск смещения временных премий на рынке ГКО–ОФЗ и модель его иммуниза-

 ции................................................................................................................................73

 §2.3. Сценарный анализ процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ...............................84

 §2.4. Краткосрочное прогнозирование конъюнктуры рынка ГКО–ОФЗ..................105

Выводы по результатам исследования..................................................................................119

Литература................................................................................................................................123

**Введение.**

***Актуальность темы диссертационного исследования*** обусловлена необходимостью внедрения в практику работы профессиональных участников российского рынка ценных бумаг методов научного управления, основанных на строгой формализации процедур принятия инвестиционных решений.

После известных событий августа 1998 г. российский рынок государственных ценных бумаг перешел к новой фазе развития, утратив прежнюю ликвидность и спекулятивную привлекательность. В докризисный период у профессиональных участников российского рынка ценных бумаг практически не было мотивов, побуждающих их активизировать свои действия по разработке и внедрению новых методов научного управления фондовыми операциями. В новых условиях, когда внешняя среда стала менее благоприятной, а конкуренция – более жесткой, роль научного подхода в решении актуальных управленческих задач резко возрастает. При этом особенно важное значение приобретает использование математических методов и современных информационных технологий.

Проблема процентного риска портфеля государственных облигаций особенно актуально стоит перед отечественной финансовой наукой. Состояние высокой стабильности развитых финансовых рынков США и Западной Европы создает менее эффективные стимулы для развития теории управления процентным риском, нежели неравновесное состояние российского рынка государственных краткосрочных облигаций и облигаций федеральных займов (ГКО–ОФЗ), неравномерность процесса его развития, характеризующаяся чередой кризисов. Поэтому перед отечественной наукой встает задача критического пересмотра стандартных допущений, используемых в традиционных моделях зарубежной финансовой экономики, и выработки новых решений, адаптированных к специфическим условиям российского фондового рынка.

Неопределенность будущих изменений значений процентных ставок порождает необходимость решения двух важнейших проблем. Первая из них состоит в поиске такого варианта формирования структуры портфеля облигаций, который защищает инвестора от негативных последствий неблагоприятных перемещений временной структуры процентных ставок. Вторая заключается в разработке методов поддержки принятия решений, позволяющих обеспечить достижение целей инвестора, склонного к активным действиям на фондовом рынке и готового подвергать себя процентному риску. Решение этой проблемы предполагает определение возможных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок, выбор из них наиболее вероятных, а также оптимизацию структуры портфеля облигаций исходя из прогнозируемых вариантов изменения конъюнктуры рынка, срока вложений инвестора и его отношения к риску.

Классическое решение первой проблемы дается в рамках теории иммунизации. Фундаментальные основы этой теории были заложены работами П.Самуэльсона[[1]](#footnote-1), Ф.Редингтона[[2]](#footnote-2), Л.Фишера и Р.Вейла[[3]](#footnote-3). Развитие теории иммунизации на современном этапе осуществляется группой зарубежных ученых, в частности, А.Бальбасом, Г.Бьервэгом, О.Васичеком, А.Ибанезом, Дж.Ингерсоллом, Г.Кауфманом, Дж.Коксом, С.Россом, А.Тоевсом, К.Хангом, Г.Фонгом и др.

Однако ни одна из моделей, выработанных в рамках теории иммунизации, не обеспечивает инвестору полной защиты от всех возможных вариантов сдвига процентных ставок. Поэтому их возможности в условиях конкретного рынка нуждаются в тщательном тестировании. Стремление минимизировать остаточный риск, защита от которого не обеспечивается традиционными методами, порождает необходимость разработки альтернативных моделей иммунизации, гибко настраиваемых на изменяющиеся условия российского рынка.

Проблема оптимизации рискового портфеля государственных облигаций, особенно актуальная для операторов нестабильных рынков, до настоящего времени вообще не получила удовлетворительного решения ни в России, ни за рубежом. Классическая теория формирования рискового портфеля, разработанная Г.Марковицем для случая рынка акций[[4]](#footnote-4), оказалась неприменимой на рынке облигаций из-за невозможности надежной оценки ковариаций доходностей облигаций различных выпусков.

Несмотря на богатый опыт, накопленный многими зарубежными институциональными инвесторами в области управления рисковыми портфелями государственных облигаций, первые шаги на пути теоретического решения этой проблемы были сделаны лишь в 1990-е годы. При этом потребовалось обращение к нетрадиционному математическому аппарату – теории нечетких множеств и теории нейронных сетей. Исследования, предпринятые в этой области С.Рамасвами[[5]](#footnote-5), а также В.Ченгом, Л.Вагнером и Ч.Лином[[6]](#footnote-6), доказали перспективность такого направления научного поиска. Однако в этих работах не была сформулирована целостная теория управления рисковым портфелем государственных облигаций, а также не была рассмотрена возможность применения формализованных методов при управлении портфелем государственных облигаций на нестабильных развивающихся фондовых рынках.

Поскольку проблема процентного риска не являлась актуальной для советской экономики, отечественные ученые не внесли заметного вклада в теорию управления портфелем государственных облигаций. Формирование и развитие рынка государственных ценных бумаг в России вызвало появление соответствующих научных исследований. Среди них можно отметить работы Е.Бабенко, А.Благодатина, О.Буклемишева, И.Виниченко, В.Губерниева, Ю.Иванова, А.Михеева, Т.Стрункова и др. Однако авторы большинства публикаций, появившихся в отечественной печати в последние годы, либо игнорируют несомненные достижения зарубежной финансовой науки, либо некритично переносят основные результаты зарубежной теории и практики инвестиционного менеджмента на российскую почву.

Это определило потребность в теоретических разработках, опирающихся на модели зарубежной финансовой экономики и одновременно учитывающих особенности российских условий, а также в эмпирических исследованиях, посвященных вопросам тестирования сравнительной эффективности различных моделей поддержки принятия решений на отечественном рынке государственных ценных бумаг. Осуществление данных исследований является необходимым условием повсеместного внедрения методов научного управления в практику работы профессиональных участников российского рынка ценных бумаг.

Вышеизложенное позволяет заключить, что проблемы управления процентным риском портфеля государственных облигаций в России на современном этапе еще недостаточно решены и требуют активного внимания. Это определило выбор темы диссертационного исследования. Сложность, многоаспектность и недостаточная разработанность целого ряда теоретических и эмпирических вопросов управления процентным риском портфеля государственных облигаций, объективная необходимость их научного осмысления и комплексного анализа определили выбор целей, задач, структуры и содержания исследования.

***Целями исследования*** являются

1. оценка правомерности использования стандартных моделей зарубежной финансовой экономики в специфических условиях российского рынка ГКО–ОФЗ;
2. разработка методов защиты инвестора от неблагоприятных перемещений временной структуры процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ;
3. разработка методов поддержки принятия решений по управлению рисковым портфелем государственных облигаций в условиях высокой нестабильности внешней среды.

Для достижения указанных целей были поставлены и решены следующие ***основные задачи***:

1. выявление основных факторов, определяющих динамику процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ;
2. изучение особенностей временных премий рынка ГКО–ОФЗ и их влияния на эффективность операций с государственными облигациями;
3. разработка модели иммунизации процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок;
4. разработка модели иммунизации процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ от смещения временных премий;
5. проведение сравнительного анализа эффективности применения различных моделей иммунизации процентного риска на рынке ГКО–ОФЗ;
6. разработка методики сценарного анализа процентного риска портфеля государственных облигаций и ее тестирование по данным рынка ГКО–ОФЗ;
7. разработка модели оптимизации рискового портфеля ГКО–ОФЗ;
8. выявление основных факторов, определяющих структуру оптимального портфеля краткосрочных рисковых вложений в инструменты рынка ГКО–ОФЗ;
9. построение модели краткосрочного прогнозирования конъюнктуры рынка ГКО–ОФЗ.

***Объектом исследования*** является российский рынок государственных ценных бумаг.

***Предмет исследования*** – процентные риски, вызывающие колебания доходности портфеля ГКО–ОФЗ.

***Информационная база исследования*** включает данные Банка России, Международного валютного фонда, Московской межбанковской валютной биржи, Российской торговой системы.

***Методологической и теоретической основой исследования*** послужило использование гипотетико-дедуктивного и индуктивного методов научного познания. Достоверность научных выводов и практических рекомендаций основывается на теоретических и методологических положениях, сформулированных в исследованиях зарубежных ученых, а также на результатах тестирования разработанных методов и моделей и их сравнительного анализа с существующими аналогами. При решении конкретных проблем управления процентным риском портфеля государственных облигаций использовались методы математического анализа, прикладной статистики, эконометрики, теории игр, теории нейронных сетей.

***Наиболее существенные результаты и научная новизна*** диссертационной работы состоят в разработке новых методов регулирования процентного риска портфеля государственных облигаций и определении границ их возможностей в условиях российского рынка ГКО–ОФЗ.

Исследование теоретических вопросов управления процентным риском портфеля государственных облигаций и эмпирическое тестирование эффективности применения различных моделей поддержки принятия решений в условиях российского рынка ГКО–ОФЗ привели к следующим результатам, содержащим, по мнению автора, элементы ***научной новизны***:

1. Разработана модель иммунизации процентного риска портфеля государственных облигаций от непараллельных перемещений временной структуры процентных ставок. Данная модель учитывает многомерность источников процентного риска, различие степени изменчивости краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных процентных ставок и степени их подверженности воздействию общих факторов риска. Эмпирически доказано превосходство предложенной модели в условиях рынка ГКО–ОФЗ над моделью иммунизации от параллельных перемещений временной структуры процентных ставок Л.Фишера и Р.Вейла.
2. Научно обоснована неправомерность применения теории чистых ожиданий при выводе условий иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ. Раскрыто противоречие между предпосылками теории чистых ожиданий и концепцией иммунизации. Эмпирически доказано, что использование предположения об отсутствии временных премий на рынке ГКО–ОФЗ приводит к смещению доходности иммунизированного портфеля относительно спот-ставки для срока вложений инвестора.
3. Разработана модель иммунизации портфеля государственных облигаций от смещения временных премий, которая, в отличие от имеющихся аналогов, использует в качестве предпосылки теорию временных предпочтений. Эмпирически подтверждена эффективность ее применения на рынке ГКО–ОФЗ. Продемонстрировано, что за счет использования дополнительной информации о функции временных премий предложенная модель точнее по сравнению с имеющимися аналогами идентифицирует уровень гарантируемой доходности вложений и лучше обеспечивает его достижение.

4. Разработана методика сценарного анализа, позволяющая оценивать параметры распределения доходности портфеля ГКО–ОФЗ за период вложений инвестора на основе сценариев будущих перемещений временной структуры процентных ставок. Задача построения сценариев перемещения временной структуры процентных ставок сведена к задаче построения сценариев изменения значений ее главных компонент и решена с использованием модели авторегрессии–проинтегрированного скользящего среднего. Раскрыт характер зависимости ожидаемой доходности вложений и степени риска от срока вложений инвестора и структуры портфеля ГКО–ОФЗ.

5. Разработана модель поддержки принятия решений, позволяющая определять структуру оптимального портфеля ГКО–ОФЗ на основе информации о характере прогнозов инвестора, его отношении к риску и предполагаемых сроках вложений. Проблема выбора структуры портфеля облигаций представлена в форме игры с природой, в которой стратегии инвестора определяются как возможные варианты формирования портфеля, а состояния природы – как возможные комбинации периодов времени, через которые инвестору могут потребоваться денежные средства, с рассматриваемыми сценариями перемещения временной структуры процентных ставок. Предложена функция полезности выигрыша инвестора при реализации различных сценариев изменения конъюнктуры, позволяющая учитывать отношение к риску при выработке инвестиционного решения.

***Теоретическая значимость исследования*** состоит в том, что оно показало необходимость пересмотра некоторых допущений, используемых в стандартных моделях зарубежной финансовой экономики, при разработке моделей поддержки принятия решений по управлению процентным риском портфеля государственных облигаций на нестабильных развивающихся финансовых рынках. Основные положения и выводы, содержащиеся в диссертации, могут быть использованы при дальнейшем развитии теории управления процентным риском в условиях резких изменений основных параметров внешней среды.

***Практическая значимость исследования*** состоит в том, что полученные результаты могут быть применены в процессе управления фондовыми портфелями операторов российского рынка ГКО–ОФЗ. Целесообразность практического использования полученных решений проблем управления процентным риском портфеля государственных облигаций подтверждена при помощи тестов, доказавших их эффективность, а в ряде случаев – превосходство над имеющимися аналогами. Кроме того, результаты исследования могут быть использованы в преподавании курсов «Портфельные инвестиции», «Финансовая экономика», «Финансовый инжиниринг» и повышении квалификации специалистов фондового рынка.

***Апробация результатов исследования***. Некоторые разработки обсуждались на 38-м международном конгрессе Европейской ассоциации региональных наук (Вена, Австрия, 28 августа – 1 сентября 1998 г.), 5-й Северо-Балтийской международной конференции (Пярну, Эстония, 1-4 октября 1998 г.), 3-й российской научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий» (Москва, 6-7 апреля 1999 г.). Ряд положений диссертации был использован при подготовке учебного курса «Финансовый инжиниринг» и нашел применение в учебном процессе МЭСИ. По теме диссертации опубликованы 12 печатных работ общим объемом более 7 п.л.

**Глава 1. Процентные риски в управлении портфелем государственных облигаций.**

**1.1. Влияние колебаний процентных ставок на рыночную стоимость портфеля облигаций.**

В экономически развитых странах рынок государственных облигаций играет значительную роль в финансировании государственных расходов, поддержании ликвидности банковской системы, развитии экономики в целом. С помощью рынка государственных облигаций решаются следующие основные задачи:

1) финансирование текущего дефицита государственного бюджета;

2) рефинансирование ранее размещенных государственных займов;

3) устранение кассовой несбалансированности государственного бюджета;

4) регулирование объема денежной массы в обращении;

5) обеспечение коммерческих банков и других финансовых институтов высоколиквидными и надежными резервными активами.

В роли эмитента государственных облигаций обычно выступает орган исполнительной власти, осуществляющий исполнение государственного бюджета (министерство финансов или казначейство), который принимает решения о выпуске новых облигаций и обеспечивает аккумуляцию денежных средств для их обслуживания и погашения. Высший орган законодательной власти устанавливает ограничения на объем эмиссии и уровень процентных ставок по вновь размещаемым выпускам. Первичное размещение государственных облигаций осуществляется с помощью посредников. Среди них ведущую роль играют центральные банки, которые не только организуют работу по размещению новых займов, но и в ряде случаев приобретают крупные пакеты государственных облигаций для своего портфеля.

По форме выплаты процентных доходов государственные облигации можно классифицировать на облигации с постоянной купонной ставкой, облигации со ступенчатой купонной ставкой, облигации с плавающей купонной ставкой и бескупонные облигации. Размеры купонов по облигациям с постоянной и ступенчатой купонными ставками определяются условиями выпуска. В случае использования схемы ступенчатых купонов их размеры дифференцированы по годам обращения облигации, а в случае использования схемы фиксированных купонов их размер не меняется в течение всего срока обращения облигации. Облигации с плавающей купонной ставкой применяются в условиях инфляции. Размер каждой купонной выплаты по ним определяется перед началом очередного купонного периода на основе темпа прироста индекса цен, темпа обесценения национальной валюты или процентных ставок по краткосрочным облигациям. Процентный доход по бескупонным облигациям выплачивается один раз – в момент погашения облигации. Прибыль инвестора от вложений в бескупонную облигацию формируется за счет разницы между ценой приобретения и ценой погашения.

По сроку обращения государственные облигации можно классифицировать на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные. Согласно п.2 ст.98 Бюджетного кодекса Российской Федерации краткосрочные облигации выпускаются на срок до 1 года, среднесрочные – на срок от 1 года до 5 лет, долгосрочные – на срок от 5 до 30 лет. Как правило, краткосрочные облигации выпускаются в бескупонной форме, а среднесрочные и долгосрочные облигации – в купонной форме.

Для большинства стран с рыночной экономикой характерна аукционная форма размещения государственных облигаций. Потенциальные покупатели подают организаторам аукциона заявки с указанием объема ценных бумаг, которые они хотели бы приобрести по цене, указанной в заявке. В неконкурентных заявках указывается сумма, на которую инвестор готов приобрести облигации по средневзвешенной цене аукциона.

Активную роль в процессе вторичного обращения государственных облигаций играют центральные банки. Приобретая государственные облигации у коммерческих банков, центральный банк обеспечивает увеличение денежной базы и мультипликативное расширение денежной массы. Продавая государственные облигации коммерческим банкам, центральный банк обеспечивает сокращение денежной базы и мультипликативное сжатие денежной массы. Таким образом, вторичный рынок государственных облигаций является важнейшим каналом, используемым в ходе реализации денежно-кредитной политики.

Основными источниками погашения государственных облигаций являются профицит государственного бюджета, текущие доходы государственного бюджета, а также средства, полученные от размещения новых займов. Если объем новых заимствований существенно превышает объем выплат по погашаемым облигациям, происходит пирамидальное расширение государственного долга. В этом случае возникает реальная угроза неисполнения обязательств государства по выпущенным облигациям. Вывод средств с рынка крупными инвесторами способен создать критическую ситуацию, в которой органы государственной власти могут быть вынуждены пойти на частичный или полный отказ от своих обязательств. Однако в большинстве стран государство осуществляет достаточно осторожную эмиссионную политику, не допуская быстрого роста объема долга, что определяет высокий уровень надежности государственных облигаций и низкий размер доходов по ним.

Портфель государственных облигаций представляет собой совокупность долговых ценных бумаг, эмитированных государством и управляемых инвестором как единое целое. Специфика данного портфеля обусловлена характером инвестиционных рисков, реализующихся на рынках государственных облигаций.

В устойчивых экономических системах государство является исключительно надежным эмитентом, характеризующимся наивысшим уровнем кредитоспособности. Поэтому будущие выплаты владельцам государственных облигаций можно считать жестко детерминированными. В этом проявляется основное отличие портфеля государственных облигаций от других видов инвестиционных портфелей, для которых сроки и размеры выплаты доходов носят вероятностный характер.

В то же время портфель государственных облигаций нельзя рассматривать в качестве безрискового. Текущая стоимость портфеля, а также возможности по реинвестированию денежных платежей, поступающих инвестору при погашении облигаций и выплате купонных доходов, полностью определяются рыночными процентными ставками. Поэтому колебания процентных ставок вызывают колебания рыночной стоимости портфеля государственных облигаций и его доходности за период вложений инвестора.

Процентный риск владельца портфеля государственных облигаций представляет собой риск падения рыночной стоимости портфеля на конец периода вложений ниже ожидаемого уровня вследствие неблагоприятного изменения процентных ставок в течение периода вложений. Двумя основными формами проявления процентного риска являются ценовой риск и риск реинвестирования. Реализация ценового риска выражается в падении цен облигаций, входящих в состав портфеля, вследствие роста процентных ставок. Реализация риска реинвестирования выражается в падении доходов от операций по реинвестированию денежных поступлений от портфеля вследствие понижения процентных ставок. Ценовой риск вызван зависимостью текущей стоимости портфеля от текущих значений процентных ставок, а риск реинвестирования – зависимостью будущей стоимости портфеля от ставок реинвестирования денежных поступлений.

Принципиально важным является то обстоятельство, что ценовой риск и риск реинвестирования обычно проявляются при различных изменениях рыночной конъюнктуры. Поэтому ценовой риск и риск реинвестирования диверсифицированного портфеля государственных облигаций частично компенсируют друг друга. Корректируя структуру портфеля, можно добиться появления чрезвычайно важного для инвестора качества объекта вложений – заметного снижения размера процентного риска по сравнению с процентным риском отдельных облигаций, обращающихся на рынке.

Колебания процентных ставок обусловлены влиянием множества факторов, каждый из которых способен оказать решающее воздействие на конечный результат управления портфелем государственных облигаций. Идентификация факторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование и изменение уровня процентных ставок, осуществляется в рамках экономической теории процента.

В экономической теории сформировались два различных концептуальных подхода к анализу механизма, определяющего размер процентной ставки – реальный и денежный. Согласно реальным теориям, процент есть продукт капитала и представляет собой награду за воздержание от текущего потребления. Согласно денежным теориям, процент – это цена денег и компенсация за отказ от ликвидности. По мнению автора, наибольший вклад в формирование реальной теории процента внес И.Фишер[[7]](#footnote-7), а денежной теории процента – Дж.М.Кейнс[[8]](#footnote-8).

Фишер различает номинальную (money rate) и реальную (real rate) процентные ставки. Номинальная процентная ставка используется при заключении сделок на рынке ссудных капиталов и определении цен облигаций. Реальная процентная ставка измеряет доходность ссудной операции с поправкой на изменение покупательной способности денежной единицы с течением времени. На совершенном рынке, участники которого обладают способностью к точной оценке будущего изменения уровня цен, номинальная процентная ставка устанавливается как сумма реальной процентной ставки и ожидаемого темпа инфляции[[9]](#footnote-9).

Основные причины, определяющие размер реальной процентной ставки, Фишер видит во временных предпочтениях (time preference or degree of impatience) рыночных агентов и инвестиционных возможностях общества. В теории Фишера равновесная реальная процентная ставка устанавливается как результат действий рыночных агентов, которые стремятся максимизировать уровень полезности путем перераспределения доходов между текущим и будущими периодами. Регулирование потока доходов осуществляется в результате использования собственных инвестиционных возможностей, а также при помощи заемных и ссудных операций на рынке капитала.

Согласно Фишеру, реальная процентная ставка тем выше, чем ниже текущий уровень национального дохода и чем более высокими темпами происходит его увеличение. Более высокому уровню благосостояния соответствует меньшая склонность к потреблению, а значит, большее предложение ссуд и меньший спрос на займы при любой заданной процентной ставке. Поэтому при увеличении размера национального дохода рыночное равновесие достигается при более низком уровне реальной процентной ставки.

Распределение потока доходов между различными периодами времени также оказывает существенное влияние на временные предпочтения. Если рыночные агенты исходят из предположения об увеличении размера доходов в будущем, они в большей степени склонны прибегать к заимствованиям, которые позволяют обеспечить более равномерное распределение потребления между различными периодами времени. Поэтому реальная процентная ставка возрастает при увеличении темпов роста национального дохода.

Появление новых изобретений расширяет инвестиционные возможности экономики и увеличивает ожидаемые размеры национального дохода после их внедрения. Поэтому в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса формируется долгосрочный тренд, обеспечивающий повышение уровня реальной процентной ставки.

Временные предпочтения рыночных агентов обусловлены экономическим базисом общества и могут претерпевать существенные изменения в ходе осуществления экономических реформ. Формирование эффективной экономической системы, основанной на конкуренции и частной собственности на средства производства, сопровождается уменьшением склонности к текущему потреблению и понижением реальной процентной ставки.

Технологические инновации и экономические реформы определяют долгосрочные тенденции изменения реальной процентной ставки. Однако при определении размера номинальной процентной ставки в краткосрочном периоде ведущую роль играют не эти факторы, а динамика денежной массы в обращении, которая задает направление и скорость изменения уровня цен.

Поскольку временные предпочтения рыночных агентов и инвестиционные возможности общества не могут существенно изменяться в краткосрочном периоде (исключение представляют фазы резких структурных изменений экономической системы), реальная процентная ставка достаточно устойчива. Поэтому на совершенном рынке краткосрочные колебания процентных ставок определяются исключительно динамикой уровня цен, причем разность между номинальной процентной ставкой и ставкой обесценения денежной единицы за период начисления процентов (реальная процентная ставка ex post) остается постоянной.

Однако эмпирические исследования Фишера показали, что реальная процентная ставка ex post совершает существенные колебания. Падение уровня цен сопровождается понижением номинальной процентной ставки и повышением реальной процентной ставки, а рост уровня цен сопровождается повышением номинальной процентной ставки и понижением реальной процентной ставки, которая в таких случаях часто принимает отрицательные значения. При этом процесс корректировки номинальных процентных ставок запаздывает относительно процесса изменения уровня цен.

Фишер приходит к выводу, что существующий механизм корректировки номинальных процентных ставок на размер ожидаемой инфляции весьма несовершенен. Поэтому изменение уровня цен сказывается на процентных ставках косвенным образом – в результате изменения объема спроса на кредитные ресурсы. Рост цен увеличивает размер текущих и перспективных прибылей, что вызывает расширение объема производства, усиление предпочтения текущего потребления по отношению к будущему, появление потребности в привлечении новых займов и как следствие – нарушение равновесия на рынке ссудных капиталов, которое восстанавливается лишь после увеличения размера номинальных процентных ставок.

Мы считаем, что заключение Фишера о несовершенстве механизма корректировки номинальных процентных ставок на размер ожидаемой инфляции отражает практику начала XX века и поэтому носит исторически ограниченный характер. Интенсивное развитие информационных технологий и систем управления на протяжении второй половины XX века привело к повышению эффективности финансовых рынков. В новых условиях корректировка номинальных процентных ставок на размер ожидаемой инфляции стала более полной и более оперативной, а роль динамики инфляционных ожиданий как фактора изменения рыночных процентных ставок существенно возросла.

И.Фишер выявил основные факторы, определяющие уровень реальной процентной ставки в условиях долгосрочного равновесия, и показал зависимость номинальной процентной ставки от динамики инфляционных процессов. Дж.М.Кейнс сделал акцент на денежной природе процентных ставок и их зависимости от субъективных оценок процентного риска активными операторами финансового рынка.

Кейнс решительно отвергает концепцию реальной процентной ставки, определяющейся независимо от состояния денежного рынка. Он считает, что процентная ставка – «это не «цена», уравновешивающая спрос на ресурсы для инвестиций и готовность воздержаться от текущего потребления. Это «цена», которая уравновешивает настойчивое желание удерживать богатство в форме наличных денег с находящимся в обращении количеством денег»[[10]](#footnote-10).

В теории Кейнса процентная ставка устанавливается в результате взаимодействия предложения денег и функции предпочтения ликвидности, отражающей размер спроса на деньги. Функция предпочтения ликвидности L(Y,r) расщепляется на две независимые компоненты L1(Y) и L2(r), первая из которых представляет собой трансакционный спрос и спрос на денежные остатки из соображений предосторожности, а вторая отражает спрос на денежные остатки в спекулятивных целях.

Спрос на денежные остатки, необходимые для финансирования заранее предусмотренных сделок и для создания резерва в целях предосторожности на случай непредвиденных расхождений между доходами и расходами, зависит от уровня денежного дохода Y и не зависит от текущего уровня процентной ставки r. Спекулятивный спрос на денежные остатки, предъявляемый активными операторами финансового рынка, представляет собой убывающую функцию текущей процентной ставки.

Принимая решение об инвестировании денежных средств в государственные облигации, оператор финансового рынка подвергает себя риску отказа от ликвидности: «Если предполагается, что нужда в наличности может возникнуть до истечения n лет, есть риск, что покупка долгосрочного долгового обязательства и последующее его превращение в наличные деньги обернутся убытком по сравнению с простым хранением наличных денег»[[11]](#footnote-11). Это произойдет в случае повышения процентных ставок. Если предположения большинства активных операторов финансового рынка об уровне процентной ставки, который установится в будущем, остаются неизменными, при снижении текущей процентной ставки r ослабляются стимулы к инвестированию денежных средств в облигации и возрастает спекулятивный спрос на денежные остатки. Аргументация Кейнса строится следующим образом: «Во-первых, ... каждое падение r понижает рыночную ставку по отношению к «надежной» ставке и тем самым увеличивает риск отказа от ликвидности. Во-вторых, каждое падение r понижает текущие доходы, полученные в результате отказа от ликвидности и выступающие как своего рода страховая премия, компенсирующая риск убытка по счету капитала»[[12]](#footnote-12).

Спекулятивный спрос на деньги зависит не только от текущего уровня процентной ставки, но и от ожиданий большинства операторов финансового рынка на ближайшую перспективу. Поскольку ожидания могут пересматриваться, спрос на деньги нестабилен, а рыночная процентная ставка резко реагирует на информационные сообщения, поступающие спекулянтам: «Изменения в самой функции ликвидности, вызванные появлением новостей, которые побуждают к пересмотру предположений, зачастую носят скачкообразный характер и поэтому дают импульсы к столь же скачкообразным изменениям ставки процента»[[13]](#footnote-13).

В отличие от Кейнса основоположник монетаризма М.Фридман считает, что спрос на деньги является устойчивой функцией нескольких переменных: «постоянного дохода» (ожидаемого среднего дохода за длительный промежуток времени), ожидаемых ставок доходности активов различных видов, фактического уровня цен и ожидаемого темпа обесценения покупательной способности денежных остатков. При этом роль важнейшего фактора, определяющего колебания процентных ставок, отводится динамике денежной массы. Как утверждает Фридман, «изменение темпа роста денежной массы влияет на процентные ставки первоначально в одном направлении, а затем – в противоположном. Ускорение темпов роста денежной массы сопровождается понижением процентных ставок. Но затем результирующее расширение расходов, а немного позднее – и увеличение темпа инфляции вызывают рост спроса на ссуды, который влечет повышение процентных ставок. Кроме того, более высокая инфляция расширяет разрыв между реальными и номинальными процентными ставками. Поскольку и кредиторы, и заемщики прогнозируют дальнейшее развитие инфляционных процессов, кредиторы требуют, а заемщики соглашаются уплачивать более высокие номинальные процентные ставки, компенсирующие предполагаемое обесценение денежной единицы. Поэтому процентные ставки выше в тех странах, которые характеризуются более высокими темпами роста денежной массы и цен»[[14]](#footnote-14).

В целях сопоставления предсказаний экономической теории и практики наиболее развитых финансовых рынков диссертантом было оценено уравнение регрессионной зависимости процентных ставок по государственным облигациям от нескольких объясняющих переменных. В состав объясняющих переменных вошли текущие и лаговые значения темпов прироста денежной массы, индекса потребительских цен и реального валового внутреннего продукта, а также значения дефицита государственного бюджета и объема государственного долга в процентах от ВВП. При оценке параметров уравнения регрессии были использованы данные Международного валютного фонда[[15]](#footnote-15) о значениях основных макроэкономических показателей 22 индустриально развитых стран[[16]](#footnote-16) за период с 1980 по 1999 годы. В результате было получено следующее уравнение:

Rt =4.21+0.00Mt +0.01Mt-1 +0.51Pt +0.31Pt-1 +0.23Yt +0.09Yt-1 +11.28Dt –5.53Dt-1 +1.13Bt, R2 = 0.7743 (1.1.1)

(t) (12.58) (0.17) (0.92) (7.96) (5.27) (4.19) (1.63) (2.12) (-0.97) (2.14)

где Rt – процентная ставка по государственным облигациям на конец года t, Mt – темп прироста денежного агрегата M2 за год t, Pt – темп прироста индекса потребительских цен за год t, Yt – темп прироста валового внутреннего продукта в постоянных ценах за год t, Dt – отношение дефицита государственного бюджета к ВВП по итогам года t, Bt – отношение объема государственного долга к ВВП на конец года t.

Поскольку значение коэффициента детерминации составило 0.7743, можно предположить, что в составе объясняющих переменных уравнения регрессии представлены все основные факторы, определяющие среднесрочные колебания уровня процентных ставок. Судя по значениям t-статистик, наиболее существенное влияние на процентные ставки оказывает динамика уровня цен. Это наблюдение подтверждает положение теории Фишера, согласно которому в условиях переменной покупательной способности денежной единицы основная часть колебаний процентных ставок обусловлена изменениями уровня цен.

Положительные значения коэффициентов при переменных Yt и Yt-1 позволили автору сделать вывод о существовании прямой зависимости между темпами роста реального национального дохода и уровнем процентных ставок. Согласно теории Фишера, объяснение этого факта заключается в увеличении склонности к текущему потреблению, вызванном предвосхищением будущего роста благосостояния. Согласно теории Кейнса, объяснение заключается в увеличении трансакционного спроса на деньги, вызванном ростом масштабов обмена.

Оцененное нами уравнение регрессии демонстрирует, что существенное влияние на уровень процентных ставок оказывает и характер налогово-бюджетной политики. Чем выше размер бюджетного дефицита и государственного долга, тем более обременительно для правительства его обслуживание и тем выше уровень процентных ставок в стране.

Коэффициенты при темпах прироста денежной массы не являются статистически значимыми. Дело в том, что основные переменные, определяющие размер спроса на деньги, уже учтены в уравнении регрессии в явном виде. Поэтому, как считает диссертант, возникает эффект мультиколлинеарности между темпами прироста денежной массы, уровня цен и реального ВВП. Кроме того, краткосрочный (изменение состояния ликвидности денежного рынка) и среднесрочный (изменение номинального ВВП и трансакционного спроса на деньги) эффекты воздействия денежной массы на уровень процентной ставки частично нейтрализуют друг друга.

При помощи процедуры пошагового регрессионного анализа автор исключил из уравнения (1.1.1) незначимые переменные. В результате было получено уравнение

Rt = 4.35 + 0.51Pt + 0.31Pt-1 + 0.22Yt + 1.00Bt + 6.43Dt + 0.09Yt-1, R2 = 0.7663. (1.1.2)

(t) (13.59) (8.09) (5.44) (4.22) (2.10) (1.93) (1.66)

 Уменьшение числа объясняющих переменных позволило добиться некоторого улучшения уровней значимости оценок коэффициентов регрессии при незначительном снижении коэффициента детерминации. Знаки коэффициентов регрессии при переменных, сохранивших свое присутствие в уравнении, не изменились. Как показывает уравнение (1.1.2), процентные ставки по государственным облигациям связаны прямой зависимостью с темпами роста цен, динамикой реального ВВП, размером дефицита бюджета и объемом государственного долга. Таким образом, прибыльность вложений инвестора в портфель государственных облигаций зависит от характера проводимой макроэкономической политики, а также от общего состояния экономики страны.

Спектр инвестиционных возможностей оператора рынка государственных облигаций включает долговые обязательства с различными сроками до погашения. Поэтому рыночная стоимость портфеля государственных облигаций зависит не только от общего уровня процентных ставок, но и от формы их временной структуры. Временная структура процентных ставок (term structure of the interest rates) представляет собой теоретическую абстракцию, отражающую зависимость спот-ставки[[17]](#footnote-17) (spot rate) от срока вложений.

Научное объяснение формы временной структуры процентных ставок предлагается тремя альтернативными теориями: теорией чистых ожиданий (pure expectations theory), теорией сегментации рынка (market segmentation theory) и теорией временных предпочтений (preferred habitat theory). Согласно теории чистых ожиданий все различия в значениях спот-ставок для различных сроков вложений обусловлены рыночными ожиданиями уровней краткосрочных процентных ставок, которые установятся в будущем. Она включает два основных положения[[18]](#footnote-18):

1. Для любого срока вложений m ожидаемые доходности вложений во все бескупонные облигации равны соответствующей спот-ставке s(m):

, (1.1.3)

где – цена бескупонной облигации со сроком до погашения n-m, которая, как ожидается рынком в начальный момент времени, установится через период времени m, P(n) – цена бескупонной облигации со сроком до погашения n в начальный момент времени.

2. Для любого срока вложений m ожидаемые доходности всех возможных стратегий последовательного реинвестирования денежных средств в краткосрочные бескупонные облигации равны соответствующей спот-ставке s(m):

, (1.1.4)

где – спот-ставка для срока вложений m-τ, которая, как ожидается рынком в начальный момент времени, установится через период времени τ.

Выполнение равенств (1.1.3) и (1.1.4) обеспечивается в результате торговли между инвесторами, не учитывающими процентный риск при принятии решений. Как предполагается в рамках теории чистых ожиданий, участники рынка готовы к мгновенному перемещению денежных средств в финансовый инструмент с наибольшей ожидаемой доходностью для заданного срока вложений, вне зависимости от уровня процентного риска, связанного с этой операцией. В результате ожидаемые доходности всех возможных вариантов вложений на заданный срок уравниваются. При этом спот-ставки для различных сроков вложений могут принимать различные значения, но все расхождения между ними определяются исключительно рыночными ожиданиями будущих изменений краткосрочных процентных ставок.

Если операторы рынка придерживаются предположения, что текущий уровень краткосрочной процентной ставки сохранится и в будущем, временная структура имеет вид горизонтальной прямой. Если они полагают, что в дальнейшем краткосрочная ставка будет возрастать, временная структура приобретает положительный наклон. Предположение о формировании понижательного тренда краткосрочных процентных ставок, принятое большинством инвесторов, влечет превышение текущих краткосрочных процентных ставок над долгосрочными.

Теория чистых ожиданий позволяет объяснить сколь угодно сложную форму временной структуры. В частности, локальный максимум спот-ставок при сроке вложений m объясняется предположением инвесторов о росте краткосрочной ставки в течение периода m и последующем снижении ее уровня. Однако теория чистых ожиданий не может объяснить, почему большую часть времени долгосрочные процентные ставки выше краткосрочных, что,по мнению диссертанта, ставит под сомнение ее адекватность практике большинства финансовых рынков.

Если рынок корректно описывается теорией чистых ожиданий, то текущая временная структура процентных ставок позволяет определить рыночные ожидания уровней спот–ставок для различных будущих периодов времени. Оценки будущих спот-ставок, полученные в предположении выполнения условий теории чистых ожиданий, получили название форвардных процентных ставок (forward rates). Форвардная ставка, соответствующая будущему периоду (t,t+τ), определяется по формуле

. (1.1.5)

Мгновенная форвардная ставка f(t) определяется в результате предельного перехода

. (1.1.6)

Радикальной альтернативой теории чистых ожиданий выступает теория сегментации[[19]](#footnote-19), согласно которой определяющую роль на рынке играют не спекулянты, испытывающие нейтральное отношение к процентному риску и стремящиеся максимизировать прибыль, используя собственные прогнозы динамики процентных ставок, а хеджеры, стремящиеся минимизировать уровень процентного риска при помощи точной балансировки портфелей своих активов и обязательств. Как утверждают сторонники теории сегментации, форму временной структуры процентных ставок можно объяснить исходя из интересов крупных институциональных инвесторов, выступающих владельцами большей части облигаций. Коммерческие банки, ведущие расчетные счета и привлекающие средства на короткие сроки, предъявляют спрос главным образом на краткосрочные инструменты. Компании по страхованию ответственности и имущественных рисков заинтересованы прежде всего в среднесрочных объектах вложений, а пенсионные фонды и компании по страхованию жизни формируют основной спрос на долгосрочные облигации. Переток средств между сегментами рынка ограничен и может произойти лишь в случае существенной деформации временной структуры процентных ставок.

Поскольку эмитент облигаций заинтересован в увеличении сроков заимствования, а спектр интересов институциональных инвесторов смещен в сторону краткосрочных инструментов, в большинстве случаев равновесие на рынке устанавливается при превышении долгосрочных процентных ставок над краткосрочными. Усиление позиций долгосрочных инвесторов – страховых компаний и пенсионных фондов – способно деформировать временную структуру процентных ставок, существенно уменьшив тангенс угла ее наклона.

Таким образом, теория сегментации рынка объясняет форму временной структуры процентных ставок не характером прогнозов большинства инвесторов, а соотношением спроса и предложения долговых инструментов различной срочности, рынки которых независимы друг от друга. Поэтому она не позволяет вывести оценки будущих изменений рыночной конъюнктуры из текущей временной структуры процентных ставок.

По мнению диссертанта, теория чистых ожиданий и теория сегментации рынка основаны на весьма жестких и нереалистичных предпосылках, несовместимых между собой. Компромисс между утверждениями, выступающими фундаментом этих концепций, достигается в рамках теории временных предпочтений. Согласно теории временных предпочтений, инвесторам присуще стремление к устранению процентного риска, которое у большинства из них, впрочем, не носит абсолютного характера[[20]](#footnote-20). Принятие определенного уровня риска считается допустимым, если оно компенсируется адекватным приращением ожидаемой доходности вложений.

В результате равновесная временная структура процентных ставок определяется как рыночными ожиданиями, так и временными предпочтениями инвесторов. Эффект временных предпочтений находит выражение в феномене временной премии (term or liquidity premium), которая определяет расхождение между процентными ставками для различных сроков вложений, не обусловленное рыночными ожиданиями будущих изменений конъюнктуры, а также размер вознаграждения за риск, связанный с размещением средств в финансовые инструменты, сроки платежа по которым не совпадают со сроками вложений инвесторов.

Анализ реакции временной структуры процентных ставок на динамику экономической активности в рамках делового цикла, проведенный М.Ниемирой[[21]](#footnote-21), дает косвенное подтверждение адекватности теории временных предпочтений. В начале делового цикла временная структура характеризуется положительным наклоном. По мере того, как экономика отдаляется от нижней точки делового цикла, временная структура поднимается параллельно вверх, отражая рост спроса на кредитные ресурсы. Однако при переходе от фазы восстановления к фазе расширения форма временной структуры процентных ставок начинает изменяться.

Краткосрочные ставки продолжают расти, в то время как долгосрочные ставки несколько уменьшаются. Инвесторы понимают, что через какое-то время спрос на кредитные ресурсы перестанет расти, а пик краткосрочных ставок будет пройден. Это приводит к частичному инвертированию временной структуры, когда среднесрочные процентные ставки начинают превышать долгосрочные. Процесс продолжается вплоть до достижения пика делового цикла, когда вся временная структура процентных ставок на некоторое время приобретает отрицательный наклон. Здесь ожидания падения краткосрочных ставок чрезвычайно сильны, и они доминируют над временными предпочтениями инвесторов.

После прохождения пика долгосрочные процентные ставки поднимаются, а краткосрочные ставки практически не меняются, поэтому временная структура процентных ставок выравнивается. По мере распознавания симптомов спада происходит смягчение денежно-кредитной политики, и краткосрочные ставки резко падают. Долгосрочные ставки, в меньшей степени подверженные воздействию денежной политики, тоже снижаются, но на гораздо меньшую величину. Дело в том, что инвесторы предвосхищают наступление периода подъема следующего делового цикла, когда спрос на кредитные ресурсы и краткосрочные процентные ставки начнут подниматься. После прохождения нижней точки делового цикла процентные ставки достигают своего минимума, а временная структура вновь приобретает четко выраженный положительный наклон.

Поскольку большинство инвесторов осуществляют краткосрочные операции, их временные предпочтения смещены в сторону коротких инструментов. Поэтому на большинстве фаз делового цикла долгосрочные ставки превышают краткосрочные ставки.

По мнению диссертанта, теория временных предпочтений обладает двумя важными достоинствами, которые позволяют отдать ей предпочтение перед теориями чистых ожиданий и сегментации рынка. Во-первых, ее предсказания согласуются с практикой большинства финансовых рынков (что не выполняется для теории чистых ожиданий). Во-вторых, она позволяет получать оценки будущих изменений процентных ставок на основе информации о временной структуре (что не выполняется для теории сегментации рынка). Поэтому при решении теоретических и прикладных проблем управления процентным риском портфеля государственных облигаций целесообразно использовать теорию временных предпочтений, а не ее альтернативы.

Реакция цены[[22]](#footnote-22) облигации на сдвиг временной структуры процентных ставок во многом определяется собственными параметрами облигации. Как показал Б.Малкиел, изменчивость цены облигации зависит от ее срока до погашения, купонной ставки и частоты выплаты купонов[[23]](#footnote-23). Согласно теореме Хопвелла–Кауфмана[[24]](#footnote-24), изменчивость цены облигации прямо пропорциональна ее дюрации Маколея.

Показатель дюрации (duration) был предложен американским экономистом Ф.Маколеем[[25]](#footnote-25) для измерения эффективной срочности финансовых инструментов с фиксированным доходом. Дюрация рассчитывается как средний срок до получения денежных выплат инвестору, взвешенный по их приведенной стоимости. В качестве ставки дисконтирования Маколей использовал внутреннюю норму доходности финансового инструмента, или его доходность к погашению.

При непрерывном начислении процентов доходность к погашению yj определяется как решение уравнения

, (1.1.7)

где Pj – текущая рыночная цена финансового инструмента j, CFji – денежный платеж по финансовому инструменту j через период времени ti.

Тогда формула дюрации Маколея записывается как

. (1.1.8)

Как свидетельствует уравнение (1.1.8), дюрация бескупонной облигации совпадает с ее сроком до погашения. Дюрация купонной облигации меньше ее срока до погашения, причем это расхождение возрастает по мере увеличения срочности облигации, а также размера выплачиваемых купонов.

Существенной особенностью дюрации Маколея является ее жесткая привязка к внутреннему параметру финансового инструмента – доходности к погашению – и относительная независимость от сложившейся рыночной конъюнктуры. Какой бы ни была форма временной структуры процентных ставок, все денежные поступления от одного финансового инструмента дисконтируются по одной и той же ставке, равной его доходности к погашению. В то же время одновременные денежные платежи по финансовым инструментам с одинаковым уровнем кредитного риска, но с различной доходностью к погашению, дисконтируются по различным ставкам. Сам Маколей осознавал этот недостаток предложенного показателя, но полагал, что практическое осуществление корректной процедуры дисконтирования невозможно в связи с непреодолимостью трудностей, связанных с построением временной структуры процентных ставок.

Продифференцировав цену облигации по ее доходности к погашению, М.Хопвелл и Г.Кауфман показали, что для заданного изменения доходности к погашению процентное изменение цены облигации прямо пропорционально ее дюрации:

. (1.1.9)

Дюрация позволяет приближенно оценивать реакцию цены облигации на изменение доходности к погашению, используя простое линейное уравнение. Чем больше значение показателя дюрации, тем выше чувствительность цены облигации к изменению доходности к погашению и тем существеннее потери инвестора в случае неблагоприятного сдвига временной структуры процентных ставок.

Однако функциональная зависимость между ценой облигации и ее доходностью к погашению не является линейной: цена облигации более чувствительна к снижению доходности к погашению, нежели к ее увеличению, а облигации с одинаковой дюрацией по-разному реагируют на большие изменения доходности к погашению. C.Диллер и Р.Даттатрейа проиллюстрировали эти эффекты при помощи разложения в ряд Тейлора функции зависимости цены облигации от ее доходности к погашению[[26]](#footnote-26):

. (1.1.10)

Отсюда

, (1.1.11)

где выпуклость (convexity) облигации Сj определяется из условия

. (1.1.12)

Чем больше выпуклость облигации, тем меньше потери инвестора в случае роста процентных ставок и тем больше его выигрыш в случае падения процентных ставок. Облигации с большой выпуклостью обладают чертами опциона: они позволяют ограничить размер потерь при неблагоприятном изменении рыночной конъюнктуры, сохраняя при этом возможность получения прибыли при благоприятном сдвиге временной структуры.

Анализ зависимости цены облигации от ее доходности к погашению позволяет получить простые показатели, отражающие чувствительность ценных бумаг с фиксированным доходом к колебаниям процентных ставок – дюрацию Маколея и выпуклость. Однако, по мнению диссертанта, такой подход обладает двумя существенными недостатками. Во-первых, использование в формулах такого параметра облигации, как доходность к погашению, исключает возможность точного выражения характеристик портфеля через характеристики отдельных финансовых инструментов, входящих в его состав. Во-вторых, он не позволяет исследовать реакцию цен облигаций и рыночной стоимости портфеля на изменение формы временной структуры процентных ставок.

Возможный способ устранения этих недостатков, предлагаемый автором, заключается в использовании параметрической модели временной структуры процентных ставок, отражающей наиболее существенные особенности сложившейся зависимости между спот-ставкой и сроком вложений. В частности, временную структуру процентных ставок можно аппроксимировать уравнением вида

, (1.1.13)

где параметр a описывает уровень краткосрочной процентной ставки, а параметр b – наклон временной структуры процентных ставок.

Тогда рыночную стоимость портфеля облигаций можно представить как

, (1.1.14)

где CFi – денежное поступление от портфеля через период времени ti.

Дифференцируя функцию MV(a,b) по параметрам временной структуры процентных ставок a и b, можно получить показатели чувствительности рыночной стоимости портфеля к параллельному сдвигу временной структуры процентных ставок, а также к изменению ее наклона:

, (1.1.15)

. (1.1.16)

По аналогии с дюрацией Маколея можно определить

, (1.1.17)

, (1.1.18)

где Da – дюрация по параметру уровня процентных ставок, Db – дюрация по параметру наклона временной структуры процентных ставок. Тогда

. (1.1.19)

Сравнение (1.1.17) и (1.1.18) показывает, что краткосрочные облигации более чувствительны к изменению уровня процентных ставок, а долгосрочные – к изменению наклона временной структуры процентных ставок. Поскольку факторы дисконтирования в формулах (1.1.17) и (1.1.18) используют характеристики временной структуры процентных ставок, а не доходности к погашению отдельных облигаций, дюрацию портфеля можно точно выразить через дюрации инструментов, входящих в его состав:

, (1.1.20)

где Da(b) – дюрация портфеля по параметру временной структуры процентных ставок a(b), – дюрация облигации выпуска j по параметру a(b), xj – доля вложений в облигации выпуска j в рыночной стоимости портфеля.

Использование логарифмической модели временной структуры процентных ставок, предложенной автором, позволяет получить показатели чувствительности, выражающие зависимость рыночной стоимости портфеля облигаций от общих факторов процентного риска, а также увеличить число анализируемых источников риска, включив в рассмотрение наклон временной структуры. Однако и этот подход не лишен недостатков. Дело в том, что правомерность его применения существенно зависит от соответствия параметрической формы (1.1.13) реальной временной структуре процентных ставок, сложившейся в данный момент на рынке.

Другое решение проблемы анализа чувствительности цен облигаций к сдвигам временной структуры процентных ставок было предложено Э.Элтоном, М.Грубером и Р.Микаэли[[27]](#footnote-27). Они предложили модифицировать уравнение Хопвелла–Кауфмана, включив в рассмотрение один или несколько общих факторов риска вместо доходности облигации к погашению:

, (1.1.21)

где Fk – общие факторы процентного риска, некоррелированные между собой.

В качестве первого фактора Элтон, Грубер и Микаэли предложили использовать спот­–ставку заданной срочности, отражающую общий уровень процентных ставок, а в качестве второго фактора – спред между долгосрочной и краткосрочной спот–ставками, отражающий наклон временной структуры.

Уравнение Элтона–Грубера–Микаэли выражает зависимость цены облигации от общих факторов, определяющих изменение временной структуры процентных ставок, и позволяет давать приближенные оценки выигрыша или потерь инвестора при изменении одного из параметров временной структуры. Однако, как считает диссертант, существенным недостатком такого подхода является невозможность точной оценки производных доходности к погашению по общим факторам процентного риска.

Метод, предложенный Элтоном, Грубером и Микаэли, состоит в расчете коэффициентов регрессии спот-ставки для срока вложений, равного дюрации облигации, по общим факторам процентного риска. Но спот–ставка для срока вложений, равного дюрации облигации, не является точным аналогом ее доходности к погашению. В самом деле, любое смещение временной структуры процентных ставок влечет изменения спот–ставки заданной срочности и доходности облигации к погашению, которые обычно не совпадают по абсолютной величине, а также изменение дюрации облигации. Поэтому мы считаем, что корректное решение проблемы анализа чувствительности рыночной стоимости портфеля облигаций к сдвигам временной структуры процентных ставок может быть получено только в случае отказа от использования доходности к погашению при дисконтировании денежных выплат по облигациям.

Колебания процентных ставок подвергают владельца портфеля государственных облигаций процентному риску. Основными факторами, определяющими изменения уровня процентных ставок, являются расширение денежной массы, динамика уровня цен, темп роста национального дохода, состояние государственного бюджета. Форма временной структуры процентных ставок реагирует на изменения ожиданий и временных предпочтений инвесторов. Амплитуда колебаний рыночной стоимости портфеля облигаций определяется дюрациями долговых обязательств, входящих в его состав, и степенью изменчивости общих факторов процентного риска.

**1.2. Классическая теория иммунизации процентного риска портфеля облигаций.**

Классическая теория управления процентным риском вырабатывает конкретные рекомендации по формированию структуры портфеля для инвестора, характеризующегося абсолютным неприятием процентного риска и стремлением к полному его устранению. Такая постановка проблемы восходит к пионерным исследованиям середины XX века, в которых предлагалась и обосновывалась стратегия защиты рыночной стоимости капитала финансового института от колебаний общего уровня процентных ставок. Наиболее значимыми среди них были исследования лауреата Нобелевской премии по экономике П.Самуэльсона в области оценки и регулирования процентного риска коммерческого банка[[28]](#footnote-28) и английского актуария Ф.Редингтона в области иммунизации процентного риска страховой компании[[29]](#footnote-29). В 1971 г. Л.Фишер и Р.Вейл модифицировали эту методологию и адаптировали ее к проблеме управления процентным риском портфеля облигаций[[30]](#footnote-30).

Термин «иммунизация» (immunization), впервые введенный Редингтоном, используется для обозначения метода устранения процентного риска, основанного на точной балансировке ценового риска и риска реинвестирования. Модель иммунизации Самуэльсона–Редингтона позволяет обеспечить защиту от риска, которому параллельные сдвиги горизонтальной временной структуры процентных ставок подвергают рыночную стоимость капитала финансового института.

Пусть финансовый институт располагает набором требований на получение денежных платежей в размере через периоды времени и набором обязательств по выплате денежных средств в размере через периоды времени . Пусть временная структура процентных ставок горизонтальна, то есть процентная ставка постоянна для всех сроков размещения денежных средств. Тогда рыночная стоимость капитала финансового института определяется как

, (1.2.1)

где r – непрерывно начисляемая процентная ставка.

Финансовый институт иммунизирован от неблагоприятных изменений значения процентной ставки, если рыночная стоимость его капитала не может упасть ниже уровня, соответствующего начальной процентной ставке r0. Это означает, что глобальный минимум функции E(r) должен достигаться при r=r0. Для этого достаточно выполнения двух условий, которые получили название условий иммунизации первого и второго порядка:

1) , (1.2.2)

2) . (1.2.3)

Первое условие иммунизации, предложенное Самуэльсоном, обеспечивает равенство средних сроков размещения активов и привлечения заемных средств, взвешенных по приведенной стоимости каждого актива и обязательства. Если это условие не выполняется, финансовый институт испытывает подверженность процентному риску. Как показал Самуэльсон, повышение процентных ставок увеличивает прибыль финансового института, средний срок привлечения заемных средств у которого больше среднего срока размещения ресурсов в активные операции, и влечет убытки у финансового института, средний срок привлечения заемных средств у которого меньше среднего срока размещения ресурсов в активные операции. Понижение процентных ставок увеличивает прибыль финансового института, средний срок привлечения заемных средств у которого меньше среднего срока размещения ресурсов в активные операции, и влечет убытки у финансового института, средний срок привлечения заемных средств у которого больше среднего срока размещения ресурсов в активные операции.

Второе условие иммунизации, введенное Редингтоном, обеспечивает превышение дисперсии активов над дисперсией обязательств финансового института. Если это условие выполнено, финансовый институт полностью защищен от возможных убытков, но сохраняет шансы на получение дополнительной прибыли при существенном изменении уровня процентных ставок. Для иммунизированного финансового института наименее благоприятный сценарий развития событий заключается в сохранении значения процентной ставки на прежнем уровне – в этом случае рыночная стоимость капитала останется неизменной. Любое изменение процентной ставки принесет дополнительную прибыль, размер которой будет тем больше, чем шире распределены денежные поступления от портфеля активов, чем больше сконцентрированы денежные платежи по портфелю обязательств и чем существеннее изменится значение процентной ставки.

В 1957 г. Д.Дюранд показал[[31]](#footnote-31), что если рыночная стоимость капитала равна нулю, то есть если активы финансируются исключительно путем использования заемных средств, условия иммунизации можно записать как

1) , (1.2.4)

2) , (1.2.5)

где – дюрация портфеля активов финансового института,

 – дюрация портфеля обязательств финансового института,

 – дисперсия сроков поступлений по портфелю активов,

 – дисперсия сроков платежей по портфелю обязательств.

Таким образом, первое условие иммунизации рыночной стоимости капитала финансового института требует согласования дюрации активов и дюрации обязательств. Условие иммунизации второго порядка требует превышения дисперсии сроков поступлений от портфеля активов над дисперсией сроков платежей по портфелю обязательств.

Концептуальный подход, разработанный П.Самуэльсоном и Ф.Редингтоном при решении задачи иммунизации рыночной стоимости капитала финансового института, оказался применимым и при решении задачи иммунизации портфеля облигаций, которое впервые было предложено Л.Фишером и Р.Вейлом. Однако специфика рынка облигаций потребовала переформулировки проблемы, а также использования новых допущений.

Фишер и Вейл предположили, что проблема инвестора состоит в поиске структуры портфеля, доходность которого за заданный период времени не может упасть ниже соответствующей спот-ставки. При этом они отказались от допущения, что временная структура процентных ставок горизонтальна.

Когда временная структура процентных ставок горизонтальна, все ставки реинвестирования и дисконтирования равны единой рыночной процентной ставке. Отказ от предположения о горизонтальной форме временной структуры процентных ставок порождает необходимость введения допущений о том, какие ставки будут использоваться при реинвестировании поступлений от портфеля, полученных в течение периода вложений, и о том, какие ставки будут использоваться на дату окончания периода вложений при дисконтировании неполученных денежных платежей. Для того, чтобы получить возможность оперировать с будущими ставками реинвестирования и дисконтирования, Фишер и Вейл предположили, что рынок адекватно описывается теорией чистых ожиданий.

На рынке, удовлетворяющем условиям теории чистых ожиданий, ожидаемая доходность любого сформированного портфеля за период m равна текущей спот-ставке s(m). Стоимость портфеля через период m можно выразить через текущую временную структуру форвардных ставок при помощи формулы

, (1.2.6)

где – наращенная стоимость полученных и реинвестированных денежных платежей через период m, – дисконтированная стоимость неполученных денежных платежей через период m.

Стоимость портфеля на конец периода вложений, а значит, и его доходность, могут изменяться в результате сдвига форвардных ставок. В случае падения форвардных ставок происходит сокращение доходов инвестора по операциям реинвестирования денежных платежей, полученных в течение периода вложений, но возрастает дисконтированная стоимость неполученных платежей. В случае роста форвардных ставок возрастают доходы инвестора по реинвестиционным операциям, но падает дисконтированная стоимость неполученных платежей. Процентный риск можно устранить точной балансировкой ценового риска и риска реинвестирования.

Модель иммунизации Фишера–Вейла, отказываясь от допущения о горизонтальной форме временной структуры процентных ставок, сохраняет ограничение класса ее допустимых перемещений параллельными сдвигами. Как следует из определения форвардной ставки, параллельный сдвиг временной структуры спот-ставок вызывает параллельный сдвиг временной структуры форвардных ставок. Действительно, пусть сдвиг временной структуры спот-ставок описывается уравнением

. (1.2.7)

Тогда сдвиг временной структуры форвардных ставок можно представить в виде

. (1.2.8)

Портфель считается иммунизированным для срока вложений m, если его доходность за этот период не может понизиться в результате сдвига временной структуры процентных ставок в начальный момент времени. Поэтому стоимость иммунизированного портфеля через период m не может упасть ниже уровня FV(0), который будет достигнут при сохранении начальных значений форвардных ставок на неизменном уровне. Отсюда для любого иммунизированного портфеля должно выполняться неравенство

. (1.2.9)

При λ=0 это неравенство выполняется для любого сформированного портфеля, т.к. G(0)=1. Поэтому оно выполняется и на всей области определения функции G(λ), если в точке λ=0 достигается глобальный минимум данной функции. Для этого достаточно выполнения условий иммунизации первого и второго порядка

1) , (1.2.10)

2) . (1.2.11)

Дифференцируя функцию G(λ), имеем

, (1.2.12)

. (1.2.13)

Поскольку и числитель, и знаменатель формулы (1.2.13) не содержат отрицательных членов, условие иммунизации второго порядка выполняется для любого портфеля. Условие иммунизации первого порядка выполняется лишь для подмножества портфелей, структура которых удовлетворяет ограничению вида

. (1.2.14)

Отсюда

. (1.2.15)

Поскольку

, (1.2.16)

, (1.2.17)

, (1.2.18)

, (1.2.19)

где – дюрация Фишера-Вейла, которая, в отличие от дюрации Маколея, использует различные ставки для дисконтирования денежных платежей с различными сроками выплаты. В рамках теории иммунизации дюрация рассматривается как такой период вложений, для которого доходность портфеля облигаций не может упасть вследствие неблагоприятного сдвига временной структуры процентных ставок в начальный момент времени.

Условие иммунизации первого порядка, обеспечивающее равенство дюрации портфеля и срока вложений инвестора, является лишь одним из двух уравнений, задающих множество допустимых иммунизированных портфелей. Второе уравнение носит характер бюджетного ограничения. Оно определяет невозможность открытия позиций, выходящих за рамки финансовых ресурсов инвестора, выделенных на формирование портфеля. Поэтому система уравнений, задающих множество решений задачи иммунизации, имеет вид

, (1.2.20)

, (1.2.21)

, (1.2.22)

, (1.2.23)

где J – число выпусков облигаций, обращающихся на рынке, j – порядковый номер выпуска, xj – доля вложений в облигации выпуска j в рыночной стоимости портфеля, CFji – размер денежных поступлений по облигации выпуска j в момент времени ti, – дюрация Фишера–Вейла облигации выпуска j.

Дюрация портфеля равна скалярному произведению векторов долей вложений в облигации различных выпусков xj и их дюраций , поскольку

, (1.2.24)

где qj – число облигаций выпуска j, включенных в состав портфеля.

Так как структура допустимых решений задачи иммунизации определяется двумя уравнениями, в невырожденном случае, когда на рынке не обращается бескупонная облигация со сроком до погашения, совпадающим с периодом вложений инвестора, осуществление иммунизации предполагает включение в портфель как минимум двух различных выпусков. При этом дюрация одного из выпусков должна быть меньше, а другого – больше срока вложений инвестора.

Если дюрации всех облигаций, обращающихся на рынке, превышают срок вложений инвестора, то условие иммунизации первого порядка не может быть выполнено. В самом деле, тогда при любой структуре портфеля выполняется неравенство

, (1.2.25)

что исключает возможность выполнения равенства (1.2.20). Условие иммунизации первого порядка не может быть выполнено и тогда, когда дюрации всех финансовых инструментов меньше срока вложений инвестора. Таким образом, возможность осуществления иммунизации определяется спектром финансовых инструментов, из которых может формироваться портфель инвестора.

В модели Фишера–Вейла зависимость доходности вложений от сдвига временной структуры процентных ставок определяется дюрацией портфеля, сроком вложений и характером распределения денежных поступлений от портфеля вокруг даты окончания периода вложений.Для исследования этих эффектовавтор предлагаетвоспользоваться разложениембудущей стоимости портфеля FV(λ) в ряд Маклорена:

. (1.2.26)

Поскольку

, (1.2.27)

, (1.2.28)

. (1.2.29)

Подставляя (1.2.16), (1.2.17) и λ=0 в (1.2.27), (1.2.28) и (1.2.29), имеем

, (1.2.30)

, (1.2.31)

. (1.2.32)

Отсюда деление членов уравнения (1.2.26) на FV(0) дает

, (1.2.33)

где . (1.2.34)

Регулируя структуру портфеля, инвестор не может изменить ожидаемую доходность вложений s(m) и ожидаемую стоимость портфеля через период m FV(0). Но*,* как показывает уравнение (1.2.33), полученное автором, инвестор может изменить зависимость доходности вложений от размера сдвига форвардных ставок λ, или скорректировать профиль риска портфеля, управляя значениями показателей DFW и М2.

*Рис.1.2.1. Профили риска иммунизированного и неиммунизированного портфелей.*

Рис.1.2.1 демонстрирует различие профилей риска иммунизированного и неиммунизированного портфелей. Иммунизированный портфель полностью защищен от процентного риска: его доходность не может опуститься ниже уровня s(m). Любой допустимый сдвиг временной структуры форвардных ставок вызывает рост доходности вложений, причем этот эффект проявляется тем сильнее, чем больше значение параметра портфеля М2. Поэтому среди всех иммунизированных портфелей наиболее эффективным является портфель с наибольшим значением показателя М2.

Неиммунизированный портфель характеризуется процентным риском, однако величина возможных потерь по нему ограничена. Чтобы дать ее количественную оценку, представим выражение (1.2.33) в виде

. (1.2.35)

Поэтому

. (1.2.36)

Неравенство (1.2.36), выведенное диссертантом, свидетельствует, что размер максимальных потерь по неиммунизированному портфелю тем больше, чем больше расхождение между дюрацией портфеля и сроком вложений инвестора и чем меньше рассеяние денежных поступлений по портфелю вокруг даты окончания периода вложений.

Хотя неиммунизированный портфель не обеспечивает защиты от процентного риска, он может выглядеть привлекательным в глазах такого инвестора, чья оценка будущих изменений конъюнктуры существенно отлична от среднерыночной. Дело в том, что при λ<0 неиммунизированные портфели с DFW>m обеспечивают большую доходность вложений по сравнению с иммунизированными, а при λ>0 наиболее эффективными оказываются неиммунизированные портфели с DFW<m.

Несмотря на свое весомое теоретическое значение, модель иммунизации Фишера–Вейла крайне редко используется на практике и описывается в учебной литературе. Гораздо более широкое признание завоевала эвристическая модель иммунизации, совершенно неудовлетворительная с точки зрения своей теоретической обоснованности. Данная модель исходит из предположения, что правило согласования срока вложений с дюрацией Маколея формируемого портфеля обеспечивает иммунизацию доходности вложений в самых различных рыночных условиях, то есть при различных начальных состояниях временной структуры процентных ставок и при различных формах и траекториях ее последующих сдвигов.

Согласно концепции Маколея, расчет дюрации портфеля должен основываться на предварительном расчете его внутренней ставки доходности и последующем дисконтировании по этой ставке всех денежных требований, обеспечиваемых портфелем. Поскольку дюрации Маколея различных финансовых инструментов используют различные ставки дисконтирования, дюрация портфеля не может быть выражена аналитически через дюрации облигаций, входящих в его состав. Однако по общепринятому соглашению принимается иное определение дюрации портфеля, неадекватное концепции Маколея, но удобное с точки зрения простоты осуществляемых расчетов:

. (1.2.37)

Тогда система уравнений, определяющих множество допустимых иммунизированных портфелей, приобретает следующий вид:

, (1.2.38)

, (1.2.39)

. (1.2.40)

В случае, когда временная структура процентных ставок является горизонтальной, эвристическая модель иммунизации эквивалентна модели Фишера–Вейла, а значит, приведение дюрации Маколея портфеля в соответствие со сроком вложений инвестора обеспечивает корректное решение задачи иммунизации. Однако при нарушении условия горизонтальности временной структуры процентных ставок способность эвристической модели к устранению процентного риска перестает быть теоретически обоснованной.

По мнению Р.Даттатрейа и Ф.Фабоззи[[32]](#footnote-32), использование дюрации Маколея приводит к неадекватным представлениям о закономерностях рынка облигаций. Результатом является открытие ошибочно специфицированных позиций по процентному риску и непредвиденное снижение доходности вложений в случае неблагоприятных перемещений временной структуры процентных ставок. Для обоснования своей позиции они приводят целый ряд примеров, доказывающих, что при определенной форме временной структуры процентных ставок эвристическая модель не обеспечивает решение задачи иммунизации.

Сторонники противоположной точки зрения обращаются к эмпирическим тестам, используемым для измерения изменчивости дохода при использовании эвристической модели иммунизации. Как показывают работы Платта и Тоевса[[33]](#footnote-33), Галтекина и Рогальски[[34]](#footnote-34), Бальбаса и Ибанеза[[35]](#footnote-35), эвристическая модель иммунизации обеспечивала вполне надежную защиту инвестора от неблагоприятных сдвигов процентных ставок на рынке обязательств Казначейства США в различные периоды времени. Результаты этих тестов привели к признанию «парадокса дюрации» (duration paradox), согласно которому модель, недостаточно обоснованная теоретически, на практике обеспечивает вполне приемлемое уменьшение уровня процентного риска.

Мы полагаем, что секрет успеха эвристической модели заключается в том, что она позволяет решить главную задачу – сформировать портфель, для которого ценовой риск и риск реинвестирования являются сопоставимыми по величине и отрицательно коррелированными друг с другом. Поэтому возможности дальнейшего уменьшения уровня процентного риска за счет использования более точных моделей крайне ограничены. Однако их разработка позволяет дать более глубокое представление о механизме воздействия перемещений временной структуры процентных ставок на доходность портфелей облигаций, выделить факторы, определяющие уровень процентного риска, и оценить меру адекватности эвристической модели сложившимся рыночным условиям.

Эффективность метода устранения процентного риска, вытекающего из модели Фишера–Вейла, во многом определяется степенью соответствия между допущением о параллельном характере перемещений временной структуры и реальными сдвигами процентных ставок на рынке облигаций. Дж.Кокс, Дж.Ингерсолл и С.Росс привели весомый теоретический аргумент в пользу утверждения о некорректности ограничения класса допустимых перемещений временной структуры параллельными сдвигами[[36]](#footnote-36). Они показали, что рынок, на котором допустимыми являются только параллельные сдвиги временной структуры процентных ставок, не предоставляет инвесторам возможности систематического осуществления безрискового арбитража лишь при условии, что временная структура процентных ставок описывается квадратичной функцией вида

, (1.2.41)

где r – мгновенная процентная ставка, – волатильность фактора параллельного сдвига временной структуры процентных ставок λ.

Подавляющее большинство рынков облигаций характеризуются как невозможностью систематического осуществления арбитражных операций, так и невозможностью аппроксимации временной структуры процентных ставок функцией вида (1.2.41) с высокой степенью точности. Поэтому ограничение класса допустимых перемещений временной структуры параллельными сдвигами ведет к противоречию, которое можно разрешить, лишь допустив возможность непараллельных сдвигов. Следовательно, можно заключить, что на большинстве рынков облигаций использование метода иммунизации Фишера–Вейла не позволяет обеспечить полное устранение процентного риска.

Если модель параллельного сдвига является хорошим приближением при описании реального процесса изменений временной структуры процентных ставок, то размер возможных потерь минимален. Напротив, если наблюдаемые перемещения временной структуры существенно отличны от параллельных сдвигов, то размер возможных потерь недопустимо велик.

При сдвигах временной структуры форвардных ставок, отличных от параллельного, доходность портфеля, иммунизированного по методу Фишера-Вейла, может оказаться ниже спот-ставки для срока вложений m s(m) на момент формирования портфеля. По мнению автора, особую опасность представляют такие сдвиги процентных ставок, при которых наклон временной структуры увеличивается, то есть когда краткосрочные ставки снижаются, а долгосрочные ­– возрастают. В этом случае падают как доходы по операциям реинвестирования денежных платежей, полученных в течение периода вложений, так и дисконтированная стоимость неполученных денежных платежей на дату окончания периода вложений, что означает одновременную реализацию ценового риска и риска реинвестирования. В результате стоимость портфеля на конец периода вложений оказывается существенно ниже ожидаемой. Размер потерь особенно велик, если денежные выплаты инвестору, обеспечиваемые портфелем, сильно распределены во времени. Напротив, доходность портфелей, поступления по которым сконцентрированы в окрестности даты окончания периода вложений, не может претерпеть существенных изменений.

Количественная оценка величины максимального падения стоимости иммунизированного портфеля на дату окончания периода вложений в результате непараллельного перемещения временной структуры процентных ставок в начальный момент времени дается неравенством Фонга-Васичека[[37]](#footnote-37). Если для любого возможного сдвига временной структуры мгновенных форвардных ставок Δf(t) выполняется условие

, (1.2.42)

то стоимость иммунизированного портфеля на дату окончания периода вложений удовлетворяет неравенству

, (1.2.43)

где FV0 – стоимость иммунизированного портфеля на дату окончания периода вложений при сохранении начальной временной структуры форвардных ставок, FV\* – стоимость иммунизированного портфеля на дату окончания периода вложений после перемещения временной структуры форвардных ставок в начальный момент времени.

Если допущение о параллельном характере перемещений временной структуры процентных ставок является корректным, Δf(t)=λ ∀t при любом сдвиге. Тогда , а доходность иммунизированного портфеля не может упасть ниже уровня s(m). Если же допущение о параллельном характере перемещений временной структуры процентных ставок оказывается некорректным, Δf(tg)<>Δf(th), , а доходность иммунизированного портфеля может упасть ниже уровня s(m). Показатель M2 определяет размер возможных потерь, которые инвестор может понести в результате непараллельного сдвига временной структуры процентных ставок, не принимаемого во внимание при выводе условия иммунизации Фишера–Вейла.

Как следует из модели Фишера–Вейла, наиболее эффективным среди всех иммунизированных портфелей является портфель с наибольшим значением показателя M2, поскольку он обеспечивает наибольшее приращение доходности вложений при параллельных сдвигах временной структуры процентных ставок. Как следует из неравенства Фонга–Васичека, наиболее эффективным среди всех иммунизированных портфелей является портфель с наименьшим значением показателя M2, поскольку он в наибольшей степени защищен от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок. Таким образом, критерии оптимизации структуры иммунизированного портфеля, вытекающие из модели Фишера–Вейла и из неравенства Фонга–Васичека, являются прямо противоположными.

Диссертант считает, что поскольку неравенство Фонга–Васичека дает более глубокое и точное представление о характере процентного риска иммунизированного портфеля, инвестор, стремящийся к максимально полному устранению процентного риска, должен минимизировать значение показателя M2. Однако отказ от стратегии максимизации показателя M2 влечет за собой определенные издержки, которые выражаются в ослаблении эффекта приращения доходности вложений в результате параллельного сдвига форвардных ставок.

**1.3. Современные подходы к управлению процентным риском портфеля облигаций.**

В последней четверти XX века произошли радикальные перемены, которые дали толчок развитию новых подходов к управлению процентным риском портфеля государственных облигаций. Во-первых, во многих странах мира были организованы рынки производных финансовых инструментов, в том числе и процентных фьючерсов. Появление срочных контрактов открыло перед инвесторами новые возможности по регулированию процентного риска портфелей государственных облигаций, а также поставило перед финансовой наукой проблему разработки оптимальных моделей хеджирования. Во-вторых, в математический аппарат исследователей финансовых рынков вошли новые средства моделирования: модели авторегрессионной[[38]](#footnote-38) и обобщенной авторегрессионной[[39]](#footnote-39) условной гетероскедастичности, нечеткие множества[[40]](#footnote-40), многослойные самообучающиеся нейронные сети[[41]](#footnote-41). Использование новых математических методов позволило уточнить и улучшить решения старых научных проблем, а также открыть принципиально новые направления исследования.

До появления рынка срочных контрактов владельцы портфелей государственных облигаций могли регулировать свою подверженность процентному риску только одним способом. Он заключается в продаже части облигаций, входящих в состав портфеля, и приобретении облигаций других выпусков. После организации рынка процентных фьючерсов у инвесторов появилась вторая возможность. Открывая новые позиции на рынке фьючерсов и не меняя структуру портфеля облигаций, инвестор может существенно изменить свою подверженность процентному риску. Высокая эффективность этого метода управления процентным риском обусловлена меньшим уровнем трансакционных издержек на рынке фьючерсов по сравнению с трансакционными издержками на рынке облигаций.

Возможность создания смешанных позиций, включающих государственные облигации и процентные фьючерсные контракты, поставила перед финансовой наукой две теоретические проблемы. Первая заключается в поиске оптимальной структуры портфеля, включающего один выпуск государственных облигаций и один вид процентных фьючерсных контрактов. Вторая состоит в выработке оптимальной стратегии хеджирования, позволяющей обеспечить устранение процентного риска диверсифицированного портфеля государственных облигаций при помощи совершения операций на фьючерсном рынке.

Как показал Л.Эдерингтон[[42]](#footnote-42), формирование портфеля из государственных облигаций и фьючерсных контрактов позволяет добиваться существенного снижения уровня риска. Ожидаемая прибыль по портфелю и ее дисперсия определяются условиями

, (1.3.1)

, (1.3.2)

где ΔMVp – изменение рыночной стоимости портфеля, ΔPb – изменение цены облигации, ΔPf – изменение цены фьючерса, qb – число облигаций, включенных в состав портфеля, qf – число открытых фьючерсных контрактов (положительное в случае продажи фьючерсов и отрицательное в случае покупки фьючерсов), σb – среднеквадратическое отклонение изменения цены облигации, σf – среднеквадратическое отклонение изменения цены фьючерса, σbf – ковариация изменений цен облигации и фьючерса.

Определим коэффициент хеджирования как , то есть как часть портфеля государственных облигаций, которая хеджируется на фьючерсном рынке. Тогда

, (1.3.3)

. (1.3.4)

Корректируя размер коэффициента хеджирования, инвестор может изменять важнейшие характеристики своего портфеля: размер ожидаемой прибыли и ее дисперсию. Предположим, что полезность, обеспечиваемая портфелем инвестору, моделируется при помощи функции

, (1.3.5)

где φ>0 – параметр, отражающий склонность инвестора к устранению риска.

График функции U(k) представляет собой квадратную параболу, ветви которой направлены вниз. Максимальный уровень полезности достигается при коэффициенте хеджирования

. (1.3.6)

Если абсолютное значение математического ожидания изменения цены фьючерса мало по сравнению с его дисперсией, а стремление инвестора к устранению риска достаточно велико, при расчете оптимального коэффициента хеджирования можно использовать формулу

. (1.3.7)

Тогда основные характеристики распределения прибыли портфеля принимают вид

, (1.3.8)

, (1.3.9)

где R2 – коэффициент детерминации для изменений цен облигации и фьючерсного контракта.

Как свидетельствует уравнение (1.3.9), хеджирование вложений в облигации при помощи фьючерсных контрактов позволяет осуществить трансформацию процентного риска в так называемый базисный риск (basis risk), который обусловлен различием реакции цен облигации и фьючерсного контракта на сдвиги временной структуры процентных ставок. Эффективность защиты от риска прямо пропорциональна коэффициенту корреляции между ценами облигации и фьючерсного контракта. В случае, когда коэффициент корреляции равен единице, хеджирование позволяет добиваться полного устранения риска вложений в облигации.

Для определения оптимального значения коэффициента хеджирования k\* в конкретных рыночных условиях Эдерингтон предложил оценивать параметры линейного уравнения регрессии

Pb = a +b Pf + ε (1.3.10)

или

ΔPb = b ΔPf + ε. (1.3.11)

Полученное значение коэффициента регрессии b дает оценку оптимального коэффициента хеджирования . При этом используется предположение, что среднеквадратические отклонения изменений цен облигации и фьючерса постоянны по времени, как и коэффициент корреляции между ними.

Это допущение выглядело вполне оправданным в конце 1970-х годов, когда исследователи финансовых рынков не располагали инструментами для моделирования многомерных временных рядов с изменяющимися статистическими характеристиками. Однако в 1995 г. Р.Энгл и К.Кронер разработали модель многофакторной одновременной обобщенной условной гетероскедастичности (MGARCH–BEKK)[[43]](#footnote-43), которая предоставила возможность исследования многомерных временных рядов, характеризующихся изменяющимися ковариациями между их элементами. Д.Ватт предложил использовать эту модель для оценки коэффициента хеджирования при формировании портфеля из облигаций и процентных фьючерсов[[44]](#footnote-44).

В двухфакторной MGARCH–BEKK условные дисперсии и ковариация моделируются уравнениями вида

 (1.3.12)

 (1.3.13)

 (1.3.14)

где h11,t – условная дисперсия первой случайной переменной в момент времени t, h11,t-1 – условная дисперсия первой случайной переменной в момент времени t-1, h22,t – условная дисперсия второй случайной переменной в момент времени t, h22,t-1 – условная дисперсия второй случайной переменной в момент времени t-1, h12,t – условная ковариация первой и второй случайных переменных в момент времени t, h12,t-1 – условная ковариация первой и второй случайных переменных в момент времени t-1, ε1,t–1 – ошибка предсказания значения первой случайной переменной в момент времени t-1, ε2,t-1 – ошибка предсказания значения второй случайной переменной в момент времени t-1, с11, с12, с22, a11, a12, a21, a22, g11, g12, g21, g22 – параметры модели.

Используя оценки условной ковариации между изменениями цен облигации и фьючерса h12,t и условной дисперсии изменения цены фьючерса h22,t, полученные при помощи модели MGARCH–BEKK, Д.Ватт предложил рассчитывать коэффициент хеджирования по формуле

. (1.3.15)

Результаты тестирования двух различных подходов к определению оптимального коэффициента хеджирования по данным торгов на Монреальской бирже показали, что модели, использующие предположение о постоянстве дисперсий изменений цен облигации и фьючерса, а также коэффициента корреляции между ними, в среднем обеспечивают приемлемый уровень эффективности, но не справляются с задачей обеспечения защиты от процентного риска в периоды повышенной нестабильности финансового рынка. Когда конъюнктура финансового рынка приобретает неустойчивый характер, корреляция между изменениями цен облигаций и фьючерсов возрастает, а эффективность модели хеджирования Эдерингтона падает. Напротив, использование модели MGARCH–BEKK при определении коэффициента хеджирования позволяет обеспечить надежную защиту от процентного риска при любом состоянии рыночной конъюнктуры.

Другая теоретическая проблема, вставшая в связи с возникновением и развитием рынков производных финансовых инструментов, заключается в разработке модели иммунизации диверсифицированного портфеля государственных облигаций, включающего долговые обязательства с различными сроками до погашения и купонными характеристиками, при помощи процентных фьючерсных контрактов. Ее решение, предложенное Р.Колбом и Г.Гэем[[45]](#footnote-45), потребовало распространения аппарата дюрационного анализа на рынок производных финансовых инструментов.

Пусть инвестор располагает портфелем облигаций, обеспечивающим денежные поступления в размере CFi через периоды времени ti, который он намерен продать по истечении периода m. Дюрация данного портфеля не совпадает со сроком вложений инвестора, поэтому он испытывает подверженность процентному риску. Этот риск можно хеджировать, воспользовавшись фьючерсным контрактом на облигацию. Пусть срок исполнения фьючерсного контракта наступает через период времени d, а денежные платежи по поставляемой облигации в размере CFj выплачиваются через периоды времени tj. Проблема инвестора заключается в определении числа фьючерсных контрактов k, которые нужно продать для устранения своей подверженности процентному риску.

Параллельный сдвиг временной структуры процентных ставок на λ процентных пунктов вверх вызовет падение рыночной стоимости портфеля облигаций и понижение цены фьючерсного контракта. Размер выигрыша инвестора по короткой позиции, открытой на срочном рынке, составит

, (1.3.16)

где f(d,tj) – форвардная ставка для периода времени (d,tj).

Реинвестировав полученную вариационную маржу до момента окончания периода вложений по установившейся спот-ставке s(m)+λ, инвестор получит прибыль в размере

. (1.3.17)

После сдвига временной структуры процентных ставок стоимость портфеля облигаций на конец периода вложений окажется равной

. (1.3.18)

Инвестор защищен он неблагоприятных сдвигов временной структуры процентных ставок, если прибыль (убытки) по срочным позициям точно компенсирует убытки (прибыль) по наличным позициям на рынке государственных облигаций. Для этого необходимо выполнение условия

. (1.3.19)

Дифференцируя прибыль от открытия фьючерсных контрактов и рыночную стоимость портфеля облигаций на конец периода вложений по параметру сдвига временной структуры процентных ставок λ, имеем

, (1.3.20)

. (1.3.21)

Поскольку

, (1.3.22)

, (1.3.23)

. (1.3.24)

Тогда условие защищенности от процентного риска (1.3.19) можно записать как

. (1.3.25)

Деление обеих частей уравнения (1.3.25) на и позволяет получить

, (1.3.26)

где , , – дюрация портфеля облигаций, PVp – рыночная стоимость портфеля облигаций.

Отсюда число коротких фьючерсных позиций k\*, позволяющее обеспечить иммунизацию процентного риска портфеля государственных облигаций, определяется по формуле

. (1.3.27)

Появление рынков процентных фьючерсов и развитие финансовой теории предоставили в распоряжение портфельных менеджеров новые способы управления процентным риском. Однако, как считает диссертант, возможность их эффективного применения зависит от целого ряда условий: степени ликвидности рынка производных финансовых инструментов, характера интеграции наличного и срочного сегментов финансового рынка, уровня надежности систем управления рисками организаторов торговли, параметров налогообложения прибыли по срочным контрактам. Поэтому только участники наиболее развитых финансовых рынков могут в полной мере реализовывать потенциал методов хеджирования при управлении процентным риском портфеля государственных облигаций.

Другая важнейшая проблема, стоящая перед теорией управления процентным риском на современном этапе, заключается в разработке модели оптимизации рискового портфеля государственных облигаций. Классическая теория формирования рискового портфеля, разработанная Г.Марковицем для случая рынка акций[[46]](#footnote-46), оказалась неприменимой на рынке облигаций в силу его специфических особенностей.

Как отмечают Г.Бьервэг, Г.Кауфман и А.Тоевс[[47]](#footnote-47), а также Н.Галтекин и Р.Рогальски[[48]](#footnote-48), параметры совместного распределения доходностей облигаций претерпевают существенные изменения по мере сокращения срока до погашения. Поскольку течение времени оказывает различное влияние на доходности различных облигаций, ковариации между ними нестабильны, и их практически невозможно оценить по данным исторических наблюдений. Поэтому стандартный метод оптимизации рискового портфеля, основанный на использовании вектора математических ожиданий и дисперсионно–ковариационной матрицы доходностей активов, на рынке облигаций использован быть не может.

Принципиально иной подход к решению проблемы предлагает С.Рамасвами[[49]](#footnote-49), рассматривающий формирование структуры портфеля облигаций как задачу многоцелевой оптимизации значений функций полезности, определенных для каждого из рассматриваемых сценариев перемещения временной структуры процентных ставок и заданных в форме нечетких множеств. Этот подход подразумевает, что в ходе управления процентным риском инвестор определяет контрольные цифры, которым должна соответствовать доходность портфеля при реализации различных сценариев будущих изменений рыночной конъюнктуры. Для сценариев сдвига процентных ставок, в реализации которых инвестор испытывает наибольшую степень уверенности, устанавливаются наиболее высокие тактические цели. Маловероятным сценариям сдвига процентных ставок ставятся в соответствие относительно низкие целевые уровни доходности вложений. Корректировка тактических целей, соответствующих различным возможным состояниям рыночной конъюнктуры, позволяет регулировать структуру портфеля в зависимости от изменений прогнозов инвестора и его отношения к процентному риску.

Как считает С.Рамасвами, предположения инвесторов подвержены частым и существенным изменениям. Вместе с ними меняются и функции полезности, отражающие степень удовлетворенности доходностью сформированного портфеля при реализации каждого из сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Уровень полезности, обеспечиваемый портфелем, зависит от степени достижения тактических целей, поставленных при его формировании. Инвестор заинтересован в достижении «высокого» уровня доходности при реализации прогнозируемых сценариев изменения рыночной конъюнктуры и «приемлемого» уровня доходности при прямо противоположном развитии событий. Сложности при определении «высокого» и «приемлемого» уровня доходности вызывают необходимость обращения к аппарату теории нечетких множеств (fuzzy sets).

Пусть инвестор осуществляет выбор из множества допустимых портфелей P на основе анализа S возможных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Для каждого сценария с порядковым номером s степень достижения тактической цели в случае выбора каждого варианта формирования портфеля задается при помощи нечеткого множества

, (1.3.28)

где – функция принадлежности портфеля p к нечеткому множеству портфелей, обеспечивающих достижение данной тактической цели, . Тогда степень достижения всех тактических целей инвестора выражается нечетким множеством

 (1.3.29)

с функцией принадлежности

. (1.3.30)

Отсюда оптимальный вариант формирования портфеля , позволяющий обеспечить максимальную степень достижения тактических целей инвестора, определяется условием

. (1.3.31)

Общую схему выбора структуры портфеля, обеспечивающего наилучшее достижение тактических целей, можно проиллюстрировать при помощи простого количественного примера. Пусть инвестор выбирает из пяти вариантов формирования портфеля на основе рассмотрения трех возможных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Зададим условные значения функций принадлежности, отражающих степень достижения тактических целей, при помощи таблицы 1.3.1, в строках которой представлены различные сценарии перемещения временной структуры процентных ставок, а в столбцах – различные варианты формирования портфеля.

Таблица 1.3.1.

Функции принадлежности нечетких множеств

степени достижения тактических целей инвестора.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сценарий | Портф1 | Портф2 | Портф3 | Портф4 | Портф5 |
| 1.Рост ставок | 0.8 | 0.5 | 0.1 | 0.7 | 0.3 |
| 2.Стабильность ставок | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.8 | 0.6 |
| 3.Падение ставок | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.9 |

В данном условном примере степень достижения тактических целей в случае выбора каждого из пяти различных портфелей рассчитывается по формулам



Оптимальным вариантом формирования портфеля является четвертая альтернатива, поскольку.

Приведенный простой количественный пример не только дает наглядную иллюстрацию общей схемы решения задачи многоцелевой оптимизации структуры портфеля облигаций на базе теории нечетких множеств, но и позволяет выявить ключевые проблемы, которые необходимо решить для переложения теоретической концепции на практические рельсы. Во-первых, следует разработать методику построения сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Во-вторых, необходимо предложить схему задания нечеткого множества, отражающего степень достижения тактической цели при реализации каждого сценария изменения конъюнктуры. В-третьих, необходимо сформулировать математическую модель, позволяющую оптимизировать структуру портфеля на основе информации о сценариях сдвига процентных ставок, функциях полезности инвестора и параметрах облигаций, обращающихся на рынке.

Рамасвами предлагает рассматривать три группы сценариев перемещения временной структуры. Сценарии «бычьей» (bullish) группы строятся исходя из предположения о снижении уровня процентных ставок, сценарии «нейтральной» (neutral) группы – исходя из предположения о сохранении текущего уровня процентных ставок, сценарии «медвежьей» (bearish) группы – исходя из предположения об увеличении уровня процентных ставок. Экстремальные сценарии, определяющие предельные размеры сдвига временной структуры в обоих направлениях, формируются на основе минимальных и максимальных значений абсолютных приростов спот-ставок различной срочности за период времени, соответствующий сроку вложений инвестора. Для этого используется статистическая выборка временных структур за два года, предшествующих моменту формирования портфеля. Группа нейтральных сценариев включает сценарий сохранения текущего положения временной структуры процентных ставок, а также ее параллельного перемещения на несколько базисных пунктов вверх и вниз. Неэкстремальные «бычьи» и «медвежьи» сценарии располагаются в рамках интервала между сценарием сохранения положения временной структуры на прежнем уровне и двумя экстремальными сценариями. Различные «бычьи» и «медвежьи» сценарии характеризуются различным наклоном временной структуры процентных ставок.

По мнению диссертанта, методика построения сценариев перемещения временной структуры процентных ставок С.Рамасвами обладает рядом недостатков. Во-первых, она не исключает возможности формирования сценариев с отрицательными процентными ставками. Это может произойти, если текущий уровень ставок низок, а используемая статистическая выборка включает периоды бурного роста рынка. Во­–вторых, она не опирается на формальную статистическую модель процесса сдвига временной структуры, что понижает степень адекватности формируемых сценариев распределению будущих состояний рыночной конъюнктуры. В-третьих, она не позволяет учитывать купонные платежи, полученные в течение периода вложений.

В модели Рамасвами степень достижения тактической цели Gs (нечеткая полезность инвестора) описывается при помощи кусочно-заданной функции принадлежности

, (1.3.32)

где hs - доходность портфеля при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s, - задача-минимум для доходности портфеля при реализации сценария s, - задача-максимум для доходности портфеля при реализации сценария s.

На участке между и график функции нечеткой полезности является прямой линией с положительным тангенсом угла наклона. Это означает, что на данном промежутке инвестор нейтрален к процентному риску: снижение уровня доходности на малую величину Δhs ведет к такому же изменению уровня полезности, что и ее увеличение на ту же самую величину Δhs. В областях и уровень полезности вообще не зависит от доходности портфеля.

Однако проблема управления процентным риском возникает в связи с тем, что большинство инвесторов стремятся к его устранению. Поэтому функции полезности большинства инвесторов строго вогнуты книзу (выпуклы вверх), а функции предельной полезности монотонно убывают с увеличением размера доходности вложений. Отсюда диссертант заключает, что функция нечеткой полезности С.Рамасвами не вполне адекватно описывает отношение к риску большинства участников рынка облигаций.

Максимизация степени достижения тактических целей управления процентным риском предполагает решение задачи многоцелевой оптимизации, поскольку каждому сценарию соответствует своя функция полезности. Стратегия выбора, предлагаемая Рамасвами, является максиминной: из всех допустимых портфелей оптимальным признается портфель, обеспечивающий наивысшую степень достижения тактической цели для наименее благоприятного сценария перемещения временной структуры процентных ставок. С учетом бюджетного ограничения математическая модель определения структуры оптимального портфеля С.Рамасвами записывается как

, (1.3.33)

, (1.3.34)

, (1.3.35)

где – доходность облигации выпуска j при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s, xj – доля вложений в облигации выпуска j в рыночной стоимости портфеля, J – число выпусков облигаций, обращающихся на рынке.

При использовании функции нечеткой полезности (1.3.32) и введении вспомогательной переменной λ, отражающей степень достижения тактических целей инвестора, модель оптимизации структуры портфеля (1.3.33)–(1.3.35) сводится к задаче линейного программирования

, (1.3.36)

, (1.3.37)

, (1.3.38)

. (1.3.39)

Несмотря на недостатки, отмеченные диссертантом, решение проблемы формирования рискового портфеля государственных облигаций, предложенное С.Рамасвами, открыло новую область исследований. Оно показало, что ключевыми факторами выбора структуры рискового портфеля государственных облигаций являются сценарии перемещения временной структуры процентных ставок, собственные предположения инвестора и его отношение к процентному риску. Поэтому наиболее важные задачи теории и практики управления процентным риском портфеля государственных облигаций включают разработку генератора сценариев перемещения временной структуры процентных ставок, отвечающего специфике конкретного рынка, построение модели прогнозирования, позволяющей определять направление изменения процентных ставок, а также совершенствование методов моделирования отношения инвесторов к процентному риску.

**1.4. Развитие рынка ГКО–ОФЗ в посткризисный период.**

В 1992 г. Банк России при содействии рабочей группы «Российско-американского банковского форума» (в состав которой с американской стороны вошли представители высшего управляющего состава коммерческих и инвестиционных банков, а также Федеральной резервной системы) разработал проект организации рынка государственных краткосрочных бескупонных облигаций (ГКО), который предусматривал введение нового для российской экономики финансового инструмента, по своим характеристикам схожего с американским казначейским векселем. В 1993 г. на ММВБ состоялись первые аукционы по размещению ГКО и начались вторичные торги этими облигациями. За короткий срок рынок ГКО превратился в важнейшую составную часть российского финансового рынка. Уже через год после своего основания оборот рынка ГКО составлял более 90% совокупного оборота фондовых бирж страны.[[50]](#footnote-50)

Бурное развитие рынка ГКО было вызвано тем, что он предоставил инвесторам целый ряд уникальных возможностей. На ММВБ был создан ряд электронных систем, обеспечивающих полный технологический цикл эмиссии, хранения, обращения и погашения облигаций и гарантирующих операторам полноту и своевременность расчетов по сделкам. Министерство финансов, стремясь расширить объем заимствуемых средств, соглашалось на уплату процентных ставок, превышающих процентные ставки по межбанковским кредитам на аналогичные сроки, что создавало возможность осуществления арбитражных операций и обеспечивало высокий уровень доходности по среднесрочным инвестициям. В связи с тем, что при организации ряда аукционов спрос существенно превышал предложение, неоднократно создавались возможности по осуществлению спекулятивных операций, заключающихся в приобретении облигаций на аукционе и их последующей продаже на вторичном рынке и приносящих доходность до 2000–3000% годовых.

Некоторая стабилизация финансового рынка в 1995 г. позволила увеличить сроки заимствования за счет выпуска в обращение новых государственных ценных бумаг – облигаций федерального займа с переменным купоном (ОФЗ–ПК), размер купонного дохода по которым рассчитывался отдельно для каждого периода на основе доходности по ГКО. В связи с присоединением Российской Федерации к VIII статье Устава МВФ в 1996–1997 гг. были сняты ограничения на операции инвесторов-нерезидентов с ГКО и ОФЗ (первоначально объем участия нерезидентов не мог превышать квоты в 10% от общего объема рынка, а минимальный срок вложений и размер доходности операций подлежали административной регламентации). Приток иностранного капитала позволил в 1997 г. ввести в обращение новый долгосрочный инструмент – облигации федерального займа с постоянным купонным доходом (ОФЗ–ПД).

Расширение круга инвесторов в ГКО–ОФЗ, привлеченных высокой доходностью операций, позволило Министерству финансов увеличивать объем рынка темпами, существенно превышающими уровень инфляции. В результате рынок ГКО–ОФЗ превратился в финансовую пирамиду на государственном уровне, а у многих крупных инвесторов стали возникать сомнения в способности Российской Федерации обеспечить точное и своевременное исполнение обязательств по облигациям.

На фоне резкого ухудшения мировой финансовой и экономической конъюнктуры, падения цен на сырьевые ресурсы и свертывания операций иностранных инвесторов на развивающихся рынках в 1998 г. произошло резкое обострение ситуации как на российском рынке государственных ценных бумаг, так и в отечественной экономике в целом. Доходы бюджета снизились до катастрофически низкого уровня. Если в 1997 г. в бюджет поступало в среднем 26.9 млрд. руб. в месяц, то в первые месяцы 1998 г. – 20.2 млрд. руб.[[51]](#footnote-51)

Расходы по обслуживанию государственного долга стали самой крупной расходной статьей государственного бюджета. За первые 9 месяцев 1998 г. они составили 85.1 млрд. руб. (34.1% расходов федерального бюджета и 4.5% ВВП), в то время как за первые 9 месяцев 1997 г. они составили 28.7 млрд. руб. (10.5% расходов федерального бюджета и 1.5% ВВП).[[52]](#footnote-52) Заимствования Министерства финансов РФ по предлагавшимся рынком процентным ставкам стали неэффективными – поступления в бюджет с рынка не покрывали расходов бюджета по обслуживанию государственного долга.

В условиях резкого падения спроса на государственные ценные бумаги Министерство финансов РФ было вынуждено пойти на отмену ряда аукционов по размещению новых выпусков, а погашение облигаций производить исключительно за счет средств бюджета. В результате впервые за всю историю рынка государственных ценных бумаг объем облигаций, находящихся в обращении, достигнув в июне максимума в 437 млрд. руб., начал устойчиво сокращаться.

В августе неопределенность рыночных перспектив вызвала практически полное отсутствие спроса на государственные облигации по любым ценам. Резко увеличившаяся доходность перестала отражать реальную стоимость государственного долга, поскольку по ней совершались лишь единичные сделки. В этих условиях Правительство РФ и Банк России приняли решение о реструктуризации обязательств государства перед инвесторами по ГКО и ОФЗ со сроками погашения до 31 декабря 1999 г.[[53]](#footnote-53) Вторичные торги на рынке ГКО–ОФЗ были приостановлены.

По мнению автора, политическое решение о реструктуризации задолженности государства по ГКО и ОФЗ не было оптимальным выходом из создавшегося положения. Мы полагаем, что достаточными мерами явились бы переход к эмиссионному финансированию бюджетного дефицита, девальвация рубля и временное прекращение размещения новых выпусков облигаций. Инфляционный рост доходов бюджета вследствие реализации этих мер позволяет резко снизить относительные издержки по обслуживанию внутреннего государственного долга и тем самым создать условия для полного и своевременного исполнения обязательств государства перед владельцами ГКО и ОФЗ.

Безусловно, и при реализации этого сценария операторы рынка ГКО–ОФЗ понесли бы существенные потери. Однако они стали бы следствием реализации экономических рисков (валютного и инфляционного), а не одностороннего нарушения фундаментальных положений гражданского законодательства[[54]](#footnote-54) со стороны государства. В этой ситуации восстановление доверия инвесторов к Российской Федерации происходило бы более быстрыми темпами.

Процедура реструктуризации задолженности государства по ГКО и ОФЗ, предусмотренная Постановлением Правительства РФ от 25 августа 1998 г. №1007 «О погашении государственных краткосрочных бескупонных облигаций и облигаций федеральных займов с постоянным и переменным купонным доходом со сроками погашения до 31 декабря 1999 г. и выпущенных в обращение до 17 августа 1998 г.», вызвала крайне негативную реакцию инвесторов, которым удалось добиться согласия органов государственной власти на проведение переговоров. В течение осени 1998 г. возможные варианты схемы реструктуризации внутреннего долга Российской Федерации обсуждалась представителями Министерства финансов, Банка России и Московского клуба кредиторов. В конечном итоге основные условия реструктуризации были определены Распоряжением Правительства РФ от 12 декабря 1998 г. «О новации по государственным ценным бумагам», а также Положением Минфина РФ и Банка России от 21 декабря 1998 г. №№ 258, 375-Т «О порядке осуществления новации по государственным краткосрочным бескупонным облигациям и облигациям федеральных займов с постоянным и переменным купонным доходом со сроками погашения до 31 декабря 1999 г. и выпущенных в обращение до Заявления Правительства Российской Федерации и Центрального банка Российской Федерации от 17 августа 1998 г. путем замены по согласованию с их владельцами на новые обязательства и частичной выплатой денежных средств».

Сумма новых обязательств государства определялась путем дисконтирования номинальной стоимости облигаций со сроками погашения до 31 декабря 1999 г. исходя из доходности 50% годовых в период с 19 августа 1998 г. до даты погашения, ранее объявленной в условиях выпуска. При этом по облигациям федеральных займов с постоянным и переменным купонным доходом в состав дисконтируемых платежей включались суммы невыплаченных купонов. По необъявленным купонам ставка принималась равной 50% годовых. Облигации со сроками погашения, наступающими после 31 декабря 1999 г., в новации не участвовали и подлежали обслуживанию и погашению в соответствии с условиями выпуска.

Кредитные организации, профессиональные участники рынка ценных бумаг, а также органы государственной власти и местного самоуправления получили право обмена реструктурируемых облигаций на следующие инструменты:

1. облигации федерального займа с фиксированным купонным доходом (ОФЗ–ФД) по номиналу в размере 70% от расчетной суммы требований;
2. облигации федерального займа с нулевым купоном по номиналу в размере 20% от расчетной суммы требований;
3. денежные средства в размере 10% от расчетной суммы требований, выплачиваемые тремя равными частями. Первый платеж производился в момент осуществления новации, а вторая и третья части оформлялись бескупонными облигациями с датами погашения 24 марта и 16 июня 1999 г. и доходностью 30% годовых.

Для владельцев ГКО и ОФЗ, которые в соответствии с действующим законодательством были обязаны выполнять норматив вложения средств в государственные ценные бумаги, а также инвесторов-резидентов, не являющихся профессиональными участниками рынка ценных бумаг, был предусмотрен льготный механизм реструктуризации. Доля денежных средств, выплачиваемых им в ходе новации, увеличивалась до 30% от расчетной суммы требований (при этом доля ОФЗ–ФД уменьшалась до 50%). Наконец, обязательства государства по ГКО и ОФЗ перед физическими лицами и некоторыми льготными группами инвесторов[[55]](#footnote-55) подлежали исполнению в полном объеме и в сроки, установленные первоначальными условиями выпуска.

В ходе реструктуризации внутреннего государственного долга была осуществлена эмиссия 12 выпусков ОФЗ-ФД со сроками обращения от 4 до 5 лет, одного выпуска ОФЗ-ПД со сроком обращения 3 года и двух выпусков ГКО со сроками обращения 3 и 6 месяцев. Купонный доход по ОФЗ-ФД начисляется, начиная с 19 августа 1998 г., в размере 30% годовых в первый год обращения, 25% годовых во второй год обращения, 20% годовых в третий год обращения, 15% годовых в четвертый год обращения и 10% годовых в пятый год обращения. Начиная со второго купона выплаты купонных доходов производятся каждые три месяца. По новому выпуску ОФЗ–ПД 25030 был установлен нулевой купонный доход, однако его владельцы получили право на его использование для погашения просроченной задолженности по налогам в федеральный бюджет, образовавшейся по состоянию на 1 июля 1998 г., а также для оплаты участия в уставном капитале кредитных организаций.

15 января 1999 г. на рынке ГКО–ОФЗ были возобновлены вторичные торги. Первые заявки на участие в новации были удовлетворены 26 января 1999 г., и уже с 28 января в Торговой системе ММВБ стало возможным проведение операций с новыми выпусками ГКО и ОФЗ, размещенными в ходе новации. С момента возобновления вторичных торгов государственными облигациями Банк России ограничил максимальную доходность по ним уровнем 120% годовых. По мнению автора, это решение Банка России было вполне оправданным. В противном случае возможности рынка ГКО–ОФЗ могли бы быть использованы недобросовестными операторами, которые понесли наиболее существенные потери по итогам финансового кризиса, для перевода активов в другие структуры.

В первые месяцы 1999 г. нерезиденты не подавали заявок на участие в процедуре новации, что было вызвано отсутствием нормативных актов, регламентирующих порядок использования ими облигаций и денежных средств, полученных в результате реструктуризации. Лишь 23 марта 1999 г. этот порядок был определен Банком России.

Согласно принятым нормативным актам, покупка иностранной валюты нерезидентом за счет поступлений от продажи российских ценных бумаг, учитываемых на инвестиционном счете типа «С» (используемом нерезидентами при совершении операций с ГКО и ОФЗ), могла быть осуществлена только после предварительного депонирования денежных средств на транзитном счете в течение 365 дней.[[56]](#footnote-56) Вместе с тем нерезиденты получили возможность диверсифицировать свои активы, хранящиеся на инвестиционном счете, за счет приобретения акций и облигаций российских компаний, котируемых на ММВБ.[[57]](#footnote-57) Кроме того, было предусмотрено проведение Банком России периодических специальных аукционов по продаже иностранной валюты нерезидентам. Участие в данных аукционах позволяло репатриировать поступления от реструктурируемых портфелей без предварительного депонирования денежных средств на транзитном счете.[[58]](#footnote-58)

По мнению автора, дискриминационный подход органов государственной власти Российской Федерации по отношению к иностранным инвесторам повлек за собой неоднозначные последствия. С одной стороны, введение жестких ограничений порядка вывода средств с рынка иностранными участниками повысило его инвестиционную привлекательность для российских операторов, поскольку оно позволило создать достаточно эффективный механизм защиты рынка от неблагоприятных воздействий мировых финансовых кризисов. С другой стороны, это решение нанесло дополнительный ущерб имиджу Российской Федерации как участника системы мировых финансовых рынков, что в будущем может отразиться на перспективах привлечения средств иностранных инвесторов при помощи рублевых инструментов.

30 апреля 1999 г. основной этап новации требований инвесторов к Российской Федерации по ГКО и ОФЗ был завершен. По его итогам российские инвесторы обменяли 95% совокупного портфеля активов, подлежащих реструктуризации, а иностранные инвесторы – 88.5%.[[59]](#footnote-59) Реструктуризация привела к сокращению объема рынка ГКО–ОФЗ с 380 до 250 млрд. руб. по номиналу[[60]](#footnote-60). В результате новации рынок ГКО–ОФЗ утратил доминирующее положение в системе российских финансовых рынков и прекратил свое существование в форме непрерывно расширяющейся пирамиды, вытесняющей все альтернативные инструменты инвестиций.

*Рис.1.4.1. Распределение инструментов рынка ГКО–ОФЗ по сроку до погашения по состоянию на 07.05.1999.*

*Источник: расчеты автора по данным Банка России.*

Новация вызвала качественное изменение структуры рынка государственных облигаций. По состоянию на 07.05.1999 средний срок до погашения инструментов рынка ГКО–ОФЗ, взвешенный по их объему в обращении, составил 2.9 года. При этом сектор краткосрочных инструментов, включающий облигации со сроком до погашения менее девяти месяцев, был представлен лишь одним выпуском ГКО 21133 со сроком обращения 40 дней, составляющим 2.96% от общего объема рынка.

По мнению диссертанта, структура рынка ГКО–ОФЗ, сложившаяся в результате новации, не отвечала потребностям инвесторов и тем самым тормозила темпы его восстановления. Мы считаем, что в ходе новации следовало бы выпустить в обращение больше краткосрочных инструментов с датами погашения в 1999 г. (возможно, за счет некоторого сокращения общего объема денежных средств и облигаций, предоставляемых участникам новации, снижения купонных ставок по ОФЗ–ФД и увеличения максимального срока обращения ОФЗ–ФД). Тогда участники рынка раньше получили бы возможность полноценного использования инструментов рынка ГКО–ОФЗ для регулирования своей текущей ликвидности. Своевременное исполнение обязательств государства по этим краткосрочным облигациям содействовало бы улучшению инвестиционной привлекательности рынка в целом и тем самым стимулировало рост спроса на долгосрочные облигации, снижение среднего уровня процентных ставок и увеличение оборота торгов.

Одним из ключевых факторов, определявших тенденции изменения процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ в 1999­–2000 гг., была динамика денежной массы в обращении.

*Рис.1.4.2. Динамика индикатора портфеля ГКО–ОФЗ[[61]](#footnote-61) и денежного агрегата M2 в январе 1999 – марте 2001 г.*

*Источник: Бюллетень банковской статистики.*

В целях изучения характера влияния динамики денежной массы на процентные ставки рынка ГКО–ОФЗ диссертантом была оценена регрессия месячного темпа прироста индикатора портфеля ОФЗ–ФД по темпам прироста денежного агрегата M2 с использованием полиномиально распределенных лагов Ш.Алмон[[62]](#footnote-62). При этом определялись параметры уравнения

rt = α + β0 mt + β1 mt-1 + ... + βn mt-n + εt, (2.4.1)

где rt – темп прироста индикатора портфеля ОФЗ–ФД за месяц t, mt – темп прироста денежного агрегата M2 за месяц t,

 βs = γ0 + γ1 s + γ2 s2 + γ3 s3. (2.4.2)

Таблица 2.4.1.

Распределенные лаги темпов прироста денежного агрегата M2 для темпов прироста индикатора портфеля ГКО–ОФЗ.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| лаг | коэффициент регрессии | t-статистика | уровень значимости |
| 0 | -1.4009 | -1.6103 | 0.1514 |
| 1 | -1.9270 | -4.1500 | 0.0043 |
| 2 | -1.4803 | -3.5386 | 0.0095 |
| 3 | -0.5006 | -1.4958 | 0.1784 |
| 4 | 0.5726 | 1.6472 | 0.1435 |
| 5 | 1.2997 | 3.0419 | 0.0188 |
| 6 | 1.2411 | 2.7789 | 0.0273 |
| 7 | -0.0430 | -0.0482 | 0.9629 |

Расчеты автора показывают, что в краткосрочном периоде (до 3 месяцев) увеличение темпов прироста денежной массы способствует снижению процентных ставок на рынке ГКО–ОФЗ, а в более длительном (от 4 до 6 месяцев) – их увеличению. Наиболее сильное понижательное влияние на изменение индикатора портфеля ОФЗ–ФД рост денежной массы оказывает с задержками в 1 и 2 месяца, а повышательное – с задержками в 5 и 6 месяцев. Первые восемь лаговых значений месячного темпа прироста денежного агрегата M2 позволяют объяснить 71.64% вариации месячного темпа прироста индикатора портфеля ОФЗ–ФД.

В краткосрочном периоде монетарная экспансия нарушает равновесие на денежном рынке, повышает спрос на государственные облигации и приводит к снижению процентных ставок. Однако в более длительной перспективе она сопровождается ростом трансакционного спроса на деньги вследствие повышения номинального дохода и формированием устойчивых инфляционных ожиданий, что способствует повышению процентных ставок.

Увеличение денежного агрегата M2 на 20% в течение II квартала 1999 г., а также полное и своевременное исполнение Минфином своих обязательств перед инвесторами по ГКО и ОФЗ без обращения к механизму рыночного рефинансирования привели к снижению индикатора портфеля ОФЗ–ФД с 115.36% по состоянию на 12 мая до 52.82% по результатам торгов 11 июня. Стабилизация рынка ОФЗ позволила Банку России принять решение об отмене с 14 июня 1999 г. ограничения размера максимально допустимой доходности к погашению при проведении сделок с государственными ценными бумагами.

Толчком к развороту тенденции к снижению уровня процентных ставок стало повышение Банком России нормативов обязательных резервов по привлеченным средствам юридических лиц в валюте Российской Федерации, юридических и физических лиц в иностранной валюте с 7% до 8.5%, а норматива обязательных резервов по привлеченным средствам физических лиц в валюте Российской Федерации – с 5% до 5.5%[[63]](#footnote-63). Необходимость мобилизации дополнительных ресурсов для перечисления на счета по учету обязательных резервов в Банке России привела к тому, что значительная часть средств, полученных в качестве выплат по ГКО и ОФЗ, была выведена банками из Торговой системы ММВБ. Ужесточение текущей денежной политики и рост инфляционных ожиданий, в значительной степени индуцированный денежной экспансией II квартала 1999 г., обеспечили формирование тенденции к повышению процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ, определявшей его конъюнктуру вплоть до ноября 1999 г.

Смягчение денежной политики в IV квартале 1999 г. создало предпосылки для перелома этой тенденции. В течение октября и ноября денежный агрегат M2 увеличился на 8.22%, что привело к снижению индикатора портфеля ОФЗ–ФД с 97.59% по состоянию на 09.11.1999 до 82.37% по состоянию на 03.12.1999. Благоприятное изменение конъюнктуры позволило Министерству финансов принять решение о размещении среди иностранных инвесторов пяти выпусков ГКО со сроками погашения в апреле–ноябре 2000 г. на общую сумму 12 млрд. руб. по номиналу. Поступления от погашения облигаций этих выпусков было разрешено репатриировать без предварительного депонирования на транзитном счете.[[64]](#footnote-64) Предоставленная возможность вывода средств, «замороженных» на рынке ГКО–ОФЗ, обеспечила высокий спрос нерезидентов на размещаемые облигации. В результате максимальные цены заявок, подаваемых на аукционе, превысили 100% от номинала.

Итоги выборов в Государственную Думу вызвали корректировку оценок политических рисков со стороны операторов рынка ГКО–ОФЗ, что привело к снижению индикатора портфеля ОФЗ–ФД до 73.68% к концу года. Отставка Президента была воспринята операторами как еще более сильное свидетельство существенного уменьшения политических рисков. В результате на первой торговой сессии 2000 г. цены ОФЗ выросли в среднем на 8%, а индикатор портфеля ОФЗ–ФД снизился еще на 10 процентных пунктов.

Снижение Банком России 21 января 2000 г. ставки рефинансирования с 55% до 45% годовых вызвало новый рост котировок ОФЗ. За период с 21 января по 14 февраля индикатор портфеля ОФЗ–ФД упал с 59.77% до 46.57%. Используя благоприятное состояние текущей конъюнктуры, 16 февраля Минфин объявил о проведении 23 февраля аукциона по размещению двух выпусков ГКО. Выпуск 21138 размещался среди нерезидентов, а выпуск 21139 – как среди иностранных, так и среди российских участников. Заимствование рублевых денежных средств у российских участников рынка ГКО–ОФЗ производилось впервые после кризиса 17 августа 1998 г.

По итогам аукциона доходность ГКО 21139 по средневзвешенной цене составила 20.10% годовых. Столь низкий уровень доходности стал следствием значительного объема платежей Минфина инвесторам в результате выплаты купонов по ОФЗ–ФД 27002 и 27008 и погашения ОФЗ–ПД 25022 (на общую сумму более 10.3 млрд. руб.), а также небольшого объема выпуска ГКО 21139, предложенного к размещению (2.5 млрд. руб.). Большой объем платежей по облигациям и размещение новых выпусков вызвали резкое повышение активности операторов. Среднедневные обороты рынка ГКО–ОФЗ в феврале 2000 г. составили более 1.3 млрд. руб., что стало рекордно высокой величиной после возобновления торгов в январе 1999 г.

В течение трех месяцев – с начала марта по начало июня 2000 г. – процентные ставки на рынке ГКО–ОФЗ оставались достаточно стабильными, а индикатор портфеля ОФЗ–ФД колебался в окрестности отметки 40%. Сложившееся равновесие было нарушено лишь в начале июня, когда процесс снижения процентных ставок получил новый импульс. По мнению автора, основную роль в формировании тенденции к росту цен на рынке государственных облигаций в июне – июле 2000 г. сыграли два основных фактора. Во–первых, Минфин продемонстрировал свою способность к обслуживанию реструктурированной задолженности, что позволило в значительной степени восстановить утраченное доверие инвесторов. Во–вторых, чрезвычайно благоприятное влияние на рыночную конъюнктуру оказало сочетание мягкой денежно–кредитной и жесткой налогово–бюджетной политики. По итогам II квартала 2000 г. денежный агрегат M2 увеличился на 18.74%, а профицит федерального бюджета достиг рекордно высокого уровня в 5.1% ВВП. В результате к концу первой декады августа индикатор портфеля ОФЗ–ФД понизился до 24%.

Снижение процентных ставок в течение первой половины 2000 г. привело к тому, что доходность инструментов рынка ГКО–ОФЗ практически сравнялась с темпом инфляции, который по итогам года составил 20.2%. Резкое падение реальной доходности вложений снизило инвестиционную привлекательность государственных ценных бумаг и привело к стабилизации сложившегося уровня процентных ставок. В течение периода с 4 августа по 27 декабря 2000 г. индикатор портфеля ОФЗ–ФД колебался в узком диапазоне от 21.87% до 25.63%, а доходность ГКО по итогам большинства торговых сессий оставалась в рамках интервала от 10% до 13%.

Увеличение денежной массы на 9.9% в декабре 2000 г. вызвало падение процентных ставок в течение первой половины I квартала 2001 г. С 5 января по 14 февраля индикатор портфеля ОФЗ–ФД снизился с 23.48% до 20.70%, достигнув минимального значения за весь посткризисный период. Однако в середине февраля сложившаяся тенденция была нарушена в связи с принятием Правительством РФ решения об осуществлении выплат Парижскому клубу кредиторов, не предусмотренных федеральным бюджетом на 2001 г. Формирование девальвационных ожиданий, обусловленное увеличением потребностей Минфина в приобретении иностранной валюты на внутреннем рынке, привело к повышению индикатора портфеля ОФЗ–ФД до 22.46% по состоянию на 16 марта. Последующий рост уровня ликвидности банковской системы позволил компенсировать действие этого фактора, и к концу марта индикатор портфеля ОФЗ–ФД вновь опустился к отметке 21%.

Краткий обзор конъюнктуры рынка ГКО–ОФЗ за последние два года показывает, что основные параметры, определяющие уровень процентного риска при осуществлении вложений в облигации (текущий уровень, амплитуда колебаний, направление и скорость изменения процентных ставок, наклон и форма временной структуры) сохраняют определенную стабильность в течение нескольких месяцев, но время от времени претерпевают достаточно существенные изменения. Поэтому инвесторы, осуществляющие операции на рынке ГКО–ОФЗ, нуждаются в моделях поддержки принятия решений по управлению процентным риском, обеспечивающих эффективное использование текущей информации о складывающихся закономерностях и обладающих возможностью быстрой перенастройки параметров в случае резкого перехода к новой рыночной ситуации.

**Глава 2. Обоснование методов поддержки принятия решений по управлению процентным риском портфеля ГКО–ОФЗ в посткризисный период.**

**2.1. Иммунизация процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ от непараллельных перемещений временной структуры процентных ставок.**

Процентный риск владельца портфеля облигаций существенно зависит от того, в какой мере используемая модель управления соответствует реальным процессам, протекающим на конкретном рынке. Поэтому автор предлагает выделять такие составляющие процентного риска, как управляемый риск и остаточный риск. Управляемый процентный риск обусловлен такими сдвигами временной структуры процентных ставок, которые учитываются в рамках модели управления и используются при выводе рекомендаций по формированию структуры портфеля. Остаточный процентный риск обусловлен такими сдвигами временной структуры процентных ставок, которые не учитываются в рамках используемой модели управления, но наблюдаются в условиях данного рынка.

Инвесторы, осуществляющие операции на рынке ГКО–ОФЗ, испытывают объективную потребность в модели поддержки принятия решений, позволяющей обеспечить максимально полное устранение остаточного процентного риска. В этой связи диссертантом была поставлена и решена задача разработки модели иммунизации от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок, адаптированной к условиям рынка ГКО–ОФЗ.

Максимизация зоны управляемого риска при иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ определяет необходимость использования гибкой модели допустимых перемещений временной структуры процентных ставок. Такая модель должна включать непараллельные сдвиги, а также предоставлять возможность быстрой перенастройки параметров по мере поступления новой информации. По мнению диссертанта, эти условия выполняются в случае использования модели метода главных компонент

, (2.1.1)

где s(ti) – спот-ставка для срока вложений ti, – среднее значение спот-ставки для срока вложений ti, σ(ti) – среднеквадратическое отклонение cпот-ставки s(ti), ck – главная компонента временной структуры процентных ставок c порядковым номером k, K ­– число используемых главных компонент временной структуры процентных ставок, bk(ti) – коэффициент чувствительности спот-ставки s(ti) к изменению значения главной компоненты временной структуры процентных ставок ck (нагрузка по главной компоненте ck).

Используя уравнение (2.1.1), можно выразить форвардные ставки через главные компоненты временной структуры спот-ставок. Действительно,

, (2.1.2)

, (2.1.3)

где

, (2.1.4)

. (2.1.5)

В момент формирования портфеля состояние рынка описывается временной структурой процентных ставок s(ti). Распространение среди операторов новой значимой информации (в частности, сообщений о неожиданных изменениях значений макроэкономических показателей или новых политических инициативах) ведет к изменению цен облигаций и временной структуры процентных ставок. После того, как рынок обработает поступившие сигналы, его состояние будет описываться новой временной структурой спот-ставок s\*(ti), которой соответствуют новые значения главных компонент и форвардных ставок f\*(tg,th), причем

. (2.1.6)

В результате рыночная стоимость портфеля через период времени m окажется равной

. (2.1.7)

Доходность портфеля за период времени m иммунизирована от колебаний главной компоненты временной структуры процентных ставок ck, если изменение значения этой компоненты в начальный момент времени не может привести к падению доходности вложений ниже уровня s(m). Поэтому стоимость иммунизированного портфеля через период m не может упасть ниже уровня, определяемого начальной временной структурой форвардных ставок f(tg,th). Отсюда для любого портфеля, иммунизированного от неблагоприятных изменений главной компоненты временной структуры процентных ставок ck, должно выполняться неравенство

. (2.1.8)

При это неравенство выполняется для любого сформированного портфеля, т.к. G(ck)=1. Поэтому оно выполняется и на всей области определения функции , если в точке достигается глобальный минимум данной функции. Для этого достаточно выполнения условий иммунизации первого и второго порядка

1) ; (2.1.9)

2) . (2.1.10)

Дифференцируя функцию , имеем

, (2.1.11)

. (2.1.12)

Поскольку и числитель, и знаменатель формулы (2.1.12) не содержат отрицательных членов, условие иммунизации второго порядка выполняется для любого портфеля. Условие иммунизации первого порядка выполняется лишь для подмножества портфелей, структура которых удовлетворяет ограничению вида

. (2.1.13)

Отсюда

, (2.1.14)

, (2.1.15)

где DCk – дюрация портфеля по главной компоненте временной структуры процентных ставок сk.

Повышение степени гибкости модели описания допустимых сдвигов временной структуры процентных ставок влечет переход от скалярного показателя дюрации Фишера-Вейла DFW к векторному показателю дюрации DC, каждая компонента которого DCk определяет меру подверженности портфеля воздействию главной компоненты временной структуры процентных ставок сk. Поэтому структура допустимых портфелей, иммунизированных от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок, определяется системой не двух, а K+1 уравнений вида

, (2.1.16)

, (2.1.17)

, (2.1.18)

, (2.1.19)

где – дюрация облигации выпуска j по главной компоненте временной структуры процентных ставок сk.

Использование автором векторного показателя дюрации по главным компонентам временной структуры процентных ставок позволяет расширить спектр характеристик рынка, учитываемых в модели иммунизации. Включение диссертантом в рамки анализа таких параметров, как среднеквадратические отклонения спот-ставок для различных сроков вложений σ(ti), а также коэффициенты чувствительности спот-ставок к изменению значений главных компонент временной структуры bk(ti), дает возможность использования информации о специфических особенностях рынка ГКО–ОФЗ при определении структуры иммунизирующего портфеля.

Эффективность модели иммунизации определяется степенью точности, с которой портфель, построенный в результате ее использования, аппроксимирует бескупонную облигацию с заданным сроком до погашения. Чем ближе лежит траектория роста рыночной стоимости иммунизированного портфеля к траектории роста цены бескупонной облигации, тем выше степень защиты инвестора от процентного риска. Если даже на коротких временных интервалах доходности иммунизированного портфеля и бескупонной облигации существенно расходятся, то необходимо производить регулярные ребалансировки, то есть часто корректировать структуру портфеля при изменении рыночной конъюнктуры. Эта процедура сопряжена с высокими трансакционными издержками, отрицательно отражающимися на инвестиционной привлекательности стратегии иммунизации. Поэтому оценку эффективности различных моделей иммунизации можно провести путем сравнения характеристик распределения доходностей портфелей, иммунизированных для фиксированных сроков вложений при помощи различных методов, за небольшие промежутки времени, соответствующие различным интервалам ребалансировки.

Для того, чтобы дать оценку эффективности применения моделей иммунизации от параллельных и непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок на российском рынке ГКО–ОФЗ, по данным рыночных торгов, проводимых по средам в течение периода с 6 января 2000 г. по 27 декабря 2000 г., автором были рассчитаны структуры портфелей, иммунизирующих процентный риск для периодов вложений продолжительностью 26, 52, 78 и 104 недели.[[65]](#footnote-65) Если по каким-то причинам торги в среду не проводились, для расчета структур иммунизированных портфелей использовались результаты торгов за четверг. Доли вложений в облигации различных выпусков рассчитывались с использованием трех различных оптимизационных моделей.

Две модели иммунизации опирались на систему уравнений Фишера–Вейла (1.2.20)–(1.2.23), но использовали различные критерии оптимизации структуры портфеля. Первая из них максимизировала значение показателя M2, вторая – минимизировала. Исходя из используемого критерия выбора структуры портфеля, первая модель иммунизации получила условное наименование модели Фишера–Вейла, а вторая – модели Фонга–Васичека. Третья модель минимизировала значение показателя M2 для портфеля, удовлетворяющего системе ограничений (2.1.16)–(2.1.19), полученной диссертантом. При этом использовалась двухфакторная модель временной структуры, в которой спот-ставки для различных сроков вложений выражались через две первые главные компоненты. Поэтому данная модель получила название двухкомпонентной модели иммунизации.

Определение структур иммунизированных портфелей потребовало предварительного построения временных структур процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ по итогам каждой торговой сессии. Для этого были использованы данные Банка России о ценах закрытия облигаций и их купонных характеристиках[[66]](#footnote-66).

Цена каждой облигации Pj выражается через временную структуру процентных ставок s(t) при помощи уравнения

, (2.1.20)

где j – порядковый номер выпуска, CFji – денежный платеж по облигации выпуска j в момент времени ti, εj – случайная ошибка.

Смоделировав временную структуру процентных ставок при помощи нелинейной функции s(t)=f(t, θ) с вектором параметров θ, можно получить систему уравнений

, (2.1.21)

где J – число выпусков облигаций, данные о ценах которых используются при построении временной структуры процентных ставок.

Оценкой рыночной временной структуры процентных ставок является функция из параметрического семейства f(t,θ), обеспечивающая минимальное значение среднеквадратической ошибки при расчете цен облигаций. Поэтому задача построения временной структуры процентных ставок представляет собой задачу оптимизации вектора параметров θ с критерием оптимальности

. (2.1.22)

Расчеты автора показывают, что вполне удовлетворительное качество аппроксимации временной структуры процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ достигается при помощи параметрической модели

. (2.1.23)

Коэффициент детерминации между расчетными и рыночными ценами облигаций превысил 0.99 по итогам 95.44% торговых сессий, состоявшихся в период с 1 мая 1999 г. по 1 апреля 2001 г., а его среднее значение оказалось равным 0.9941. Данные о ценах выпуска 26003, срок до погашения которого существенно превышает сроки до погашения всех остальных инструментов рынка ГКО–ОФЗ, при построении временных структур не использовались.

Значения показателей σ(ti) и bk(ti), необходимые при применении двухкомпонентной модели иммунизации, пересчитывались один раз в месяц по данным за последние шесть месяцев. Для этого использовалась выборка 10 спот-ставок для сроков вложений от 0.02 до 4 лет. Построенный ряд коэффициентов чувствительности σ(ti)bk(ti) аппроксимировался полиномом шестой степени. Оцененные параметры полинома применялись при расчете показателей дюрации по двум первым главным компонентам временной структуры.

 В ряде случаев система уравнений (2.1.16)–(2.1.19) оказалась неразрешимой. Тогда портфель, иммунизирующий от непараллельных перемещений временной структуры процентных ставок, определялся автором как решение задачи оптимизации

, (2.1.24)

, (2.1.25)

. (2.1.26)

Для каждого иммунизированного портфеля рассчитывалась его рыночная стоимость на дату ребалансировки, наступающую через 4, 8 и 12 недель после момента формирования. При этом автор использовал допущение, что все денежные поступления реинвестируются по спот­-ставкам, установившимся в момент выплаты купона или погашения облигации, для срока, остающегося до момента ребалансировки. Дальнейший анализ проводился путем сравнения выборок доходностей иммунизированных портфелей hp и доходностей бескупонных облигаций с заданными сроками до погашения hb за интервал ребалансировки, которые рассчитывались по формулам

, (2.1.27)

, (2.1.28)

где u – продолжительность интервала ребалансировки, m – срок иммунизации, tf – момент формирования иммунизированного портфеля, tu – момент ребалансировки, s(t,τ) – спот-ставка для срока вложений τ в момент времени t, СFi – денежное поступление от иммунизированного портфеля в момент времени ti.

В целях изучения характера связи между доходностями иммунизированных портфелей и доходностями бескупонных облигаций автором были оценены параметры линейного уравнения регрессии

hp = a + b hb + ε. (2.1.29)

Оценки параметров a и b, а также коэффициенты корреляции r(hb,hp) и основные статистические характеристики распределений доходностей иммунизированных портфелей и σp приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1.

Результаты тестирования эффективности применения моделей иммунизации процентного риска портфелей ГКО–ОФЗ от параллельных и непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок в январе 2000 – марте 2001 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| название модели | u | m |  | σp | r | a | b |
| Фишера-Вейла | 4 | 26 | 0.28 | 0.21 | 0.7935 | 0.0575 | 0.6697 |
| Фишера-Вейла | 4 | 52 | 0.48 | 0.43 | 0.8233 | 0.0666 | 0.7273 |
| Фишера-Вейла | 4 | 78 | 0.65 | 0.63 | 0.8539 | 0.0561 | 0.7905 |
| Фишера-Вейла | 4 | 104 | 0.79 | 0.80 | 0.8733 | 0.0517 | 0.8237 |
| Фишера-Вейла | 8 | 26 | 0.28 | 0.20 | 0.8434 | -0.0045 | 0.9790 |
| Фишера-Вейла | 8 | 52 | 0.48 | 0.38 | 0.8815 | -0.0245 | 1.0013 |
| Фишера-Вейла | 8 | 78 | 0.63 | 0.53 | 0.9020 | -0.0117 | 0.9640 |
| Фишера-Вейла | 8 | 104 | 0.74 | 0.64 | 0.9083 | 0.0186 | 0.8928 |
| Фишера-Вейла | 12 | 26 | 0.28 | 0.17 | 0.8835 | -0.0288 | 1.1814 |
| Фишера-Вейла | 12 | 52 | 0.47 | 0.32 | 0.9126 | -0.0463 | 1.1533 |
| Фишера-Вейла | 12 | 78 | 0.61 | 0.44 | 0.9292 | -0.0436 | 1.0932 |
| Фишера-Вейла | 12 | 104 | 0.71 | 0.52 | 0.9354 | -0.0180 | 0.9939 |
| Фонга-Васичека | 4 | 26 | 0.33 | 0.22 | 0.9919 | -0.0026 | 0.9864 |
| Фонга-Васичека | 4 | 52 | 0.56 | 0.44 | 0.9953 | 0.0152 | 0.9571 |
| Фонга-Васичека | 4 | 78 | 0.74 | 0.66 | 0.9956 | 0.0154 | 0.9570 |
| Фонга-Васичека | 4 | 104 | 0.88 | 0.87 | 0.9896 | 0.0381 | 0.9365 |
| Фонга-Васичека | 8 | 26 | 0.29 | 0.15 | 0.9844 | -0.0054 | 0.9970 |
| Фонга-Васичека | 8 | 52 | 0.49 | 0.33 | 0.9914 | -0.0006 | 0.9794 |
| Фонга-Васичека | 8 | 78 | 0.65 | 0.52 | 0.9913 | -0.0104 | 0.9878 |
| Фонга-Васичека | 8 | 104 | 0.78 | 0.67 | 0.9902 | 0.0227 | 0.9415 |
| Фонга-Васичека | 12 | 26 | 0.26 | 0.12 | 0.9835 | -0.0133 | 1.0265 |
| Фонга-Васичека | 12 | 52 | 0.44 | 0.23 | 0.9847 | 0.0288 | 0.9148 |
| Фонга-Васичека | 12 | 78 | 0.58 | 0.35 | 0.9748 | 0.0381 | 0.9006 |
| Фонга-Васичека | 12 | 104 | 0.73 | 0.53 | 0.9890 | -0.0060 | 1.0216 |
| двухкомпонентая | 4 | 26 | 0.34 | 0.22 | 0.9971 | 0.0044 | 0.9841 |
| двухкомпонентая | 4 | 52 | 0.56 | 0.45 | 0.9973 | 0.0054 | 0.9758 |
| двухкомпонентая | 4 | 78 | 0.74 | 0.67 | 0.9958 | 0.0121 | 0.9592 |
| двухкомпонентая | 4 | 104 | 0.84 | 0.82 | 0.9918 | 0.0410 | 0.8942 |
| двухкомпонентая | 8 | 26 | 0.29 | 0.15 | 0.9929 | 0.0037 | 0.9894 |
| двухкомпонентая | 8 | 52 | 0.50 | 0.33 | 0.9964 | 0.0002 | 0.9895 |
| двухкомпонентая | 8 | 78 | 0.65 | 0.51 | 0.9924 | -0.0092 | 0.9851 |
| двухкомпонентая | 8 | 104 | 0.77 | 0.64 | 0.9924 | 0.0339 | 0.9178 |
| двухкомпонентая | 12 | 26 | 0.26 | 0.11 | 0.9990 | -0.0038 | 1.0163 |
| двухкомпонентая | 12 | 52 | 0.45 | 0.24 | 0.9981 | 0.0047 | 0.9763 |
| двухкомпонентая | 12 | 78 | 0.59 | 0.38 | 0.9971 | -0.0097 | 0.9966 |
| двухкомпонентая | 12 | 104 | 0.70 | 0.49 | 0.9964 | 0.0116 | 0.9504 |

Расчеты автора показывают, что самые низкие значения коэффициента корреляции между доходностями бескупонной облигации и иммунизированного портфеля характерны для модели Фишера–Вейла, критерий оптимальности которой заключается в максимизации показателя M2. Это наблюдение свидетельствует о том, что значительная часть перемещений временной структуры процентных ставок на рынке ГКО–ОФЗ достаточно далека от параллельных сдвигов. Портфели с широко распределенными во времени денежными поступлениями, иммунизированные от параллельных перемещений временной структуры, не обеспечивают на рынке ГКО–ОФЗ надежной защиты инвестора от процентного риска. При этом повышенный уровень риска не компенсируется приращением доходности вложений. По итогам проведенных тестов средняя доходность портфелей, иммунизированных с использованием критерия Фонга–Васичека, оказалась равной 55.99%, а средняя доходность портфелей, иммунизированных с использованием критерия максимизации показателя M2, составила лишь 53.30%.

Двухкомпонентная модель иммунизации и модель защиты от параллельных сдвигов временной структуры процентных ставок, использующая критерий Фонга–Васичека, оказались способными обеспечить гораздо более высокий уровень эффективности. Коэффициент корреляции между доходностями бескупонных облигаций и иммунизированных портфелей составил 0.9956 при использовании двухкомпонентной модели и 0.9885 при использовании модели Фонга–Васичека. При этом меньшая точность аппроксимации траектории роста цены бескупонной облигации при использовании модели Фонга–Васичека частично компенсировалась небольшим (на 0.25%) превышением средней доходности вложений над аналогичным показателем для портфелей, иммунизированных при помощи двухкомпонентной модели.

Таблица 2.1.1 показывает, что при увеличении интервала ребалансировки коэффициент корреляции между доходностями иммунизированного портфеля и бескупонной облигации возрастает при использовании модели Фишера–Вейла, убывает при использовании модели Фонга–Васичека и остается на приблизительно постоянном уровне при использовании двухкомпонентной модели. Стратегия защиты от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок, ограничивающаяся использованием критерия Фонга–Васичека, оказывается эффективной лишь при размещении средств на короткие сроки и осуществлении частых ребалансировок, сопряженных с высокими трансакционными издержками. При выборе «гантельных» портфелей, формируемых на основе критерия максимизации показателя M2, частые корректировки структуры не требуются, но уровень остаточного риска недопустимо велик. Наиболее эффективное решение проблемы иммунизации обеспечивается двухкомпонентной моделью, при использовании которой можно обойтись без многочисленных ребалансировок при поддержании остаточного процентного риска на минимальном уровне.

Значительная часть перемещений временной структуры процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ не соответствует предположению о параллельном сдвиге, использованному в модели иммунизации Фишера–Вейла. Поэтому портфели ГКО–ОФЗ, иммунизированные по методу Фишера–Вейла, не обеспечивают надежной защиты инвестора от процентного риска. Практическое применение разработанной диссертантом модели иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ от непараллельных перемещений временной структуры процентных ставок, которая базируется на использовании вектора показателей дюрации по двум первым главным компонентам временной структуры и критерия оптимизации Фонга–Васичека, позволяет инвесторам добиваться более высокого уровня защищенности от процентного риска.

Оптимальная стратегия действий наиболее осторожных участников рынка ГКО–ОФЗ, размещающих свои средства на достаточно продолжительные сроки, заключается в минимизации чувствительности портфеля к воздействию общих факторов сдвига временной структуры процентных ставок. Мы рекомендуем таким инвесторам использовать двухкомпонентную модель иммунизации и осуществлять регулирование остаточного риска в соответствии с критерием Фонга–Васичека.

**2.2. Риск смещения временных премий на рынке ГКО–ОФЗ и модель его иммунизации.**

В классической теории иммунизации процентного риска портфеля облигаций для описания будущих ставок реинвестирования денежных поступлений от портфеля и дисконтирования денежных платежей по ценным бумагам, входящим в состав портфеля на дату окончания периода вложений, используются форвардные процентные ставки. Как следует из теории чистых ожиданий, значения форвардных ставок можно рассматривать в качестве рыночных прогнозов значений спот-ставок, которые установятся в будущем. Однако при нарушении предпосылок теории чистых ожиданий форвардные ставки оказываются смещенными оценками будущих спот-ставок, а модель иммунизации, основанная на их использовании, становится неадекватной условиям рынка.

Теория чистых ожиданий базируется на предпосылке, согласно которой инвесторы абсолютно нейтральны к процентному риску. Концепция иммунизации основывается на прямо противоположном представлении о склонностях инвесторов, согласно которому процентный риск совершенно неприемлем. Инвестор, осуществляющий иммунизацию процентного риска, не может быть участником рынка, описываемого теорией чистых ожиданий.По мнению диссертанта, такое противоречие означает, что теория чистых ожиданий не может корректно использоваться при выводе условий иммунизации процентного риска портфеля облигаций.

Признание некорректности использования форвардных ставок в качестве оценок будущих ставок реинвестирования и дисконтирования ставит теоретическую проблему разработки новой модели иммунизации, основанной на ином допущении о будущих значениях спот-ставок. Для этого необходимо использовать альтернативную теорию временной структуры процентных ставок, лучше совместимую с концепцией иммунизации.

Теория чистых ожиданий не является единственной концепцией, объясняющей различия между процентными ставками для различных сроков вложений. Согласно теории сегментации рынка, инвесторы стремятся к полному устранению процентного риска, поэтому они точно согласовывают сроки платежей по своим пассивам и активам. Отсюда процентная ставка для любого срока вложений определяется исключительно соотношением спроса и предложения на рынке финансовых инструментов соответствующей срочности. Поскольку стратегии инвесторов абсолютно пассивны, они не испытывают потребности в формировании ожиданий по поводу будущих значений процентных ставок. Такая природа процесса принятия решений исключает всякую возможность извлечения полезной информации о будущих значениях процентных ставок из текущей временной структуры. Таким образом, теория сегментации рынка хорошо согласуется с предположением о склонностях инвесторов, которое используется концепцией иммунизации, но не предлагает никакого конструктивного решения проблемы моделирования будущих ставок реинвестирования и дисконтирования.

Согласно теории временных предпочтений, инвесторы также стремятся к устранению процентного риска. Однако многие из них считают риск допустимым, если он позволяет добиваться адекватного приращения средней доходности вложений. Поэтому формирование прогнозов будущих изменений конъюнктуры становится ключевым элементом процесса торговли, а рыночные оценки будущих значений спот-ставок оказываются выводимыми из текущей временной структуры и значений временных премий. Поскольку теория временных предпочтений не исключает возможности присутствия на рынке иммунизирующих инвесторов, а также предлагает способ оценки будущих значений спот-ставок, ее можно использовать при выводе условий иммунизации.

Присутствие временных премий делает форвардные ставки смещенными оценками будущих спот-ставок и оказывает существенное влияние на эффективность операций с облигациями. Определим временную премию l(tg,th) как разность между форвардной ставкой f(tg,th) и спот-ставкой для срока вложений th-tg, которая установится через период tg, s(tg,th-tg):

. (2.2.1)

Тогда стоимость портфеля облигаций через период m представляет собой функцию форвардных ставок и временных премий:

, (2.2.2)

где CFi – денежный платеж, выплачиваемый владельцу портфеля через период времени ti после момента его формирования, – наращенная стоимость полученных и реинвестированных денежных платежей через период m, – дисконтированная стоимость неполученных денежных платежей через период m.

Значения форвардных ставок в момент формирования портфеля фиксированы, поэтому они не являются источником процентного риска. Напротив, значения временных премий могут изменяться, поэтому будущие ставки реинвестирования и дисконтирования могут оказаться отличными от ожидаемых значений. Если произойдет неблагоприятное изменение значений временных премий, инвестор понесет существенные убытки.

Эффект воздействия временной премии на доходность вложений в бескупонные облигации определяется их сроком до погашения. Если срок до погашения бескупонной облигации n превышает продолжительность периода вложений m, возникает необходимость в продаже облигации по цене, определяемой с учетом временной премии. Если срок до погашения бескупонной облигации n меньше продолжительности периода вложений m, возникает необходимость в реинвестировании средств, полученных в результате погашения облигации, по ставке, значение которой также зависит от временной премии. Размер выручки от продажи облигации[[67]](#footnote-67) в конце периода вложений FV(n,m) и доходность операции h(n,m) составят

а) в случае n>m

, (2.2.3)

. (2.2.4)

б) в случае n<m

, (2.2.5)

. (2.2.6)

Уравнения (2.2.4) и (2.2.6),полученные диссертантом, показывают, что когда временные премии принимают положительные значения, доходность операции возрастает с увеличением срока до погашения бескупонной облигации. Если срок до погашения меньше продолжительности периода вложений, ожидаемая доходность операции меньше текущей спот-ставки. Если срок до погашения больше продолжительности периода вложений, ожидаемая доходность операции больше текущей спот-ставки.

*Рис.2.2.1. Зависимость среднего значения временной премии рынка ГКО–ОФЗ в апреле 2000 – марте 2001 г. от срока вложений m и размера временного разрыва между датами платежа по облигации и окончания периода вложений g.*

Как свидетельствует рис.2.2.1, среднее значение временной премии на рынке ГКО–ОФЗ возрастает с увеличением срока вложений m и убывает с увеличением временного разрыва между датами платежа и окончания периода вложений g=n­-m. При всех рассматриваемых сроках среднее значение временной премии является положительным. Это означает, что форвардные ставки выступают в качестве смещенных оценок будущих значений спот-ставок, в большинстве случаев завышающих их фактический уровень. Временные предпочтения инвесторов на рынке ГКО–ОФЗ смещены в сторону краткосрочных облигаций, поэтому осуществление вложений в долгосрочные облигации приносит дополнительное вознаграждение в форме положительной временной премии.

Создавая положительные временные разрывы между датами окончания периода вложений и датами выплаты доходов по облигациям, входящим в состав портфеля, можно добиться повышения доходности вложений за счет увеличения уровня процентного риска. Эта спекулятивная стратегия получила название «игры на кривой доходности» (riding the yield curve)[[68]](#footnote-68). Название объясняется тем, что в ходе такой операции спекулянт стремится добиться получения прибыли за счет перехода от долгосрочного сегмента временной структуры процентных ставок, который используется для дисконтирования платежей по облигациям в момент их приобретения, к краткосрочному сегменту, который будет использован для дисконтирования платежей по облигациям в момент их продажи.

Эффективность спекулятивной операции определяется двумя показателями: средним размером превышения доходности над безрисковой ставкой и среднеквадратическим отклонением этого превышения σ(ah(m,n)). Они выражаются через характеристики временной премии по формулам

, (2.2.7)

, (2.2.8)

где и σ(ah(m,n)) – среднее значение и среднеквадратическое отклонение временной премии.

*Рис.2.2.2. Средний размер спекулятивной прибыли и уровень риска при реализации стратегии игры на кривой доходности на рынке ГКО–ОФЗ в апреле 2000 – марте 2001 г.*

Как свидетельствует рис.2.2.2, на рынке ГКО–ОФЗ при увеличении срока вложений m процентный риск оператора, осуществляющего реализацию стратегии игры на кривой доходности, уменьшается, а размер спекулятивной прибыли возрастает. Таким образом, увеличение срока вложений позволяет добиваться повышения эффективности рассматриваемой спекулятивной операции. Чем больше разрыв между датами платежа по облигации и окончания операции при любом заданном сроке вложений, тем больше уровень процентного риска и тем выше размер ожидаемой прибыли.

В качестве интегрального показателя эффективности стратегии игры на кривой доходности можно использовать отношение среднего размера спекулятивной доходности к его среднеквадратическому отклонению. Чем выше значение этого коэффициента, тем более значимым является приращение доходности в результате создания временного разрыва и тем выше вероятность получения положительной временной премии по итогам каждой конкретной операции.

*Рис.2.2.3. Зависимость показателя эффективности стратегии игры на кривой доходности от срока операции и размера временного разрыва между датами платежа по облигации и окончания периода вложений на рынке ГКО–ОФЗ в апреле 2000 – марте 2001 г.*

Рис.2.2.3 показывает, что увеличение срока вложений позволяет сделать игру на кривой доходности рынка ГКО–ОФЗ более эффективной в том смысле, что присутствие временной премии становится все более значимым фактором повышения доходности операции. Для любого заданного срока вложений можно добиться максимизации значения коэффициента эффективности путем регулирования размера временного разрыва между датами платежа и окончания периода вложений. Чем продолжительнее срок операции, тем меньший временной разрыв позволяет обеспечить достижение наибольшего значения коэффициента эффективности.

Колебания временных премий подвергают инвесторов процентному риску, но вместе с тем открывают перед ними спекулятивные возможности. Осуществляя краткосрочные операции с долгосрочными облигациями, можно добиться существенного приращения доходности вложений, используя готовность большинства участников рынка ГКО–ОФЗ вознаграждать спекулянтов за отказ от доминирующих временных предпочтений.

Однако для инвесторов, стремящихся к полному устранению процентного риска, колебания временных премий представляют серьезную проблему. Перед ними встает задача иммунизации риска смещения временных премий, то есть поиска такого варианта формирования структуры портфеля, при котором стоимость портфеля на конец периода вложений не может упасть вследствие изменения временных предпочтений рыночных агентов. Эта задача решается при использовании модели иммунизации от смещения временных премий, разработанной диссертантом.

Выводя условия иммунизации от смещения временных премий и предполагая, что период вложений m фиксирован, удобно представить временную премию в качестве функции одного аргумента, определив новую переменную

 (2.2.9)

Поскольку

, (2.2.10)

, (2.2.11)

, (2.2.12)

где s(t,τ) – спот-ставка для срока вложений τ, установившаяся в момент времени t, s|(t,τ) – производная спот-ставки по сроку вложений τ.

Рассмотрим ситуацию, при которой значения временных премий смещаются на одну и ту же величину λ. Тогда рыночная стоимость портфеля на дату окончания периода вложений окажется равной

. (2.2.13)

Портфель иммунизирован от смещения временных премий, если при любых значениях параметра сдвига λ выполняется неравенство

FV(λ) ≥ FV(0). (2.2.14)

Неравенство (2.2.14) выполняется на всей области определения функции FV(λ), если в точке λ=0 достигается глобальный минимум данной функции. Для этого достаточно выполнения двух условий:

1) ; (2.2.15)

2) . (2.2.16)

Дифференцируя функцию FV(λ), имеем

, (2.2.17)

. (2.2.18)

Поскольку многочлен, стоящий в правой части выражения (2.2.18), не содержит отрицательных членов, второе условие выполняется для любого портфеля. Первое условие выполняется лишь для подмножества портфелей, структура которых удовлетворяет ограничению вида

. (2.2.19)

Это уравнение можно упростить до

, (2.2.20)

где L – чувствительность будущей стоимости портфеля к смещению временных премий, которую можно выразить через чувствительности отдельных облигаций, входящих в состав портфеля, по формуле

, (2.2.21)

где qj – количество облигаций выпуска j, включенных в состав портфеля, СFji – денежный платеж по облигации выпуска j через период времени ti, Lj – показатель чувствительности облигации выпуска j к смещению временных премий.

Чем сильнее распределены денежные поступления от иммунизированного портфеля и чем сильнее облигации, включенные в его состав, реагируют на смещение временных премий, тем более опасными последствиями чреват непараллельный сдвиг функции pm(t). По мнению диссертанта, степень рассеяния денежных поступлений и силу реакции на смещения временных премий можно измерять при помощи квадрата показателя чувствительности L2. Поэтому инвестору, стремящемуся к полному устранению процентного риска, целесообразно следовать стратегии минимизации показателя L2 своего портфеля, выступающего аналогом показателя M2 критерия Фонга–Васичека. Тогда задача иммунизации от смещения временных премий сводится к задаче оптимизации

, (2.2.22)

, (2.2.23)

, (2.2.24)

, (2.2.25)

где Pj – цена облигации выпуска j, MV – объем финансовых ресурсов, выделенных инвестором на формирование портфеля облигаций.

Если рынок описывается теорией временных предпочтений, иммунизируемая доходность вложений не равна текущей спот-ставке. В самом деле, при сохранении временных премий на уровне средних значений стоимость портфеля на конец периода вложений составит

. (2.2.26)

Отсюда минимальный уровень доходности вложений, гарантируемый иммунизированным портфелем, равен

. (2.2.27)

Уравнение (2.2.27) свидетельствует, что классическая стратегия иммунизации портфеля от смещения форвардных ставок и стратегия иммунизации портфеля от смещения временных премий, предложенная автором, преследуют достижение различных целей. В рамках модели иммунизации от смещения форвардных ставок считается, что инвестор всегда может гарантировать себе доходность вложений, равную текущей спот-ставке для заданного срока. В рамках модели иммунизации от смещения временных премий, разработанной диссертантом, такая возможность представляет собой лишь частный случай. В общем случае стратегия иммунизации обеспечивает инвестору минимальный уровень доходности, заданный условием (2.2.27), который может быть больше или меньше соответствующей спот-ставки.

Поскольку целевые уровни доходности в моделях, защищающих от смещения форвардных ставок и временных премий, различаются между собой, тестирование их эффективности должно опираться на сравнение доходностей иммунизированных портфелей с различными эталонами. Для портфеля, иммунизированного от смещения форвардных ставок, роль эталона играет текущая спот-ставка, а для портфеля, иммунизированного от смещения временных премий, эталонная доходность вложений определяется уравнением (2.2.27).

Для того, чтобы произвести сравнение возможностей моделей иммунизации от смещения форвардных ставок и временных премий, по данным торгов на рынке ГКО–ОФЗ, проводимых по средам в течение периода с 6 января по 27 декабря 2000 г., автором были рассчитаны структуры портфелей, иммунизирующих процентный риск для сроков вложений продолжительностью 8 и 12 недель.[[69]](#footnote-69) Функция средних значений временных премий описывалась при помощи выборки, включающей значения в 20 различных точках, рассчитанные по данным за последние шесть месяцев. Аналитическое задание функции осуществлялось путем аппроксимации имеющихся наблюдений полиномом шестой степени. По мере накопления новых данных производилась переоценка параметров функции с периодичностью 1 раз в месяц.

В качестве альтернативы модели иммунизации от смещения временных премий рассматривалась модель Фишера–Вейла, использующая критерий оптимальности Фонга–Васичека. Ребалансировки портфелей в течение периода вложений не осуществлялись. Все денежные поступления реинвестировались по спот-ставкам для сроков, остающихся до окончания периода вложений. Доходности иммунизированных портфелей рассчитывались по формуле

, (2.2.28)

где m – срок вложений инвестора, s(t,τ) – спот-ставка для срока вложений τ через период времени t после формирования портфеля, СFi – денежное поступление от иммунизированного портфеля через период времени ti после его формирования.

В целях изучения характера связи между доходностями иммунизированных портфелей и целевыми уровнями доходности вложений автором были оценены параметры линейного уравнения регрессии

hp = a + b ht + ε, (2.2.29)

где ht = s(m) для модели Фишера–Вейла и определяется по формуле (2.2.27) для модели, защищающей от смещения временных премий.

Характеристики распределений доходностей иммунизированных портфелей и σp, среднее отклонение доходности иммунизированного портфеля от целевого уровня , а также коэффициенты корреляции между фактическими и целевыми уровнями доходностей и оценки параметров a и b уравнения регрессии (2.2.29) приведены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1.

Результаты тестирования эффективности применения моделей иммунизации от смещения форвардных ставок и временных премий на рынке ГКО–ОФЗ в январе 2000 – марте 2001 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| источник риска | m |  | σp |  | r | a | b |
| форвардные ставки | 8 | 0.1200 | 0.0572 | 0.0057 | 0.9697 | -0.0084 | 1.1230 |
| временные премии | 8 | 0.1198 | 0.0565 | -0.0031 | 0.9843 | -0.0056 | 1.0201 |
| форвардные ставки | 12 | 0.1398 | 0.0597 | 0.0055 | 0.9727 | -0.0162 | 1.1610 |
| временные премии | 12 | 0.1391 | 0.0591 | -0.0043 | 0.9842 | -0.0117 | 1.0520 |

Расчеты автора показывают, что портфели, иммунизированные от смещения форвардных ставок и временных премий, близки по структуре и доходности вложений. Однако модель иммунизации от смещения временных премий точнее идентифицирует целевой уровень доходности и лучше обеспечивает его достижение. Коэффициент корреляции между целевыми и фактическими уровнями доходности вложений для модели, защищающей от смещения временных премий, составил 0.9843 при сроке вложений 8 недель и 0.9842 при сроке вложений 12 недель, в то время как для модели иммунизации от сдвигов форвардных ставок этот показатель оказался равным 0.9697 при сроке вложений 8 недель и 0.9727 при сроке вложений 12 недель.

Модели иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ, игнорирующие присутствие на рынке временных премий, оказываются неспособными зафиксировать доходность вложений на уровне, соответствующем спот-ставке для заданного срока. Поэтому автор считает, что участникам рынка ГКО–ОФЗ, стремящимся к полному устранению процентного риска при размещении средств на короткие сроки, целесообразно использовать на практике модели иммунизации, опирающиеся на теорию временных предпочтений.

**2.3. Сценарный анализ процентного риска портфеля ГКО–ОФЗ.**

Классическое решение проблемы управления процентным риском портфеля облигаций дается в рамках теории иммунизации. Однакодиссертант не может признать его исчерпывающим по целому ряду причин.

Во-первых, инвестор может столкнуться с проблемой недоступности финансовых инструментов, соответствующих его сроку вложений. Дело в том, что иммунизация является недостижимой, если дюрации всех выпусков облигаций, обращающихся на рынке, превышают срок вложений инвестора. Поэтому на многих рынках при размещении средств на срок в несколько недель иммунизацию вообще невозможно осуществить.

Во-вторых, стремление к полному устранению процентного риска присуще лишь части инвесторов, осуществляющих операции на рынке облигаций. Для остальных инвесторов выбор структуры портфеля зависит от соотношения между ожидаемой доходностью и уровнем процентного риска, которые определяются распределением доходности портфеля для заданного срока вложений. Поскольку теория иммунизации не предлагает никакого решения проблемы оценки параметров распределения доходности портфеля, возникает необходимость в обращении к альтернативным методам.

В-третьих, возможности теории иммунизации достаточно ограничены. Она предлагает способ защиты от единовременных сдвигов временной структуры процентных ставок. Поскольку на реальных рынках колебания процентных ставок происходят постоянно, сохранение портфеля в иммунизированном состоянии требует осуществления многочисленных ребалансировок, в ходе которых структура портфеля приводится в соответствие с новым состоянием рыночной конъюнктуры. Однако стратегия частых ребалансировок сопряжена с чрезмерно высоким уровнем трансакционных издержек, что делает ее неприемлемой для большинства инвесторов. Отказ от проведения ребалансировок подвергает иммунизированный портфель процентному риску, что означает недостижение цели, поставленной при его формировании.

В-четвертых, в процессе управления портфелем облигаций многие инвесторы учитывают собственные предположения о направлении будущих изменений процентных ставок. Теория иммунизации не предлагает никакого инструмента поддержки принятия решений, позволяющего определять структуру оптимального портфеля на основе информации о характере прогнозов инвестора, его склонности к риску и предполагаемых сроках вложений.

Поэтому исследование процентного риска портфеля облигаций должно выходить за рамки теории иммунизации. Диссертант полагает, что научный анализ рисковых портфелей не менее важен, чем изучение условий, при которых процентный риск может быть полностью устранен, и правил достижения безрискового состояния.

Измерение процентного риска неиммунизированного портфеля предполагает оценку параметров распределения доходности портфеля для заданного срока вложений. Эту задачу можно решить, воспользовавшись сценариями будущих перемещений временной структуры процентных ставок. Поскольку процентные ставки для различных сроков вложений тесно коррелируют между собой, они достаточно точно описываются при помощи небольшого числа главных компонент. Поэтому задачу построения сценариев перемещения временной структуры процентных ставок можно свести к задаче построения сценариев изменения значений ее главных компонент.

В ряде исследований американских ученых для моделирования динамики процентных ставок используется модель авторегресии–проинтегрированного скользящего среднего Дж.Бокса–Г.Дженкинса (ARIMA)[[70]](#footnote-70). В частности, П.Кэмпбелл и Р.Шиллер использовали модель ARIMA для описания колебаний долгосрочных процентных ставок[[71]](#footnote-71), Е.Фама и Р.Блисс – для прогнозирования изменений краткосрочных процентных ставок[[72]](#footnote-72), Н.Галтекин и Р.Рогальски – для прогнозирования доходностей бескупонных облигаций[[73]](#footnote-73). Мы считаем,что моделью ARIMA можно воспользоваться и при построении сценариев изменения значений главных компонент временной структуры процентных ставок.

Модель ARIMA предназначена для описания и прогнозирования динамики нестационарных временных рядов, характеризующихся нестабильным средним значением уровней ряда. Как правило, в ходе анализа рядов динамики процентных ставок можно выявить несколько трендов, последовательно сменяющих друг друга и определяющих движение процентных ставок в течение некоторого промежутка времени. Высокая степень зависимости между элементами ряда, обусловленная этими трендами, находит выражение в высоких значениях выборочного коэффициента автокорреляции для больших лагов. В то же время переход к первым разностям уровней ряда динамики процентной ставки позволяет привести его к стационарному виду: устраняются тренды, стабилизируется среднее значение, а выборочная автокорреляционная функция приобретает затухающую форму. Это свидетельствует о том, что динамика процентных ставок определяется интегрированным нестационарным случайным процессом, который можно описать при помощи модели ARIMA.

Модель ARIMA(p,d,q) задает процесс изменения значений случайной переменной при помощи небольшого числа параметров: степени интегрирования d, p коэффициентов авторегресии и q коэффициентов скользящего среднего. Степень интегрирования d равна числу шагов расчета разностей между последовательными элементами временного ряда, необходимому для приведения исходного ряда к стационарному виду. Полученный стационарный ряд Xt описывается при помощи модели

, (2.3.1)

где μ – константа (опускаемая в большинстве моделей как незначимо отличающаяся от нуля), φi – коэффициенты авторегрессии, θj – коэффициенты скользящего среднего, εt ­­– независимо распределенные случайные ошибки.

Математический аппарат, разработанный Боксом и Дженкинсом, позволяет идентифицировать число порядков p, d и q, оценивать параметры φi и θj, а также строить условные распределения будущих значений уровней исходного временного ряда. Как отмечают С.А.Айвазян и В.С.Мхитарян, в наиболее распространенных моделях ARIMA(p,d,q) используются комбинации порядков (0,1,1), (0,2,2), (1,1,1), (1,1,0) и (2,1,0)[[74]](#footnote-74).

Автор предлагает формировать сценарии будущих перемещений временной структуры процентных ставок, взяв за основу квантили условных распределений будущих значений главных компонент, построенные при помощи модели ARIMA. Для того, чтобы используемые квантили адекватно отражали спектр возможных состояний временной структуры процентных ставок, они должны представлять различные участки распределения, отражать его симметрию, а среднее значение и стандартное отклонение выборки квантилей должны соответствовать прогнозу модели ARIMA и его стандартной ошибке.

Поскольку главные компоненты независимы друг от друга, сценарии временной структуры строятся исходя из всех возможных комбинаций квантилей условного распределения будущих значений главных компонент. В частности, при использовании двухфакторной модели временной структуры процентных ставок и пяти сценариев будущих значений каждой главной компоненты общее число сценариев перемещения временной структуры процентных ставок оказывается равным 25.

Каждый сценарий состояния временной структуры процентных ставок через заданный промежуток времени определяет множество цен облигаций, которые установятся на рынке при реализации данного сценария. Располагая информацией о структуре портфеля, можно рассчитать значение его будущей стоимости при реализации каждого из сценариев по формуле

, (2.3.2)

где FVs(m) – стоимость портфеля через промежуток времени m при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s, qj – число облигаций выпуска j, включенных в состав портфеля, – цена облигации выпуска j через промежуток времени m при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s.

Используя выборку значений рыночной стоимости портфеля FVs(m) при различных сценариях перемещения временной структуры процентных ставок, можно построить выборку значений доходности портфеля h(m), которая рассчитывается по формуле

, (2.3.3)

где PV – рыночная стоимость портфеля в начальный момент времени.

Формулы (2.3.2) и (2.3.3) можно применять лишь при условии, что в течение периода вложений по портфелю не осуществляется никаких выплат. В противном случае будущая стоимость портфеля определяется не только размером начальных вложений в облигации и состоянием временной структуры процентных ставок через промежуток времени m, но также стратегией реинвестирования и состояниями временной структуры процентных ставок в моменты реинвестирования.

Если не использовать дополнительных предположений, построение репрезентативной выборки значений доходности портфеля требует построения траекторий движения временной структуры процентных ставок в течение всего периода вложений, а не сценариев ее состояния на конец периода. Для решения этой задачи необходимо воспользоваться техникой имитационного моделирования, задавая последовательность изменений значений главных компонент на основе оцененной модели ARIMA и значений ошибок εt, сгенерированных при помощи датчика псевдослучайных чисел. Однако такой подход к оценке параметров распределения доходности портфеля требует колоссального объема вычислений и затрат машинного времени.

Автор считает,что в случае, когда стоимость платежей, которые должны быть получены в течение периода вложений, существенно меньше общей стоимости портфеля, целесообразно воспользоваться альтернативным методом. Пусть все купонные платежи, выплачиваемые по облигациям выпуска j, реинвестируются путем приобретения дополнительных облигаций выпуска j. Тогда доходность вложений в каждую облигацию определяется по формуле

, (2.3.4)

где – доходность облигации выпуска j за период времени m при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s, – цена облигации выпуска j через промежуток времени m при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок s, – коэффициент увеличения размера позиции по облигации выпуска j в результате реинвестирования полученных купонных платежей, – цена облигации выпуска j в начальный момент времени.

Поправочный коэффициент зависит не только от размеров и сроков выплаты купонных платежей по облигации, но и от состояния временной структуры процентных ставок в момент реинвестирования, которое определяет цену покупки новых облигаций. Используя предположение об устойчивости динамики временной структуры процентных ставок, можно определить

, (2.3.5)

где Ct – размер купона, выплачиваемого через промежуток времени t, – цена облигации выпуска j через промежуток времени t при реализации сценария перемещения временной структуры процентных ставок, который определяется той же комбинацией квантилей распределения будущих значений главных компонент, что и сценарий состояния временной структуры процентных ставок в конечный момент времени.

Полученная выборка доходностей облигаций позволяет оценить математическое ожидание E(h(m)) и среднеквадратическое отклонение σ(h(m)) распределения доходности портфеля за период m по формулам

, (2.3.6)

, (2.3.7)

где xj – доля вложений в облигации выпуска j в рыночной стоимости портфеля в начальный момент времени, S – число сценариев перемещения временной структуры процентных ставок, J – число выпусков облигаций, включенных в состав портфеля.

*Рис.2.3.1. Методика сценарного анализа процентного риска*

*портфеля государственных облигаций.*

Методика сценарного анализа процентного риска, разработанная диссертантом, дает возможность ответить на ряд вопросов, имеющих как прикладное, так и теоретическое значение. Во-первых, она позволяет измерить ожидаемую доходность и риск портфелей государственных облигаций и сопоставить их с характеристиками альтернативных объектов вложений. Во-вторых, она позволяет оценить характер соотношения между доходностью и риском для различных портфелей облигаций и определить структуру эффективных портфелей, обеспечивающих наибольшую ожидаемую доходность при заданной степени риска. В-третьих, она позволяет выяснить, как изменяются значения показателей доходности и риска при увеличении срока вложений инвестора.

Эти вопросы стоят наиболее актуально на нестабильных развивающихся рынках, характеризующихся высокой изменчивостью конъюнктуры и краткосрочным характером операций большинства инвесторов. Такими признаками в полной мере обладает и российский рынок ГКО-ОФЗ. Поэтому разработанная методика сценарного анализа была использована для раскрытия закономерностей, связывающих на этом рынке структуру портфеля, срок вложений инвестора, ожидаемую доходность и степень риска.

На основе выборки временных структур процентных ставок российского рынка ГКО–ОФЗ, построенной по итогам торгов, проходившим в течение периода с 1 сентября 2000 г. по 28 марта 2001 г.,автором была произведена оценка главных компонент вектора десяти спот-ставок для сроков вложений от 0.04 до 2.82 г. Две первые главные компоненты оказались способными объяснить 95.58% суммарной дисперсии выборки, что позволило считать их достаточно репрезентативными для адекватного описания всей временной структуры процентных ставок. Процедура варимаксного вращения осей[[75]](#footnote-75) позволила связать главные компоненты с динамикой краткосрочных и долгосрочных процентных ставок. Первая главная компонента, отвечающая за уровень краткосрочных процентных ставок, объясняла 47.82% суммарной дисперсии выборки, вторая, отвечающая за уровень долгосрочных ставок – 47.76%.

В рамках методики, разработанной диссертантом, построение сценариев будущих значений главных компонент временной структуры процентных ставок предполагает идентификацию моделей случайных процессов, которые определяют характер их динамики. Для этого использовался анализ автокорреляционных и частных автокорреляционных функций рядов первых разностей.

 *Рис.2.3.2. Автокорреляционная функция первой разности*

*главной компоненты уровней краткосрочных процентных ставок.*

*Рис.2.3.3. Частная автокорреляционная функция первой разности*

*главной компоненты уровней краткосрочных процентных ставок.*

Автокорреляционные функции первых разностей главных компонент временной структуры процентных ставок имеют резко выделяющиеся отрицательные значения на лаге 1. Частные автокорреляционные функции напоминают затухающие экспоненты. Поэтому динамика первых разностей главных компонент временной структуры процентных ставок описывается моделью скользящего среднего первого порядка MA(1) с положительным значением параметра θ1:

Yt = εt – θ1 εt-1. (2.3.8)

Результаты оценки параметров моделей подтвердили правильность произведенной идентификации. Все параметры оказались статистически значимыми, автокорреляция остатков не была обнаружена. Таким образом, динамика главных компонент временной структуры процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ вполне удовлетворительно описывается моделями ARIMA(0,1,1).

Модели динамики главных компонент, оцененные автором, позволили построить сценарии будущих перемещений временной структуры процентных ставок. Сценарии строились на основе квантилей уровней 0.08, 0.24, 0.5, 0.76 и 0.92 условных распределений будущих значений главных компонент, период построения сценариев охватывал 8 недель. Таким образом, общее число сценариев оказалось равным 200. На основе значений ставок-представителей, соответствующих каждому сценарию будущих значений главных компонент, было сформировано множество сценариев перемещения временной структуры процентных ставок, которое позволило оценить ожидаемую доходность и процентный риск различных портфелей государственных облигаций.

Особый интерес представляет среднеквадратическое отклонение доходности рыночного портфеля ГКО–ОФЗ, которое отражает уровень риска на рынке в целом. В целях сопоставления изменчивости доходности операций на рынке ГКО–ОФЗ с изменчивостью доходности в других сегментах российского финансового рынка построенная выборка сценариев перемещения временной структуры процентных ставок была использована для оценки среднеквадратического отклонения доходности рыночного портфеля ГКО–ОФЗ, которая рассчитывалась по формуле

, (2.3.9)

где Vj – объем выпуска j в обращении по номиналу по состоянию на 28.03.2001.

В качестве представителей других сегментов финансового рынка нами рассматривались обменный курс доллара США к российскому рублю, а также индекс Российской торговой системы (РТС). Среднеквадратические отклонения доходностей вложений в доллар США и индекс РТС для сроков от 1 до 8 недель были рассчитаны на основе исторических выборок за период с 31.09.2000 по 28.03.2001.

*Рис.2.3.4. Зависимость натурального логарифма среднеквадратического отклонения доходности от срока вложений инвестора в различных сегментах российского финансового рынка.*

Как свидетельствует рис.2.3.4, уровень риска, связанного с размещением средств на рынке ГКО–ОФЗ, существенно меньше (примерно в 9.7 раза) уровня риска операций на рынке акций, но больше (примерно в 2.6 раза) уровня риска операций на валютном рынке. На всех сегментах финансового рынка наблюдается обратная зависимость между сроком вложений и среднеквадратическим отклонением рыночной доходности. Следовательно, уменьшение уровня риска портфеля государственных облигаций при увеличении срока вложений не следует связывать с сокращением разрыва между дюрацией и сроком вложений. Гораздо сильнее проявляется другой эффект, общий для всех сегментов финансового рынка и обусловленный удлинением периода начисления процентов и увеличением знаменателя формулы расчета доходности.

Методика сценарного анализа, разработанная диссертантом, позволяет получить ответ на один спорный вопрос теории процентного риска портфелей ценных бумаг с фиксированным доходом применительно к рынку ГКО–ОФЗ. Дело в том, что в литературе высказываются два прямо противоположных мнения по поводу связи между дюрацией неиммунизированного портфеля и уровнем процентного риска, которому подвержен его владелец. Как полагают Г.Бьервэг, Г.Кауфман и А.Тоевс, зависимость между дюрацией портфеля и уровнем процентного риска близка к функциональной[[76]](#footnote-76). Чем больше абсолютное значение разности между дюрацией и сроком вложений, тем больше среднеквадратическое отклонение доходности портфеля и тем больше процентный риск, которому подвергается инвестор. Напротив, Р.Даттатрейа и Ф.Фабоззи считают, что показатель дюрации не может адекватно отражать степень подверженности процентному риску владельца портфеля, поскольку он учитывает лишь малую часть спектра возможных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок[[77]](#footnote-77). Возможность непараллельных перемещений временной структуры, не учитываемая большинством показателей дюрации, оказывает существенное воздействие на уровень процентного риска портфеля, поэтому портфели, имеющие равные дюрации, могут характеризоваться различными среднеквадратическими отклонениями распределения доходности за период вложений инвестора.

Для того, чтобы выяснить, какая из точек зрения более адекватна ситуации, сложившейся на российском рынке ГКО–ОФЗ, нужно построить область возможных комбинаций значений дюрации и среднеквадратического отклонения доходности вложений. Для этого необходимо найти наибольшие и наименьшие значения функции

, (2.3.10)

удовлетворяющие системе ограничений

, (2.3.11)

, (2.3.12)

, (2.3.13)

где – дюрация Фишера–Вейла облигации выпуска j, – целевое значение дюрации портфеля.

*Рис.2.3.5. Диапазон возможных соотношений между дюрацией и среднеквадратическим отклонением доходности портфеля при сроке вложений 8 недель на рынке ГКО–ОФЗ по состоянию на 28.03.2001.*

Расчеты автора показывают, что среднеквадратическое отклонение доходности неиммунизированного портфеля возрастает с увеличением разрыва между его дюрацией Фишера–Вейла и сроком вложений инвестора. Однако зависимость между дюрацией и среднеквадратическим отклонением доходности портфеля не является функциональной. Как показывает рис.2.3.5, среди портфелей с одинаковой дюрацией наблюдается достаточно существенная вариация среднеквадратического отклонения доходности вложений. Таким образом, позиция Р.Даттатрейа и Ф.Фабоззи находит подтверждение на рынке ГКО–ОФЗ.

*Рис.2.3.6. Диапазон возможных соотношений между значением показателя M2 и среднеквадратическим отклонением доходности портфеля с дюрацией 1.5 г. для срока вложений 8 недель по состоянию на 28.03.2001.*

Как показывает рис.2.3.6, важным фактором, определяющим разброс среднеквадратических отклонений доходностей неиммунизированных портфелей с одинаковой дюрацией, является степень рассеяния денежных поступлений вокруг даты окончания периода вложений. Чем больше значение показателя M2, тем меньше уровень процентного риска, которому подвергается инвестор.

По мнению диссертанта, это обусловлено эффектом диверсификации, проявляющимся при включении в состав портфеля денежных требований к эмитенту с короткими и длинными сроками исполнения. Поскольку значения краткосрочных и долгосрочных процентных ставок во многом определяются различными факторами, при увеличении значения показателя M2 происходит снижение коэффициента корреляции между темпами прироста рыночных оценок различных денежных требований к эмитенту, обеспечиваемых портфелем, и как следствие – падает общий уровень процентного риска.

Изучение характера взаимосвязи доходности и риска на рынке ГКО–ОФЗ предполагает построение границ области возможных комбинаций значений критериальных показателей эффективности для различных сроков вложений. Для этого необходимо найти наибольшие и наименьшие значения функции

, (2.3.14)

удовлетворяющие системе ограничений

, (2.3.15)

, (2.3.16)

, (2.3.17)

при различных значениях срока вложений m и целевого уровня риска σG.

Таблица 2.3.1.

Структуры портфелей ГКО–ОФЗ, обеспечивающих максимум ожидаемой доходности при заданном уровне риска при сроке вложений 8 недель по состоянию на 28 марта 2001 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| σ(h(m)) | E(h(m)) | 21145 | 21147 | 25014 | 25023 | 25024 | 25030 | 27005 | 27006 | 27007 | 27009 | 28001 |
| 0.0497 | 0.1637 | 0.8822 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1178 |
| 0.0648 | 0.1783 | 0.4755 | 0 | 0 | 0 | 0.1777 | 0 | 0.3468 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.0799 | 0.1872 | 0 | 0 | 0 | 0.5835 | 0 | 0 | 0.4165 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.0949 | 0.1946 | 0 | 0 | 0 | 0.1574 | 0 | 0.3968 | 0.4457 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1100 | 0.2011 | 0 | 0.2640 | 0.2643 | 0 | 0 | 0.1130 | 0.3587 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1251 | 0.2064 | 0 | 0 | 0.4247 | 0 | 0 | 0 | 0.5753 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1401 | 0.2107 | 0 | 0 | 0.1734 | 0 | 0 | 0 | 0.8266 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1552 | 0.2144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8566 | 0.1434 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1703 | 0.2169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2832 | 0.7168 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1853 | 0.2173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7462 | 0.2538 | 0 |
| 0.2004 | 0.2146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9386 | 0.0614 |
| 0.2155 | 0.2039 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 |

Расчеты автора показывают, что наименьший уровень риска достигается при формировании портфеля, в котором доля краткосрочного выпуска ГКО 21145 составляет более 80%, а доля долгосрочного выпуска ОФЗ–ФД 28001 – менее 20%[[78]](#footnote-78). Максимальный уровень риска достигается при размещении всех средств инвестора в долгосрочный выпуск ОФЗ–ФД 28001. Наибольшим уровнем ожидаемой доходности характеризуются выпуски ОФЗ–ФД 27006, 27007, 27008 и 27009 со сроками до погашения от 1.82 до 2.19 г., наименьшим – выпуск ГКО 21145 и выпуски ОФЗ–ПД 25023 и 25024 со сроками до погашения от 0.34 до 0.46 г. Портфели, обеспечивающие максимум ожидаемой доходности вложений при заданном уровне риска, включают не более четырех различных выпусков. Поскольку доходности различных облигаций определяются общими факторами, потенциал диверсификации как метода управления процентным риском оказывается ограниченным.

*Рис.2.3.7. Диапазоны возможных соотношений между среднеквадратическим отклонением и математическим ожиданием доходности вложений на рынке ГКО–ОФЗ по состоянию на 28.03.2001.*

С увеличением срока вложений площадь критериальной области сокращается, а ее центр смещается в сторону оси ординат. Таким образом, несмотря на увеличение неопределенности по поводу будущих значений процентных ставок, которое выражается в расширении доверительных интервалов для значений главных компонент временной структуры и в увеличении размаха колебаний процентных ставок в рамках используемой выборки сценариев, удлинение периода вложений не увеличивает, а сокращает размах колебаний доходности вложений.

Увеличение срока вложений позволяет повысить эффективность инвестиционной операции. Рис.2.3.7 свидетельствует, что при заданном уровне ожидаемой доходности портфеля минимум среднеквадратического отклонения снижается с увеличением срока вложений, а при заданном уровне среднеквадратического отклонения максимум ожидаемой доходности портфеля увеличивается с увеличением срока вложений. В то же время при увеличении срока вложений снижается максимально достижимый уровень ожидаемой доходности (связанный с принятием инвестором большого процентного риска).

Проблема возможной неопределенности срока вложений инвестора игнорируется в большинстве работ по методологии управления процентным риском портфеля облигаций. Исключением является статья В.Хани[[79]](#footnote-79), в которой формулируется понятие об особой форме процентного риска портфеля – риске периода вложений (holding period risk).

Как отмечает Хани, большинство портфелей облигаций выполняют функцию вторичных резервов ликвидности. Предполагаемые сроки и размеры вывода средств из портфеля определяются характером краткосрочных обязательств, для выполнения которых недостаточно текущих поступлений на расчетный счет инвестора. Однако условия финансово-хозяйственной деятельности таковы, что довольно часто фактические сроки вложений расходятся с плановыми. Возникновение дополнительных текущих потребностей в денежных средствах вызывает необходимость продажи части портфеля облигаций; напротив, непредвиденный рост денежных поступлений позволяет перенести момент закрытия позиций по облигациям на более поздний срок.

Поскольку срок вложений не является жестко заданным, возникает дополнительный фактор риска, снижающий степень определенности размера доходности портфеля. Если распределение сроков отзыва средств из портфеля поддается экспертной оценке, эту информацию необходимо использовать при формировании его структуры.

Для того, чтобы учесть фактор неопределенности срока вложений инвестора при выборе структуры оптимального портфеля, диссертант предлагает представить эту проблему в форме игры с природой, определив множество стратегий инвестора как множество вариантов формирования портфеля, а множество состояний природы – как множество возможных комбинаций периодов времени, через которые инвестору могут потребоваться денежные средства, со сценариями перемещения временной структуры процентных ставок. Тогда общее число возможных состояний природы определяется по формуле

N = (mmax – mmin) × FQ, (2.3.18)

где mmax – максимальная продолжительность периода вложений (в неделях), mmin – минимальная продолжительность периода вложений (в неделях), F – число главных компонент, определяющих значения процентных ставок различной срочности, Q – число возможных значений главной компоненты, используемых при построении сценариев перемещения временной структуры процентных ставок.

Каждой комбинации структуры портфеля и состояния природы соответствует определенное значение доходности, которое рассчитывается по формуле

, (2.3.19)

где hp(m,q1...qF) – доходность портфеля при сроке вложений m и реализации сценария перемещения временной структуры, описываемого значениями F главных компонент c порядковыми номерами q1...qF, xj ­– доля вложений в облигации выпуска j в рыночной стоимости портфеля, hj – доходность облигации выпуска j.

Выигрыш инвестора при реализации различных состояний природы представляет собой разность между доходностью портфеля hp(m,q1...qF) и спот-ставкой s(m), установившейся в момент его формирования. Однако изменчивость выигрыша при рассмотрении различных сроков вложений не остается постоянной. Как показали результаты сценарного анализа, выполненного диссертантом, с увеличением срока вложений среднеквадратическое отклонение доходности портфеля государственных облигаций сокращается. Поэтому в целях обеспечения сопоставимости различных периодов времени диссертант считает необходимым осуществление нормировки выигрыша на размер среднеквадратического отклонения доходности рыночного портфеля для соответствующего срока. Тогда размер выигрыша R определяется как

. (2.3.20)

Полезность выигрыша зависит от индивидуальных особенностей инвестора. Однако большинство инвесторов испытывают отрицательное отношение к процентному риску. Для них увеличение выигрыша на заданную величину ΔR ведет к меньшему изменению уровня полезности, чем снижение выигрыша на ту же величину ΔR. Поэтому функция полезности, отражающая отрицательную склонность к риску, характеризуется положительным значением первой производной и отрицательным значением второй производной на всей области определения, соответствующей возможным значения выигрыша.

Диссертант предлагает воспользоваться функцией полезности вида

. (2.3.21)

Функция вида f(x)=1-e-wx обладает двумя полезными свойствами, позволяющими использовать ее для моделирования отношения к процентному риску на рынке облигаций. Во-первых, она отражает неприятие риска. В самом деле,

, (2.3.22)

. (2.3.23)

Во-вторых, она позволяет учитывать различие степени неприятия риска у различных инвесторов. Чем больше значение параметра w, тем выше степень неприятия риска.

*Рис.2.3.8. График функции .*

Структура портфеля, обеспечивающего максимальное среднее значение уровня полезности, зависит от вероятностей отзыва средств из портфеля через различные сроки и вероятностей реализации различных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Для ее определения необходимо решить задачу оптимизации

, (2.3.24)

, (2.3.25)

, (2.3.26)

где p(m) – вероятность отзыва средств из портфеля через период времени m, p(qf) – вероятность изменения значения f-й главной компоненты временной структуры процентных ставок в соответствии со сценарием с порядковым номером qf.

Определяя вероятности p(m), инвестор формализует свои оценки предполагаемого срока вложений. Определяя вероятности p(qf), инвестор формализует свои прогнозы будущего изменения рыночной конъюнктуры. Параметр w отражает отношение инвестора к процентному риску. Таким образом, модель (2.3.24)–(2.3.26), разработанная диссертантом, представляет собой инструмент поддержки принятия решений, позволяющий регулировать структуру портфеля на основе информации о предполагаемых сроках вложений, характере прогнозов инвестора и его отношении к процентному риску. Практическое значение этой модели состоит в том, что она может быть использована участниками рынка ГКО–ОФЗ в ходе реализации самых различных инвестиционных стратегий (как агрессивных, так и консервативных, как краткосрочных, так и среднесрочных).

Для того, чтобы проанализировать сравнительную значимость различных факторов, влияющих на выбор инвестора, автором был проведен эксперимент по определению структур оптимальных портфелей при различных возможных значениях параметров p(m), p(q) и w. Предполагалось, что портфель формируется 28 марта 2001 г. из финансовых инструментов, обращающихся на рынке ГКО–ОФЗ. Для решения задачи нелинейного программирования (2.3.24)–(2.3.26) использовалась утилита Solver программной среды Excel 7.0.

Таблица 2.3.2.

Рассматриваемые комбинации значений параметров,

определяющих выбор структуры оптимального портфеля ГКО–ОФЗ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | m=1 | m=2 | m=3 | m=4 | m=5 | m=6 | m=7 | q1=1 | q1=2 | q1=3 | q1=4 | q1=5 | q2=1 | q2=2 | q2=3 | q2=4 | q2=5 | w |
| 1 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 2 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 1 |
| 3 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 2 |
| 4 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.5 |
| 5 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 1 |
| 6 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 2 |
| 7 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.5 |
| 8 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 1 |
| 9 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 2 |
| 10 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 11 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 1 |
| 12 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 2 |
| 13 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.5 |
| 14 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 2 |
| 16 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.5 |
| 17 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 1 |
| 18 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 2 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 1 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 2 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.5 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 1 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 2 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.5 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 1 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 2 |

Для изучения влияния срока вложений на структуру оптимального портфеля рассматривались три возможных варианта: сверхкраткосрочный период вложений с ожидаемой продолжительностью две недели и вероятностями сроков отзыва средств p(1)=0.25, p(2)=0.5, p(3)=0.25; краткосрочный период вложений с ожидаемой продолжительностью четыре недели и вероятностями сроков отзыва средств p(3)=0.25, p(4)=0.5, p(5)=0.25; среднесрочный период вложений с ожидаемой продолжительностью шесть недель и вероятностями сроков отзыва средств p(5)=0.25, p(6)=0.5, p(7)=0.25. Для изучения влияния отношения к риску на структуру оптимального портфеля рассматривались три возможных значения параметра w, равные 0.5, 1 и 2.

Для изучения влияния характера прогнозов инвестора на структуру оптимального портфеля рассматривались три возможных варианта прогнозов. Согласно прогнозу улучшения состояния рыночной конъюнктуры, наиболее вероятными считаются вторые сценарии изменения значений главных компонент, соответствующие умеренному снижению уровня процентных ставок, а вероятности пяти различных значений каждой из двух главных компонент определяются условием p(1)=0.2, p(2)=0.4, p(3)=0.2, p(4)=0.1, p(5)=0.1. Согласно прогнозу сохранения текущего состояния рыночной конъюнктуры, наиболее вероятными считаются третьи сценарии изменения значений главных компонент, соответствующие незначительному изменению уровня процентных ставок и представляющие собой предсказания моделей ARIMA, а вероятности пяти различных значений каждой из двух главных компонент определяются условием p(1)=0.1, p(2)=0.2, p(3)=0.4, p(4)=0.2, p(5)=0.1. Согласно прогнозу ухудшения состояния рыночной конъюнктуры, наиболее вероятными считаются четвертые сценарии изменения значений главных компонент, соответствующие умеренному росту уровня процентных ставок, а вероятности пяти различных значений каждой из двух главных компонент определяются условием p(1)=0.1, p(2)=0.1, p(3)=0.2, p(4)=0.4, p(5)=0.2.

По результатам расчетов были определены структуры портфелей, которые в наилучшей степени отвечают индивидуальным особенностям инвесторов, отличающихся сроками вложений, прогнозами и отношением к риску.

Таблица 2.3.3 показывает, что в состав оптимальных портфелей вошли облигации двенадцати различных выпусков из восемнадцати рассматриваемых. Выпуски с минимальными сроками до погашения наиболее широко представлены в структуре портфелей, рекомендуемых инвесторам, характеризующимся высокой склонностью к устранению риска и прогнозирующим рост уровня процентных ставок. Более долгосрочные выпуски наиболее широко представлены в структуре портфелей, рекомендуемых инвесторам, характеризующимся слабым стремлением к устранению риска и прогнозирующим падение уровня процентных ставок.

Оценка сравнительной значимости различных факторов, определяющих размер дюрации оптимального портфеля, производилась диссертантом при помощи регрессионной модели с фиктивными переменными, определения которых даны в таблице 2.3.4.

Таблица 2.3.3.

Структуры и дюрации оптимальных портфелей ГКО–ОФЗ по состоянию на 28.03.2001.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 21145 | 21147 | 25014 | 25023 | 25024 | 25030 | 27004 | 27005 | 27006 | 27007 | 27008 | 28001 | DFW |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.511 | 0 | 0 | 0 | 0.489 | 0 | 0 | 1.137 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0.627 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.373 | 0 | 0 | 0.876 |
| 3 | 0.747 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.253 | 0 | 0.708 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0.568 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.432 | 0 | 0 | 0.942 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.31 | 0 | 0 | 0.753 |
| 6 | 0.797 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.203 | 0 | 0.636 |
| 7 | 0.861 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.139 | 0 | 0.543 |
| 8 | 0.865 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.135 | 0 | 0.537 |
| 9 | 0.875 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.112 | 0.013 | 0.528 |
| 10 | 0 | 0 | 0.313 | 0 | 0 | 0 | 0.687 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.208 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.599 | 0 | 0.401 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.958 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.685 | 0 | 0 | 0 | 0.315 | 0 | 0 | 0 | 0.747 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0.131 | 0 | 0.38 | 0 | 0 | 0 | 0.488 | 0 | 0 | 1.103 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0.643 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.357 | 0 | 0 | 0 | 0.845 |
| 15 | 0.737 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.263 | 0 | 0 | 0 | 0.657 |
| 16 | 0.851 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.149 | 0 | 0 | 0 | 0.52 |
| 17 | 0.86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0 | 0 | 0.509 |
| 18 | 0.887 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.113 | 0.552 |
| 19 | 0 | 0 | 0.106 | 0 | 0 | 0 | 0.894 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.281 |
| 20 | 0 | 0 | 0.734 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.266 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.058 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0.575 | 0 | 0 | 0 | 0.425 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.824 |
| 22 | 0 | 0.258 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.742 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.224 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0.094 | 0 | 0.44 | 0 | 0.466 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.972 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0.096 | 0.593 | 0 | 0 | 0 | 0.311 | 0 | 0 | 0 | 0.75 |
| 25 | 0.806 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.194 | 0 | 0 | 0 | 0.574 |
| 26 | 0.841 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.159 | 0 | 0 | 0 | 0.533 |
| 27 | 0.865 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.135 | 0 | 0 | 0.509 |

Таблица 2.3.4.

Булевы переменные, выражающие специфику различных инвесторов.

|  |  |
| --- | --- |
| S | равна 1, если срок вложений инвестора – сверхкраткосрочный, и 0 – в противоположном случае |
| L | равна 1, если срок вложений инвестора – среднесрочный, и 0 – в противоположном случае |
| F | равна 1, если инвестор прогнозирует падение процентных ставок, и 0 – в противоположном случае |
| G | равна 1, если инвестор прогнозирует рост процентных ставок, и 0 – в противоположном случае |
| N | равна 1, если инвестор характеризуется низкой степенью неприятия процентного риска (w=0.5), и 0 – в противоположном случае |
| A | равна 1, если инвестор характеризуется высокой степенью неприятия процентного риска (w=2), и 0 ­– в противоположном случае |

В результате было получено следующее уравнение зависимости между дюрацией оптимального портфеля и фиктивными переменными, отражающими индивидуальные особенности инвестора:

DFW = 0.855–0.049S+0.069L+0.102F–0.342G+0.166 N –0.125A; R2 = 0.868. (2.3.27)

1. (16.144) (-0.993) (1.417) (2.079) (-6.968) (3.377) (-2.558)

Все коэффициенты регрессии имеют ожидаемые знаки (bS<0, bL>0, bF>0, bG<0, bN>0, bA<0). При этом четыре из шести коэффициентов статистически значимы на 6% уровне. Наибольшие по абсолютной величине значения t-статистик зафиксированы у коэффициентов при переменных, отражающих характер прогнозов инвестора и его стремление к устранению процентного риска, а наименьшие – у коэффициентов при переменных, измеряющих продолжительность периода вложений.

Полученные результаты позволили автору прийти к заключению, что важнейшим фактором, определяющим размер дюрации оптимального портфеля при осуществлении краткосрочных рисковых вложений, является характер прогнозов инвестора. Большое значение играет и степень неприятия процентного риска. Чем сильнее степень уверенности инвестора в падении уровня процентных ставок в ближайшем будущем, чем больше его готовность рисковать и чем более продолжительным является его период вложений, тем больше дюрация оптимального портфеля.

**2.4. Краткосрочное прогнозирование конъюнктуры рынка ГКО-ОФЗ.**

Динамика процентных ставок определяется взаимодействием целого ряда факторов: денежно-кредитной и налогово-бюджетной политики государства, состояния ликвидности банковской системы, тенденций развития инфляционных процессов, спроса на кредитные ресурсы со стороны реального сектора экономики, конъюнктуры смежных секторов финансового рынка и степени их интегрированности с сектором долговых финансовых инструментов, а также зависит от потока информационных сообщений, отражающих перспективы изменения состояния этих факторов, которые поступают рыночным агентам и определяют характер их последующих действий. Одни из факторов определяют долгосрочные тенденции изменения уровня процентных ставок, другие вызывают краткосрочные колебания, затухающие через несколько дней после первичной реакции рынка.

Автор полагает, что исследуя реакцию процентных ставок на изменения значений макроэкономических и финансовых показателей, отражающие перемены в состоянии экономики страны и конъюнктуре финансового рынка, можно построить модель прогнозирования, способную предсказывать направление движения процентных ставок более, чем в 50% случаев. Конечно, намерение добиться чрезвычайно высокой точности прогнозов является утопией. Набор доступных индикаторов, сколь бы широким он ни был, не может дать полностью адекватную картину комплекса сил, определяющих траекторию движения процентных ставок. Кроме того, эффективные рынки оперативно реагируют на вновь поступающую информацию, поэтому лаговые значения доступных индикаторов могут объяснить лишь часть вариации будущих изменений прогнозируемого показателя. В этой связи любая, даже самая эффективная модель прогнозирования обречена на ошибки; она не может гарантировать тесной корреляции между предсказанными и фактическими значениями объясняемой случайной переменной.

Однако попытка построить модель, верно определяющую направление движения рынка немногим более, чем в 50% случаев, и обеспечивающую небольшую положительную корреляцию между прогнозируемыми и фактическими изменениями, при определенных обстоятельствах может увенчаться успехом. По мнению автора, степень эффективности прогнозирования зависит от трех основных факторов: степени устойчивости тенденций, определявших динамику процентных ставок в недавнем прошлом, степени эффективности рынка, или скорости его адаптации к новым состояниям факторов среды, а также качества используемой модели. Два первых фактора находятся вне рамок контроля исследователя; они задают условия, в которых решается задача. Однако третий фактор поддается контролю: исследователь может выбирать различные концептуальные подходы к построению модели, вводить в рамки анализа или исключать из них различные переменные, сужать или расширять диапазон исторических данных, на основе которых оцениваются параметры модели.

В настоящей работе осуществляется проверка гипотезы о существовании сложной нелинейной зависимости между прошлыми значениями индикаторов российского финансового рынка и последующими изменениями спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год, отвечающей за часть вариации этих изменений. В качестве инструмента идентификации данной зависимости диссертантом используются нейронные сети – гибкие непараметрические модели, нашедшие широкое применение в различных финансовых приложениях.

Выбор нейронных сетей в качестве инструментального средства решения задачи прогнозирования динамики процентных ставок обусловлен их уникальной способностью к аппроксимации нелинейных зависимостей. Согласно следствию из теоремы Колмогорова–Арнольда, доказанному Хехт-Нильсеном, произвольная непрерывная функция нескольких переменных может быть аппроксимирована нейронной сетью с любой наперед заданной степенью точности.[[80]](#footnote-80) Важным аргументом, послужившим основанием выбора нейронных сетей в качестве инструмента моделирования, стали успехи целого ряда исследователей в решении различных проблем анализа финансовых рынков на основе разработки нейросетевых приложений.

Обработка информации в нейронной сети осуществляется при помощи особых структурных элементов – искусственных нейронов. В нейрон поступает набор входных сигналов Xi. Каждый входной сигнал корректируется на соответствующий ему вес Wi. Потенциал нейрона рассчитывается по формуле

V = W0 + Σ Xi × Wi. (2.4.1)

Выходной сигнал нейрона формируется в результате преобразования потенциала нелинейной передаточной функцией f(V). Обычно для этого используется сигмоидальная функция вида

. (2.4.2)

*Рис.2.4.1. Математическая модель нейрона.*

Объединяя искусственные нейроны в сети, можно получить различные варианты архитектуры. Но в финансовых приложениях чаще всего используются многослойные персептроны (multilayer perceptrons). Это нейронные сети, позволяющие моделировать зависимости между векторами входных и выходных переменных. В многослойных персептронах нейроны объединяются в слои, каждый из которых обрабатывает одинаковые входные сигналы.

*Рис.2.4.2. Архитектура многослойного персептрона.*

Входной слой формируют независимые переменные, выходной ­– зависимые. Между ними располагаются скрытые слои. Выходы нейронов предыдущего слоя направляются на вход нейронов последующего слоя. База знаний нейронной сети представляет собой матрицу весов связей между нейронами.

Процесс настройки весов многослойного персептрона называется обучением. Для этого используется обучающая выборка – множество векторов значений объясняющих и объясняемых переменных. Цель обучения заключается в минимизации ошибки оценки объясняемых переменных на основе информации о значениях объясняющих переменных.

Итеративный алгоритм обучения многослойных персептронов, ставший впоследствии классическим и получивший название алгоритма обратного распространения ошибки (error backpropagation), впервые был разработан Полом Вербосом в 1974 г. в рамках работы над магистерской диссертацией в Гарвардском университете[[81]](#footnote-81). Однако работа Вербоса не была должным образом оценена и долгое время оставалась неизвестной крупнейшим ученым. В 1986 г. алгоритм обратного распространения был заново открыт и популяризирован Д.Румельхартом, Г.Хинтоном и Р.Вильямсом[[82]](#footnote-82). С начала 1990-х гг. алгоритм обратного распространения стал активно применяться в прикладных разработках.

Алгоритм обратного распространения осуществляет минимизацию функции ошибки, определенной на множестве возможных значений весов сети. Функция ошибки обычно задается как

, (2.4.3)

где 1/2 – константа, введенная для удобства при вычислении производных, i – порядковый номер выходного нейрона, Y ­– размер сигнала выходного нейрона, D – обучающее значение объясняемой переменной.

На каждой итерации работы алгоритма осуществляется переход к новой точке пространства весов сети. Для этого используется метод градиентного спуска, позволяющий выбрать направление, в котором скорость уменьшения значения функции ошибки является максимальной. Коррекция весов производится по правилу

, (2.4.4)

где E – функция ошибки, W – вес, λ – коэффициент обучения (размер шага корректировки), t – порядковый номер итерации.

Вычисление производных функции ошибки по весам сети осуществляется по формуле

, (2.4.5)

где j ­– номер нейрона предыдущего слоя, i – номер нейрона последующего слоя, W – вес, V – потенциал, f – передаточная функция.

Производные ошибки по потенциалам вычисляются по правилу цепи, которое и обеспечивает процесс обратного распространения ошибки из нейронов выходного слоя в нейроны предыдущих слоев.

Для выходных нейронов

. (2.4.6)

Для скрытых нейронов

, (2.4.7)

где h ­– номер нейрона последующего слоя, i ­– номер нейрона обрабатываемого слоя.

В целях ускорения процесса обучения часто используется модификация алгоритма обратного распространения, которая обеспечивает большую стабильность процесса корректировки за счет применения оператора экспоненциального сглаживания. В этом случае уравнение обучения принимает вид

, (2.4.8)

где μ ­– момент, λ – коэффициент обучения.

В ходе обучения сети многократно предъявляется один и тот же набор обучающих примеров. Чем дольше продолжается процесс обучения, тем лучше качество аппроксимации, демонстрируемое сетью при оценке значений выходных переменных по обучающей выборке. Однако через определенное число эпох обучения (под эпохой понимается однократное предъявление сети используемого набора обучающих примеров) улучшение качества аппроксимации начинает обеспечиваться не в результате правильной идентификации нелинейной зависимости между объясняющими и объясняемыми переменными, а за счет точности настройки на специфические особенности обучающих примеров. Этот феномен, получивший название переобучения (overtraining), находит отражение в падении способности сети к обобщению, то есть к адекватной оценке значений выходных переменных по наблюдениям, не предъявленным в ходе обучения.

Для того, чтобы разрешить проблему переобучения, массив исходных данных разбивается на обучающую и тестовую выборки. Обучающая выборка используется в процессе работы алгоритма коррекции матрицы весов сети. Тестовая выборка используется для контроля состояния обученности сети. Процесс обучения прекращается, когда значение ошибки оценки значений выходных переменных по тестовой выборке достигает минимума.

В первой половине 1990-х годов целый ряд исследователей обратился к методологии нейронных сетей как к инструментальному средству анализа финансовых рынков. Однако основные усилия обошли стороной сферу изучения процессов функционирования рынков облигаций. Большинство работ, опубликованных в этот период, посвящены прогнозированию динамики рынков акций и иностранных валют, определению рейтингов кредитоспособности заемщиков, оценке опционов.[[83]](#footnote-83)

Первая попытка разработки нейросетевой модели прогнозирования конъюнктуры рынка облигаций была предпринята В.Ченгом, Л.Вагнером и Ч.Лином[[84]](#footnote-84). Их усилия были направлены на построение модели, прогнозирующей направление изменения цены тридцатилетней облигации Казначейства США через одну неделю. Используя в качестве объясняющих переменных спот-ставки для различных сроков вложений, индексы рынка акций, денежный агрегат M2, курсы доллара к японской иене и немецкой марке, а также цены на нефть и золото, они сконструировали нейронную сеть, оказавшуюся способной правильно определять направление изменения цены в 67% случаев.

Результаты, полученные Ченгом, Вагнером и Лином, показали, что задача краткосрочного прогнозирования конъюнктуры стабильного высоколиквидного рынка государственных облигаций с использованием нейросетевых моделей вполне разрешима. Однако российский рынок государственных ценных бумаг существенно отличен от американского, что ставит под сомнение возможность эффективного применения нейросетевых алгоритмов в целях поддержки принятия решений по управлению портфелем ГКО–ОФЗ.

Во-первых, очень сильное влияние на конъюнктуру рынка ГКО–ОФЗ оказывают политические события, которые практически не поддаются формализованному анализу и прогнозированию. Во-вторых, уровень ликвидности инструментов рынка ГКО-ОФЗ и объем совершаемых на нем операций крайне низок. По некоторым инструментам в течение торговой сессии вообще не заключается ни одной сделки, что совершенно нетипично для развитых рынков государственных ценных бумаг. В результате цены облигаций оказываются чувствительными к непредсказуемым колебаниям спроса и предложения со стороны отдельных операторов. В-третьих, макроэкономическое положение России характеризуется частыми и существенными изменениями, что не позволяет использовать в ходе анализа достаточно продолжительные исторические выборки.

В то же время все вышеизложенное позволяет предположить, что российский рынок ГКО–ОФЗ не является эффективным. Вполне возможно, что сигналы со смежных секторов финансового рынка отражаются на ценах государственных облигаций с небольшим лагом. Если эта гипотеза соответствует действительности, модель прогнозирования краткосрочных колебаний процентных ставок может оказаться способной обеспечить правильное определение направления движения рынка более, чем в 50% случаев. Изучение кросс-корреляций между темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год за одну неделю и темпами прироста некоторых индикаторов российского финансового рынка, оцененных по данным за период с 1 июня по 27 декабря 2000 г., позволило получить ряд свидетельств в пользу сделанного предположения.

*Рис.2.4.3. Кросс-корреляция между недельным темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год и недельным темпом прироста денежных остатков на корреспондентских счетах коммерческих банков в Банке России.*

Рис.2.4.3 показывает, что темп прироста денежных остатков на корреспондентских счетах коммерческих банков в Банке России является опережающим индикатором для темпа прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год. Коэффициенты корреляции для лагов в 0 и 1 неделю отрицательны и статистически значимы на 5% уровне. Повышение уровня ликвидности банковской системы сопровождается ростом спроса на государственные облигации, который приводит к снижению процентных ставок на рынке ГКО–ОФЗ. Уменьшение уровня ликвидности банковской системы вынуждает банки производить сокращение своих портфелей государственных облигаций, что влечет рост предложения на рынке и повышение уровня процентных ставок.

*Рис.2.4.4. Кросс-корреляция между недельным темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год и недельным темпом прироста курса доллара США к российскому рублю.*

*Рис.2.4.5. Кросс-корреляция между недельным темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год и недельным темпом прироста средневзвешенной процентной ставки по краткосрочным межбанковским кредитам (индикатора MIACR).*

Рис.2.4.4 показывает, что темп прироста курса доллара США также служит опережающим индикатором. Коэффициенты корреляции между темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год и этим показателем отрицательны и статистически значимы для задержек в 0, 1 и 2 недели. Ускорение темпов обесценения рубля влечет переток средств на валютный рынок, усиливает инфляционные ожидания и понижает цены рублевых облигаций. Укрепление рубля делает валютные операции непривлекательными и стимулирует спрос на государственные облигации, что вызывает падение процентных ставок.

Рис.2.4.5 демонстрирует тесную связь между рынком ГКО–ОФЗ и рынком межбанковских кредитов. Дефицит ресурсов на межбанковском кредитном рынке преодолевается за счет продажи части портфелей ГКО–ОФЗ; избыток ресурсов межбанковского кредитного рынка направляется на другие сегменты финансового рынка, в том числе на рынок государственных облигаций. Поэтому между процентными ставками рынков межбанковских кредитов и ГКО–ОФЗ наблюдается положительная корреляция, причем темп прироста ставки MIACR (средневзвешенной ставки по фактически предоставленным межбанковским кредитам) может использоваться для прогнозирования направления изменения ставок на рынке ГКО–ОФЗ через одну неделю.

*Рис.2.4.6. Кросс-корреляция между недельным темпом прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год и недельным темпом прироста индекса РТС.*

Рис.2.4.6 свидетельствует, что между темпом прироста капитализации рынка акций и процентными ставками на рынке ГКО–ОФЗ наблюдается статистически значимая отрицательная корреляция. Улучшение конъюнктуры рынка акций, вызванное позитивными сдвигами в ожиданиях инвесторов по поводу перспектив изменения макроэкономического положения страны, сопровождается снижением уровня процентных ставок. Ускорение падения цен на рынке акций может выступать фактором падения цен и на рынке ГКО–ОФЗ.

Анализ кросс-корреляционных функций показывает, что последующие изменения процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ тесно связаны лишь с самыми последними изменениями на других сегментах российского финансового рынка. Поэтому при выборе объясняющих переменных модели прогнозирования целесообразно ограничиться несколькими последними значениями потенциальных опережающих индикаторов.

Между значениями различных объясняющих переменных может существовать тесная корреляционная зависимость, что делает использование некоторых из них в рамках модели прогнозирования нецелесообразным в связи с эффектом мультиколлинеарности. Для того, чтобы отобрать наиболее значимые опережающие индикаторы для модели прогнозирования темпа прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год, диссертант воспользовался методом пошагового регрессионного анализа с последовательным включением наиболее значимых объясняющих переменных. В первоначальный набор объясняющих переменных были включены недельные темпы прироста пяти различных индикаторов: спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год, денежных остатков на корреспондентских счетах коммерческих банков в Банке России, обменного курса доллара США к российскому рублю, средневзвешенной ставки по фактически предоставленным краткосрочным межбанковским кредитам и индекса Российской торговой системы, взятые с задержками в 1, 2 и 3 недели относительно прогнозируемого показателя. В результате было получено следующее уравнение регрессии:

Rt= –0.0169+0.1957Rt-1 –0.0779Bt-1 +2.9992Dt-1 +1.8582Dt-2 +0.0270Ct-1 ­–0.2141St-1 –0.1351St-2 ,

(t) (-3.0121) (1.7080) (-1.2154) (1.8511) (1.1442) (2.1570) (-2.5473) (-1.7412)

 где Rt – темп прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год за неделю t, Bt – темп прироста остатков на корреспондентских счетах коммерческих банков в Банке России за неделю t, Dt – темп прироста обменного курса доллара США к российскому рублю за неделю t, Сt – темп прироста ставки MIACR за неделю t, St ­– темп прироста индекса РТС за неделю t.

В полученное уравнение регрессии вошли 7 объясняющих переменных, коэффициент детерминации R2 составил 0.4399. Таким образом, значительная часть последующих изменений процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ получила объяснение при помощи модели множественной регрессии.

Однако в действительности характер зависимости между опережающими индикаторами и прогнозируемым показателем может являться нелинейным. Тогда использование нейронной сети вместо множественной регрессии позволяет существенно повысить качество модели. В этой связи автором было произведено обучение трехслойного персептрона с семью нейронами во входном слое (соответствующих семи объясняющим переменным регрессионной модели), четырьмя нейронами в единственном скрытом слое и одним нейроном в выходном слое (соответствующим прогнозируемому показателю).

Массив исходных данных за период с 1 июня по 27 декабря 2000 г., включающий значения переменных по состоянию на вторник и пятницу каждой недели, был разбит на обучающую и тестовую выборки. В состав обучающей выборки были включены 48 наблюдений, в состав тестовой выборки – 12 наблюдений (20% от их общего количества).

*Рис.2.4.7. Кривая обучения нейросетевой модели прогнозирования недельного темпа прироста спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год.*

В течение примерно 2500 эпох обучения коэффициент детерминации между фактическими и спрогнозированными изменениями процентной ставки повышался как по обучающей, так и по тестовой выборке, достигнув соответственно отметок 0.6033 и 0.5950. В последующем коэффициент детерминации по обучающей выборке продолжил увеличиваться, а коэффициент детерминации по тестовой выборке начал снижаться. Таким образом, оптимальное состояние обученности сети было достигнуто после 2500 эпох обучения. При этом были выявлены нелинейные зависимости между опережающими индикаторами и прогнозируемой переменной, что позволило автору добиться повышения коэффициента детерминации примерно на 36.5% по сравнению с линейной регрессионной моделью.

Для изучения характера влияния опережающих индикаторов на прогноз нейронной сети были построены профили чувствительности выходной переменной к изменению значения свободной входной переменной. При построении профилей чувствительности значения несвободных входных переменных фиксировались на уровне средних по выборке. Значения единственной свободной переменной варьировались в диапазоне (-2s; 2s), где s – среднеквадратическое отклонение ее выборочного распределения.

*Рис.2.4.8. Профили чувствительности выходной переменной к изменению значений входных переменных.*

Анализ профилей чувствительности показывает, что зависимости между лаговым значением темпа прироста процентной ставки, а также темпами прироста курса доллара и прогнозируемым показателем являются нелинейными. Небольшие колебания курса доллара практически не отражаются на последующих изменениях процентных ставок, в то время как в случае резких скачков обменного курса влияние валютного рынка на рынок государственных облигаций резко возрастает. Чувствительность прогнозируемой переменной к последним изменениям на рынках акций и иностранных валют выше по сравнению с ее чувствительностью к предшествующим изменениям. Направления воздействия опережающих индикаторов на прогнозируемую переменную соответствуют оценкам, полученным при рассмотрении кросс-корреляционных функций и построении линейной регрессионной модели.

Эффективность применения нейронной сети для краткосрочного прогнозирования конъюнктуры рынка ГКО–ОФЗ оценивалась автором путем сравнения предсказаний, сделанных обученной сетью каждую среду в течение периода с начала января по конец марта 2001 г., с фактическими изменениями процентной ставки, а также с прогнозами линейной регрессионной модели.

Ra – фактический темп прироста спот-ставки, Rp – прогноз темпа прироста спот-ставки

*Рис.2.4.9. Результаты прогнозирования недельного темпа прироста спот-ставки*

*рынка ГКО–ОФЗ для срока один год в январе–марте 2001 г.*

И нейронная сеть, и множественная регрессия смогли обеспечить положительное значение коэффициента корреляции между предсказанными и фактическими изменениями, но точность прогнозирования с использованием нейронной сети оказалась более высокой. Регрессионная модель верно определила направление изменения процентной ставки в семи случаях из двенадцати, в то время как нейронная сеть – в восьми случаях из двенадцати. Коэффициент корреляции между спрогнозированными и фактическими изменениями составил 0.3613 для регрессионной модели и 0.4268 для нейронной сети.

Значения коэффициентов детерминации существенно упали по сравнению с периодом, использованным для настройки параметров моделей (с 0.4399 до 0.1306 для линейной регрессии и с 0.5950 до 0.1822 для нейронной сети). Этот результат вполне объясним. Во-первых, механизм реагирования операторов рынка государственных облигаций на события, происходящие на других сегментах финансового рынка, претерпевает изменения с течением времени. Во-вторых, большое влияние на колебания процентных ставок оказывают факторы, не учитываемые в рамках модели прогнозирования и действующие различным образом в течение периодов настройки параметров модели и построения прогнозов.

В то же время обе построенные модели смогли превзойти по эффективности наивную модель отсутствия изменений. Нейронная сеть справилась с задачей определения направления движения процентных ставок в 67% случаев, то есть обеспечила такую же точность оценок, как и модель Ченга–Вагнера–Лина для американского рынка. Используя поступающую информацию о траектории движения процентной ставки, конъюнктуре смежных секторов финансового рынка и состоянии ликвидности банковской системы, удалось объяснить более 18% вариации последующих изменений спот-ставки рынка ГКО–ОФЗ для срока один год.

Полученные результаты позволяют заключить, что на рынке ГКО–ОФЗ нейросетевые модели прогнозирования обладают реальной предсказательной силой. Однако их использование в качестве одного из инструментов поддержки принятия решений можно рекомендовать лишь наиболее агрессивным инвесторам, характеризующимся высокой склонностью к риску и осуществляющим частый пересмотр структуры управляемого портфеля государственных облигаций.

**Выводы по результатам исследования.**

1. В результате изменения политики управления внутренним государственным долгом, обусловленного финансовым кризисом 1998 г., рынок ГКО–ОФЗ утратил доминирующее положение в системе российских финансовых рынков и прекратил свое существование в форме непрерывно расширяющейся пирамиды, вытесняющей все альтернативные инструменты инвестиций. К началу II квартала 2001 г. он представляет собой низколиквидный, но достаточно стабильный рынок, защищенный от влияния мировых финансовых кризисов административными ограничениями на операции иностранных участников. Точное соблюдение эмитентом условий выпуска облигаций, размещенных в ходе новации и после ее проведения, позволило в значительной мере восстановить утраченное доверие инвесторов.

2. Важнейшим экономическим фактором, определявшим тенденции изменения процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ в 1999­–2000 гг., была динамика денежной массы в обращении. В краткосрочном периоде (до 3 месяцев) увеличение темпов прироста денежной массы способствовало снижению процентных ставок, а в более длительном (от 4 до 6 месяцев) – их увеличению. Наиболее сильное понижательное влияние на уровень процентных ставок рост денежной массы оказывал с задержками в 1 и 2 месяца, а повышательное – с задержками в 5 и 6 месяцев.

3. Значимое влияние на краткосрочные колебания процентных ставок рынка ГКО–ОФЗ оказывают изменения денежных остатков на корреспондентских счетах коммерческих банков в Банке России, динамика обменного курса рубля, конъюнктура рынка межбанковских кредитов, ситуация на рынке акций. Повышение уровня ликвидности банковской системы сопровождается ростом спроса на государственные облигации, который приводит к снижению процентных ставок на рынке ГКО–ОФЗ. Ускорение темпов обесценения рубля влечет переток средств на валютный рынок, усиливает инфляционные ожидания и вызывает повышение процентных ставок. Улучшение конъюнктуры рынка акций, вызванное позитивными сдвигами в ожиданиях инвесторов по поводу перспектив изменения макроэкономического положения страны, сопровождается снижением процентных ставок. Сигналы со смежных секторов финансового рынка отражаются на состоянии конъюнктуры рынка ГКО–ОФЗ с небольшими лагами.

4. Присутствие временных премий на рынке ГКО–ОФЗ делает форвардные ставки смещенными оценками будущих спот-ставок и оказывает существенное влияние на эффективность операций с облигациями. Временные премии рынка ГКО–ОФЗ возрастают с увеличением срока вложений и убывают с увеличением разрыва между датами платежа по облигации и окончания периода вложений инвестора. Временные предпочтения операторов рынка ГКО–ОФЗ смещены в сторону краткосрочных инструментов, поэтому форвардные ставки в большинстве случаев превышают будущие значения спот–ставок.

5. Колебания временных премий подвергают инвесторов процентному риску, но вместе с тем открывают перед ними спекулятивные возможности. Осуществляя краткосрочные операции с долгосрочными облигациями, можно добиться существенного приращения доходности вложений, используя готовность большинства участников рынка ГКО–ОФЗ вознаграждать спекулянтов за отказ от доминирующих временных предпочтений. Чем больше разрыв между датами платежа по облигации и окончания операции, тем больше размер процентного риска и тем выше размер спекулятивной прибыли. При увеличении срока операции присутствие временной премии становится все более значимым фактором повышения доходности.

6. В моделях иммунизации, опирающихся на теорию чистых ожиданий, значения текущих форвардных ставок рассматриваются как рыночные прогнозы значений спот–ставок, которые установятся в будущем. Если предпосылки теории чистых ожиданий не выполняются, форвардные ставки оказываются смещенными оценками будущих спот-ставок, а модель иммунизации, основанная на их использовании, становится неадекватной условиям рынка.

Между теорией чистых ожиданий и самой концепцией иммунизации существует логическое противоречие. Важнейшим исходным пунктом теории чистых ожиданий является абсолютная нейтральность инвесторов к процентному риску. Концепция иммунизации основывается на прямо противоположном представлении о склонностях инвесторов, согласно которому процентный риск совершенно неприемлем. Инвестор, прибегающий к иммунизации процентного риска, не может быть участником рынка, описываемого теорией чистых ожиданий. Поэтому теория чистых ожиданий не может корректно использоваться при выводе условий иммунизации.

7. Поскольку теория временных предпочтений не исключает возможности присутствия на рынке иммунизирующих инвесторов, а также предлагает способ оценки будущих значений спот-ставок, ее следует использовать в качестве предпосылки при выводе условий иммунизации процентного риска портфеля государственных облигаций.

Модели иммунизации, опирающиеся на теорию чистых ожиданий и теорию временных предпочтений, преследуют достижение различных целей. В рамках моделей, использующих теорию чистых ожиданий, считается, что инвестор всегда может гарантировать себе минимальную доходность вложений, равную текущей спот-ставке для заданного срока. В рамках моделей, использующих теорию временных предпочтений, минимальная гарантируемая доходность портфеля не совпадает со спот-ставкой для срока вложений инвестора.

8. Значительная часть перемещений временной структуры процентных ставок российского рынка ГКО–ОФЗ не соответствует предположению о параллельном сдвиге, использованному в модели иммунизации Фишера–Вейла. Поэтому портфели ГКО–ОФЗ, иммунизированные по методу Фишера–Вейла, не обеспечивают надежной защиты инвестора от процентного риска.

Применение разработанной диссертантом модели иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ от непараллельных перемещений временной структуры процентных ставок, которая базируется на использовании вектора показателей дюрации по двум первым главным компонентам временной структуры, позволяет инвесторам добиваться более высокого уровня защищенности от процентного риска при размещении денежных средств на рынке ГКО–ОФЗ на достаточно продолжительные сроки (более шести месяцев). Она дает возможность отказа от проведения многочисленных ребалансировок при поддержании остаточного риска на минимальном уровне.

9. Портфели ГКО–ОФЗ, иммунизированные от смещения форвардных ставок и от смещения временных премий, близки по структуре и доходности вложений. Однако модель иммунизации от смещения временных премий, разработанная диссертантом, точнее идентифицирует целевой уровень доходности и лучше обеспечивает его достижение.

Модели иммунизации портфеля ГКО–ОФЗ, игнорирующие присутствие на рынке временных премий, оказываются неспособными зафиксировать доходность вложений на уровне, соответствующем спот-ставке для заданного срока. Поэтому участникам рынка ГКО–ОФЗ, стремящимся к полному устранению процентного риска при осуществлении краткосрочных вложений, целесообразно использовать модели иммунизации, опирающиеся на теорию временных предпочтений.

10. Среднеквадратическое отклонение доходности неиммунизированного портфеля ГКО–ОФЗ возрастает с увеличением разрыва между его дюрацией Фишера–Вейла и сроком вложений инвестора. Однако зависимость между дюрацией и среднеквадратическим отклонением доходности портфеля не является функциональной. Среди неиммунизированных портфелей с одинаковой дюрацией наблюдается достаточно существенная вариация среднеквадратического отклонения доходности вложений.

Важным фактором, определяющим разброс среднеквадратических отклонений доходностей неиммунизированных портфелей с одинаковой дюрацией, является степень рассеяния денежных поступлений вокруг даты окончания периода вложений. Чем больше значение показателя M2, тем меньше уровень процентного риска, которому подвергается инвестор. Это обусловлено эффектом диверсификации, проявляющимся при включении в состав портфеля денежных требований к эмитенту с короткими и длинными сроками исполнения.

11. Ключевым фактором, определяющим размер дюрации оптимального портфеля при осуществлении краткосрочных рисковых вложений, является характер прогнозов инвестора. Большое значение играет и степень неприятия процентного риска. Чем сильнее степень уверенности инвестора в падении уровня процентных ставок в ближайшем будущем, чем больше его готовность рисковать и чем более продолжительным является его период вложений, тем больше дюрация оптимального портфеля.

**Литература.**

1. Алексеева И.А. Государственные ценные бумаги Российской Федерации. – Иркутск: ИЭА, 1996. – 136 с.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
4. Бабенко Е. Управление портфелем ГКО страховой компании. – Страховое дело, 1996, №7. – с.25–28.
5. Баринов В.Ю. Модели прогнозирования в принятии решений на финансовом рынке. – автореф. дис. .... канд. экон. наук. – С-Пб: 1998. – 24 с.
6. Благодатин А.А. Статистические методы оценки риска при вложениях в государственные краткосрочные облигации. – Вопросы статистики, 1996, №9. – с.33–35.
7. Благодатин А.А. Экономико-статистическое исследование рынка государственных ценных бумаг. – дис. .... канд. экон. наук. – М: 1995. – 147 c.
8. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М: Дело, 1994. – 720 с.
9. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 406 с.
10. Буклемишев О.В. Теория временной структуры процентных ставок и российский рынок долговых инструментов. – автореф. дис. .... канд. экон. наук. – М: 1993. – 25 с.
11. Буренин А.Н. Рынки производных финансовых инструментов. – М: ИНФРА-М, 1996. – 368 с.
12. Бэстенс Д.-Э., ван ден Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. - М.: ТВП, 1997. – 235 с.
13. Вагнер Г. Основы исследования операций. – М: Мир, 1973. – 501 с.
14. Виниченко И. Риск процентной ставки. – Банковские технологии, 1998, №5. – с.15–19.
15. Годовой отчет Банка России за 1998 г. – М: Прайм-ТАСС, 1999. – 219 с.
16. Годовой отчет Банка России за 1999 г. – М: Прайм-ТАСС, 2000. – 239 с.
17. Государственные краткосрочные облигации: теория и практика рынка. – М: ММВБ, 1995. – 300 с.
18. Губерниев В. ГКО в оптимальном портфеле. – Рынок ценных бумаг, 1996, №15. – с.6–9.
19. Дондокова Е.Б. Рынок ценных бумаг России: особенности становления и развития. – СПб: НИИ химии СПбГУ, 1999. – 143 с.
20. Доугерти К. Введение в эконометрику. - М.: ИНФРА-М, 1997. – 402 с.
21. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталев Е.Ю. Моделирование рисковых ситуаций в экономике и бизнесе. – М: Финансы и статистика, 1999. – 176 с.
22. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 352 с.
23. Дуглас Л.Г. Анализ рисков операций с облигациями на рынке ценных бумаг. - М: Филинъ, 1998. – 448 с.
24. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. - М.: ДИС, 1997. – 368 с.
25. Замковой С. Прогнозируем движение финансового рынка. – Банковские технологии, 1997, №8. – с.12–14.
26. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. – Минск: ТетраСистемс, 1997. – 368 с.
27. Иванов Ю.Н., Сизов А.М., Спицына Т.С. Оптимальная программа продаж и покупок ГКО: опыт 1995 года. – Банковское дело, 1996, №6. – с.32–37.
28. Инфляция, государственный долг и финансовый кризис. // под ред. Полтеровича В.М. – М.: ЦЭМИ РАН, 1999. – 73 с.
29. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег. – М: Прогресс, 1978. – 494 с.
30. Количественные методы финансового анализа. // под ред. Брауна С., Крицмена М. - М.: ИНФРА-М, 1996. – 336 с.
31. Литвиненко Л.Т., Нишатов Н.П., Удалищев Д.П. Рынок государственных облигаций. – М: Финстатинформ, 1997. – 109 с.
32. Маршалл Дж.Ф., Бансал В.К. Финансовая инженерия. – М.: ИНФРА–М, 1998. – 784 с.
33. Миркин Я.М. Ценные бумаги и фондовый рынок. – М: Перспектива, 1995. – 532 с.
34. Михеев А., Струнков Т. Учет процентного риска при управлении портфелем ГКО. – Рынок ценных бумаг, 1997, №24. – с.40–44.
35. Мотыль Д. Управление доходностью и ликвидностью портфеля активов банка. – Рынок ценных бумаг, 1997, №14. – с.55–59.
36. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 707 с.
37. О’Брайен Дж., Шривастава С. Финансовый анализ и торговля ценными бумагами. – М.: Дело, 1995. – 207 с.
38. Ованесов А., Грабаров А., Гейнц Д. В Россию можно только верить. – Рынок ценных бумаг, 1998, №14. – с.5–19.
39. Овчинников А. Купонный стриппинг: теоретическая кривая ставок спот. – Рынок ценных бумаг, 1999, №24. – с.47-50.
40. Первозванский А.А., Первозванская Т.Н. Финансовый рынок: расчет и риск. – М: ИНФРА–М, 1994. – 192 с.
41. Райс Т., Койли Б. Финансовые инвестиции и риск. – Киев: BHV, 1995. – 590 с.
42. Ратай И.С. Статистический анализ и прогнозирование состояния фондового рынка с использованием нейросетевых алгоритмов. – дис. .... канд. экон. наук. – М: 1999. – 125 c.
43. Рэдхэд К., Хьюс С. Управление финансовыми рисками. – М: ИНФРА–М, 1996. – 287 с.
44. Рэй К. Рынок облигаций. Торговля и управление рисками. – М.: Дело, 1999. – 600 c.
45. Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шефер М. – Многомерный статистический анализ в экономике. – М: ЮНИТИ, 1999. – 598 с.
46. Статистическое моделирование и прогнозирование // под ред. Гранберга А.Г. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 382 с.
47. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 811 с.
48. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
49. Уотшем Т.Дж., Паррамоу К. Количественные методы в финансах. – М: ЮНИТИ, 1999. – 527 с.
50. Фельдман А.А. Государственные ценные бумаги. – М: ИНФРА-М, 1995. – 240 с.
51. Финансовый рынок: адаптация к рыночной экономике. // под ред. Колесникова В.И. – СПб: СПб ун-т эк-ки и финансов, 1999. – 143 с.
52. Харрис Л. Денежная теория. – М.: Прогресс, 1990. – 624 с.
53. Чекмарева Е., Лакшина О., Меркурьев И. Финансовый рынок России в послекризисный период. – Деньги и кредит, 2000, №3. – с.52–56.
54. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 1024 с.
55. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений. – М.: ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
56. Энтов Р. и др. Развитие российского финансового рынка и новые инструменты привлечения инвестиций. – М: ИЭПП, 1998. – 283 с.
57. Azoff E.M. Neural network time series forecasting of financial markets. – Chichester: Wiley, 1994. – 196 p.
58. Balbas A., Ibanez A. When can you immunize a bond portfolio? – Journal of Banking and Finance, 1998, Vol.22, No.12. – p.1571-1595.
59. Balduzzi P., Elton E.J., Green F.C. Economic news and the yield curve: evidence from the U.S. Treasury market. – New–York University working paper, July 1999. – 39 p.
60. Beltratti A., Consiglio A., Zenios S.A. Scenario modeling for the management of international bond portfolios. – The Wharton Financial Institutions Center working paper ¹98-20. – 25 p.
61. Bierwag G.O., Kaufman G.G. Coping with the risk of interest rate fluctuations: a note. – Journal of Business, July 1977, Vol.50, No.3. – p.364-370.
62. Bierwag G.O., Kaufman G.G., Toevs A.L. Single factor duration models in a discrete general equilibrium framework. – Journal of Finance, May 1982, Vol.37, No.2. – p.325-38.
63. Bierwag G.O, Khang C. An immunization strategy is a maxmin strategy. – Journal of Finance, 1979, Vol.37. – p. 379-389.
64. Bodie Z., Kane A., Marcus A.J. Essentials of investments. – Chicago: Irwin, 1995. – 558 p.
65. Brennan M.J., Schwartz E.S. Conditional predictions of bond prices and returns. – Journal of Finance, May 1980, Vol.35, No.2. – p.405-412.
66. Buser S.A., Karolyi A.G., Sanders A.B. Adjusted forward rates as predictors of future spot rates. – Journal of Fixed Income, 1996, Vol.6, No.1. – p.29-42.
67. Caks J. The coupon effect on yield to maturity. – Journal of Finance, March 1977, Vol.32, No.1. – p.103-116.
68. Campbell T.S. Money and capital markets. – Glenview: Scott & Foresman, 1992. – 601 p.
69. Cheng W., Wagner L., Lin Ch. Forecasting the 30-year U.S. Treasury bond with a system of neural networks. – NeuroVest Journal, 1996, Vol.4, No.1. – p.10-15.
70. Ciocca P., Nardozzi G. The high price of money. – Oxford: Clarendon press, 1996. – 192 p.
71. Coghlan R. Strategic cycle investing. – N.Y.: McGraw–Hill, 1993. – 426 p.
72. Constantinides G.M., Ingersoll J.F. Jr. Optimal bond trading with personal tax: implications for bond prices and estimated tax brackets and yield curves. – Journal of Finance, May 1982, Vol.37, No.2. – p.349-352.
73. Controlling interest rate risk: new techniques and applications for money management. // ed. Platt R.B. – N.Y.: Wiley, 1986. – 414 p.
74. Cox J.C., Ingersoll J.F. Jr., Ross S.A. Duration and the measurement of basis risk. – Journal of Business, 1979, Vol.52. – p.51-61.
75. Curley A.J., Bear R.M. Investment analysis and management. – N.Y.: Harper and Row, 1979. – 603 p.
76. Cuthbertson K. Quantitative financial economics: stocks, bonds and foreign exchange. – Chichester: Wiley, 1996. – 470 p.
77. Dattatreya R.E., Fabozzi Fr.J. Active total return management of fixed-income portfolios. – Chicago: Irwin, 1995. – 281 p.
78. Ederington L.H. The hedging performance of the new futures markets. – Journal of Finance, March 1979, Vol.34, No.1. – p.157–170.
79. Elton E.J. Expected return, realized return and asset pricing tests. – Journal of Finance, August 1999, Vol.54. – p.306–327.
80. Elton E.J., Gruber M.J., Michaely R. The structure of spot rates and immunization. – Journal of Finance, 1990, Vol.45, No.2. – p.629-642.
81. Essays on interest rates. // ed. Guttentay J.M. – N.Y.: NBER, 1971. – 450 p.
82. Fama E.F., Bliss R.R. The information in long-maturity forward rates. – American Economic Review, September 1987, Vol.77, No.4. – p.680-692.
83. Fisher I. The theory of interest, as determined by impatience to spend income and opportunity to invest it. – N.Y.: Kelley & McMillan, 1954. – 566 p.
84. Fisher L., Weil R. Coping with the risk of interest rate fluctuations: Returns to bondholders from naive and optimal strategies. – Journal of Business, 1971, Vol.52, No.2, p.51–61.
85. Fleming M.J., Remolona E.M. The term structure of announcement effects. – Basle: Bank for International Settlements working paper ¹71, June 1999. – 35 p.
86. Fong H.J., Vasicek O.A. A risk minimizing strategy for portfolio immunization. – Journal of Finance, 1984, Vol.39, No.5. – p.1541-1546.
87. Franckle Ch.F. The hedging performance of the new futures markets: Comment. – Journal of Finance, December 1980, Vol.35, No.5. – p.1273–1279.
88. Gately E. Neural networks for financial forecasting. – N.Y.: Wiley, 1996. – 169 p.
89. Gibson M. Information systems for risk management. – Federal Reserve Board working paper, March 1997. – 18 p.
90. Gultekin N.B., Rogalsky R.J. Alternative duration specifications and the measurement of basis risk. – Journal of Business, April 1984, Vol.57, No.2. – p.241-246.
91. Gultekin N.B., Rogalsky R.J. Government bond returns, measurement of interest rate risk, and the arbitrage pricing theory. – Journal of Finance, March 1985, Vol.40, No.1. – p.43-61.
92. Hecht-Nielsen R. Neurocomputing. – San-Diego: Addison-Wesley, 1991. – 583 p.
93. Hessel C.A., Huffman L. The effect of taxation on immunization rules and duration estimation. – Journal of Finance, December 1981, Vol.36, No.5. – p.1127-1142.
94. Homer S., Leibowitz M.L. Inside the yield book: new tools for bond market strategy. – N.Y.: Prentice-Hall, 1973. – 205 p.
95. Hopewell M.N., Kaufman G.G. Bond price volatility and term to maturity: a general respecification. – American Economic Review, September 1973, Vol.63, No.4. – p.749-753.
96. Houthakker H.S., Williamson P. The economics of financial markets. – Oxford: Oxford university press, 1996. – 361 p.
97. Intelligent systems for finance and business. // eds. Goonatilake, Treleaven. – Chichester: Wiley, 1995. – 335 p.
98. Jones Ch.M., Lamont O., Lumsdaine R.L. Macroeconomic news and bond market volatility. – Journal of Financial Economics, 1998, Vol.47. – p.315-337.
99. Kaufman H.M. Financial institutions, financial markets, and money. – N.Y.: Harcourt Brace Jovanovich, 1983. – 546 p.
100. Levich R.M. The international money market: an assessment of forecasting techniques and market efficiency. – L.: Jai Press, 1981. – 193 p.
101. Little P.K. Negative cash flows, duration and immunization: a note. – Journal of Finance, March 1984, Vol.39, No.1. – p.283-286.
102. Livingston M. Money and capital markets. – Cambridge (Mass): Blackwell Publishers, 1996. – 429 p.
103. Livingston M., Caks J. A «duration» fallacy. – Journal of Finance, March 1977, Vol.32, No.1. – p.185-187.
104. Loretan M. Generating market risk scenarios using principal components analysis: methodological and practical considerations. – Federal Reserve Board working paper, March 1997. – 38 p.
105. Macaulay F.R. Some theoretical problems suggested by the movements of interest rates, bond yields and stock prices in the United States since 1856. – N.Y., NBER, 1938. – 240 p.
106. Malkiel B.G. Expectations, bond prices, and the term structure of interest rates. – Quarterly Journal of Economics, May 1962, Vol.76, No.2. – p.197–218.
107. McCulloch J.H. An estimate of the liquidity premium. – Journal of Political Economy, February 1975, Vol.83, No.1. – p.35–53.
108. Miller R.M. Computer-aided financial analysis. – Reading (Mass): Addison-Wesley, 1990. – 425 p.
109. Modern developments in investment management. // eds. Lorie J., Brealey R. – Hinsdale (Ill): Dryden Press, 1978. – 758 p.
110. Modigliani F., Sutch R. Innovations in interest rate policy. – American Economic Review, May 1966, Vol.56. – p.176-197.
111. Niemira M.P., Klein Ph.A. Forecasting financial and economic cycles. – N.Y.: Wiley, 1994. – 526 p.
112. Neural networks in the capital markets. // ed. Refenes A.-P. – Chichester: Wiley, 1995. – 379 p.
113. Payeras M., Pou L. The EMU and the Spanish term structure of interest rates. – Vienna: 38th Congress of the European Regional Science Association discussion paper, August 1998. – 16 p.
114. Pesando J.E. On forecasting long-term interest rates: is the success of the no-change prediction suprising. – Journal of Finance, September 1980, Vol.35, No.4. – p.1045-1047.
115. Pring M.J. How to forecast interest rates. – N.Y.: McGraw-Hill, 1981. – 196 p.
116. Principles for the management of interest rate risk. – Basle: Basle Committee on Banking Supervision, September 1997. – 39 p.
117. Ramaswamy S. Global asset allocation in fixed income markets. – Basle: Bank for International Settlements working paper ¹46, September 1997. – 35 p.
118. Ramaswamy S. One-step prediction of financial time series. – Basle: Bank for International Settlements working paper ¹57, July 1998. – 33 p.
119. Ramaswamy S. Portfolio selection using fuzzy decision theory. – Basle: Bank for International Settlements working paper ¹59, November 1998. – 29 p.
120. Risk management: problems and solutions. // eds. Beaver W.H., Parker G. – N.Y.: McGraw-Hill, 1995. – 369 p.
121. Rodrigues A.P. Term structure and volatility shocks. – Federal Reserve Bank of New York working paper, June 1997. – 42 p.
122. Roley V.V. The determinants of the treasury security yield curve. – Journal of Finance, December 1981, Vol.36, No.5. – pp.1103-1126.
123. Seppala J., Viertio P. The term structure of the interest rates: estimation and interpretation. – Helsinki: Bank of Finland discussion paper, 1996. – 55 p.
124. Smets F., Tsatsaronis K. Why does the yield curve predict economic activity? – Basle: Bank for International Settlements working paper ¹49, September 1997. – 43 p.
125. Sorensen C. Dynamic asset allocation and fixed income management. – Journal of Financial and Quantitative Analysis, December 1999. – p.1121–1139.
126. Stenius M. Portfolio choice in a regulated bond market. – Helsingfors: Svenska bandelshogskolan, 1980. – 16 p.
127. The measurement of aggregate market risk. – Basle: Bank for International Settlements, 1997. – 248 p.
128. Trading on the edge: neural, genetic and fuzzy systems for chaotic financial markets. // ed. Deboeck G. – N.Y.: Wiley, 1994. – 377 p.
129. van Deventer D.R., Imai K. Financial risk analytics: a term structure model approach for banking, insurance and investment management. – Chicago: Irwin, 1997. – 396 p.
130. van Horne J.C. The function and analysis of capital market rates. – Englewood Cliffs (N.J.): Prentice Hall, 1970. – 180 p.
131. Vasicek O. An equilibrium characterization of the term structure. – Journal of Financial Economics, 1977, Vol.5, No.2. – p.177–188.
132. Wann P. Inside the US Treasury market. – N.Y.: Woodhead-Faulkner, 1989. – 335 p.
133. Watt D.G. Canadian short-term interest rates and the BAX futures market: An analysis of the impact of volatility on hedging activity and the correlation of returns between markets. – Bank of Canada working paper ¹97-18. – 45 p.
134. Weil R. Macaulay’s duration: an appreciation. – Journal of Business, October 1973, Vol.46, No.4. – p.589-592.
135. Winning the interest rate game: a guide to debt options. // ed. Fabozzi F. – Chicago: Probus, 1985. – 307 p.
136. Woodward S. The liquidity premium and the solidity premium. – American Economic Review, June 1983, Vol.73, No.2. – p.348-361.

**Список использованных нормативных актов.**

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации.
3. Федеральный закон от 2 декабря 1990 г. №394-1 «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)»
4. Федеральный закон от 22 апреля 1996 г. №39-ФЗ «О рынке ценных бумаг»
5. Федеральный закон от 29 июля 1998 г. №136-ФЗ «Об особенностях эмиссии и обращения государственных и муниципальных ценных бумаг»
6. Постановление Правительства РФ от 8 февраля 1993 г. №107 «О выпуске государственных краткосрочных бескупонных облигаций»
7. Постановление Правительства РФ от 15 мая 1995 г. №458 «О Генеральных условиях эмиссии и обращения облигаций федеральных займов»
8. Постановление Правительства РФ от 25 августа 1998 г. №1007 «О погашении государственных краткосрочных бескупонных облигаций и облигаций федеральных займов с постоянным и переменным купонным доходом со сроками погашения до 31 декабря 1999 г. и выпущенных в обращение до 17 августа 1998 г.»
9. Распоряжение Правительства РФ от 12 декабря 1998 г. №1787-р «О новации по государственным ценным бумагам»
10. Приказ Банка России от 15 июля 1995 г. №92-125 «Об утверждении новой редакции положения об обслуживании и обращении выпусков государственных краткосрочных бескупонных облигаций в связи с началом региональных операций с ГКО»
11. Указание Банка России от 27 ноября 1998 г. №425-У «Об установлении срока нахождения средств нерезидентов на транзитных счетах в Уполномоченных банках и срока нахождения депонированных денежных средств Уполномоченных банков в Банке России»
12. Положение Минфина РФ и Банка России от 21 декабря 1998 г. №№258, 375-Т «О порядке осуществления новации по государственным краткосрочным бескупонным облигациям и облигациям федеральных займов с постоянным и переменным купонным доходом со сроками погашения до 31 декабря 1999 г. и выпущенных в обращение до Заявления Правительства Российской Федерации и Центрального банка Российской Федерации от 17 августа 1998 г. путем замены по согласованию с их владельцами на новые обязательства и частичной выплатой денежных средств»
13. Положение Банка России от 23 марта 1999 г. №68-П «Об особенностях проведения сделок нерезидентов с ценными бумагами российских эмитентов, выраженными в валюте Российской Федерации, и проведении конверсионных сделок»
14. Положение Банка России от 23 марта 1999 г. №69-П «О порядке периодической продажи Банком России иностранной валюты банкам, уполномоченным на открытие и ведение специальных счетов типа «С», действующим от своего имени по поручению и за счет инвесторов-нерезидентов»
15. Инструкция Банка России от 23 марта 1999 г. №79-И «О специальных счетах нерезидентов типа «С»
16. Указание Банка России от 23 марта 1999 г. №520-У «О порядке перевода банками, имеющими Разрешение Банка России на открытие и ведение счетов типа «С», денежных средств нерезидентов со счетов типа «С» (инвестиционных) на счета типа «С» (конверсионные)»
17. Условия выпуска облигаций федерального займа с переменным купонным доходом (утв. приказом Минфина РФ от 13 июня 1995 г. №52)
18. Условия выпуска облигаций федерального займа с постоянным купонным доходом (утв. приказом Минфина РФ от 28 июня 1996 г. №60)
19. Условия выпуска облигаций федерального займа с фиксированным купонным доходом (утв. приказом Минфина РФ от 18 августа 1998 г. №37н)

**Приложение.**

**Структуры иммунизированных портфелей по состоянию на 27.12.2000.**

Таблица 1.

Структуры портфелей, иммунизированных по методу Л.Фишера–Р.Вейла.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок | 21143 | 25013 | 25014 | 25021 | 25024 | 25030 | 27003 | 27004 | 27007 | 27009 | 27010 | 27011 | 28001 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0.957 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.043 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0.922 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.078 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0.802 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.198 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0.578 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.422 |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0.354 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.646 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0.130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.870 |

Таблица 2.

Структуры портфелей, иммунизированных на основе критерия Г.Фонга–О.Васичека.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок | 21143 | 25013 | 25014 | 25021 | 25024 | 25030 | 27003 | 27004 | 27007 | 27009 | 27010 | 27011 | 28001 |
| 8 | 0.512 | 0.488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0.956 | 0 | 0 | 0.044 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0.239 | 0 | 0 | 0.761 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.900 | 0.100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.985 | 0.015 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.785 | 0.215 | 0 | 0 |

Таблица 3.

Структуры портфелей, иммунизированных от непараллельных сдвигов временной структуры процентных ставок на основе двухкомпонентной модели.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок | 21143 | 25013 | 25014 | 25021 | 25024 | 25030 | 27003 | 27004 | 27007 | 27009 | 27010 | 27011 | 28001 |
| 26 | 0 | 0.627 | 0 | 0 | 0.341 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.032 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0.142 | 0 | 0 | 0.856 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0 | 0 |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.266 | 0.715 | 0 | 0 | 0.019 | 0 | 0 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.879 | 0 | 0 | 0.121 | 0 | 0 |

Таблица 4.

Структуры портфелей, иммунизированных от смещения временных премий.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок | 21143 | 25013 | 25014 | 25021 | 25024 | 25030 | 27003 | 27004 | 27007 | 27009 | 27010 | 27011 | 28001 |
| 8 | 0.521 | 0.479 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0.965 | 0 | 0 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. Samuelson P. The effect of interest rate increases on the banking system. – American Economic Review, 1945, Vol.55, No.1. – p.16-27. [↑](#footnote-ref-1)
2. Redington F. Review of the principles of life-office valuations. – Journal of the Institute of Actuaries, 1952, Vol.78, No.3. – p.286-340. [↑](#footnote-ref-2)
3. Fisher L., Weil R. Coping with the risk of interest rate fluctuations: returns to bondholders from naive and optimal strategies. – Journal of Business, 1971, Vol.52, No.1. – p.51-61. [↑](#footnote-ref-3)
4. Markowitz H. Portfolio selection. – Journal of Finance, 1952, Vol.7, No.1. – p.77-91. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ramaswamy S. Portfolio selection using fuzzy decision theory. – Basle: Bank for International Settlements working paper №59, 1998. – 29 p. [↑](#footnote-ref-5)
6. Cheng W., Wagner L., Lin Ch. Forecasting the 30-year U.S. Treasury bond with a system of neural networks. – NeuroVest Journal, January/February 1996. – p.21-34. [↑](#footnote-ref-6)
7. Fisher I. The theory of interest, as determined by impatience to spend income and opportunity to invest it. – N.Y., Kelley & McMillan, 1954. – 543 p. [↑](#footnote-ref-7)
8. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег. – М.: Прогресс, 1978. – 494 с. [↑](#footnote-ref-8)
9. при использовании схемы непрерывного начисления процентов [↑](#footnote-ref-9)
10. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег. – М.: Прогресс, 1978. – с.230. [↑](#footnote-ref-10)
11. там же – с.234. [↑](#footnote-ref-11)
12. там же – с.271. [↑](#footnote-ref-12)
13. там же – с.267. [↑](#footnote-ref-13)
14. Friedman M. Money mischief. Episodes in monetary history. – N.Y.: Harcourt Brace Jovanovich, 1992. – p.49-50. [↑](#footnote-ref-14)
15. International financial statistics yearbook. – Wash: IMF, 2000, Vol.53. [↑](#footnote-ref-15)
16. США, Канады, Австралии, Японии, Новой Зеландии, Австрии, Бельгии, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Исландии, Ирландии, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии, Великобритании [↑](#footnote-ref-16)
17. доходности бескупонной облигации с заданным сроком до погашения [↑](#footnote-ref-17)
18. Cuthbertson K. Quantitative financial economics. – Chichester: Wiley, 1996. – p.319. [↑](#footnote-ref-18)
19. Culbertson J. The term structure of interest rates. – Quarterly Journal of Economics, 1957, Vol.72, No.4. – p.485-517. [↑](#footnote-ref-19)
20. Modigliany F., Sutch R. Innovations in interest rate policy. – American Economic Review, 1966, Vol.56, No.2. – p.176-197. [↑](#footnote-ref-20)
21. Niemira M., Klein Ph. Forecasting financial and economic cycles. – N.Y.: Wiley, 1994.– p.392. [↑](#footnote-ref-21)
22. здесь и далее цена включает накопленный купонный доход [↑](#footnote-ref-22)
23. Malkiel B. Expectations, bond prices, and the term structure of interest rates. – Quarterly Journal of Economics, 1962, Vol.76, No.2. – p.197–218. [↑](#footnote-ref-23)
24. Hopewell M., Kaufman G. Bond price volatility and term to maturity: a general respecification. – American Economic Review, 1973, Vol.63, No.4. – p.749. [↑](#footnote-ref-24)
25. Macaulay F. Some theoretical problems suggested by the movements of interest rates, bond yields and stock prices in the United States since 1856. – N.Y.: NBER, 1938. – p.48. [↑](#footnote-ref-25)
26. Diller S., Dattatreya R. Parametric analysis of fixed income securities. – N.Y.: Goldman Sachs, 1984. [↑](#footnote-ref-26)
27. Elton E., Gruber M., Michaely R. The structure of spot rates and immunization. – Journal of Finance, 1990, Vol.65, No.2. – p. 629-642. [↑](#footnote-ref-27)
28. Samuelson P. The effect of interest rate increases on the banking system. – American Economic Review, 1945, Vol.55, No.1. – p.16-27. [↑](#footnote-ref-28)
29. Redington F. Review of the principles of life-office valuations. – Journal of the Institute of Actuaries, 1952, Vol.78, No.3. – p.286-340. [↑](#footnote-ref-29)
30. Fisher L., Weil R. Coping with the risk of interest rate fluctuations: returns to bondholders from naive and optimal strategies. – Journal of Business, 1971, Vol.52, No.1. – pp.51-61. [↑](#footnote-ref-30)
31. Durand D. Growth stocks and the Petersburg paradox. – Journal of Finance, 1957, Vol.12, No.3. – p.348–363. [↑](#footnote-ref-31)
32. Dattatreya R., Fabozzi Fr. Active total return management of fixed-income portfolios. – Chicago: Irwin, 1995. – p.82. [↑](#footnote-ref-32)
33. Controlling interest rate risk: new techniques and applications for money management. // ed. Platt R.B. – N.Y., Wiley, 1986. – p.36-40. [↑](#footnote-ref-33)
34. Gultekin N., Rogalsky R. Alternative duration specifications and the measurement of basis risk. – Journal of Business, 1984, Vol.57, No.2. – p.241-246. [↑](#footnote-ref-34)
35. Balbas A., Ibanez A. When can you immunize a bond portfolio? – Journal of Banking and Finance, 1998, Vol.22, No.12. – p.1571-1595. [↑](#footnote-ref-35)
36. Cox J., Ingersoll J., Ross S. Duration and the measurement of basis risk. – Journal of Business, 1979, Vol.52, No.1. – p.51-61. [↑](#footnote-ref-36)
37. Fong H., Vasicek O. A risk minimizing strategy for portfolio immunization. – Journal of Finance, 1984, vol.39, no.5. – p.1541-1546. [↑](#footnote-ref-37)
38. Engle R. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of UK inflation. – Econometrica, 1982, Vol.50. – p.987-1008. [↑](#footnote-ref-38)
39. Bollerslev T. Generalised autoregressive conditional heteroskedasticity. – Journal of Econometrics, 1986, Vol.31. – p.307-327. [↑](#footnote-ref-39)
40. Bellman R., Zadeh L. Decision-making in a fuzzy environment. – Management Science, 1970, Vol.17, No.2. – p.141-164. [↑](#footnote-ref-40)
41. Werbos P. Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences. – Harvard University, Masters thesis, 1974. [↑](#footnote-ref-41)
42. Ederington L. The hedging performance of the new futures markets. – Journal of Finance, 1979, Vol.34, No.2. – p.157–170. [↑](#footnote-ref-42)
43. Engle R.F., Kroner K.F. Multivariate simultaneous generalized ARCH. – Econometric Theory, 1995, Vol.11, No.2. – p.122-150. [↑](#footnote-ref-43)
44. Watt D. Canadian short-term interest rates and the BAX futures market: Analysis of the impact of volatility on hedging activity and the correlation of returns between markets. – Bank of Canada working paper, 1997, №18. – 37 p. [↑](#footnote-ref-44)
45. Kolb R., Gay G. Immunizing bond portfolios with interest rate futures. – Financial Management, 1982, Vol.11, No.2. – p.81-89. [↑](#footnote-ref-45)
46. Markowitz H. Portfolio selection. – Journal of Finance, 1952, Vol.7, No.1. – p.77-91. [↑](#footnote-ref-46)
47. Bierwag G., Kaufman G., Toevs A. Single factor duration models in a discrete general equilibrium framework. – Journal of Finance, 1982, Vol.37, No.2. – p.325-338. [↑](#footnote-ref-47)
48. Gultekin N., Rogalsky R. Government bond returns, measurement of interest rate risk, and the arbitrage pricing theory. – Journal of Finance, 1985, Vol.40, No.1. – p.43-61. [↑](#footnote-ref-48)
49. Ramaswamy S. Portfolio selection using fuzzy decision theory. – Bank for International Settlements working paper, 1998, №59. – 19 p. [↑](#footnote-ref-49)
50. Государственные краткосрочные облигации: теория и практика рынка. – М: ММВБ, 1995. – с.4. [↑](#footnote-ref-50)
51. Ованесов А., Грабаров А., Гейнц Д. В Россию можно только верить... – Рынок ценных бумаг, 1998, №14. – с.13. [↑](#footnote-ref-51)
52. Финансовый рынок: адаптация к рыночной экономике. // под ред. Колесникова В.И. – СПб: СПб ун-т эк-ки и финансов, 1999. – с.34. [↑](#footnote-ref-52)
53. п.2 Заявления Правительства РФ и Банка России от 17 августа 1998 г. [↑](#footnote-ref-53)
54. п.4 ст.817 Гражданского кодекса РФ [↑](#footnote-ref-54)
55. в их число, в частности, вошли издатели периодических печатных изданий (кроме рекламных), фонды обязательного медицинского страхования и страховые компании (только в отношении средств обязательного медицинского страхования и средств государственного обязательного личного страхования) [↑](#footnote-ref-55)
56. Указание Банка России от 23 марта 1999 г. №520-У «О порядке перевода банками, имеющими Разрешение Банка России на открытие и ведение счетов типа «С», денежных средств нерезидентов со счетов типа «С» (инвестиционных) на счета типа «С» (конверсионные)» [↑](#footnote-ref-56)
57. Положение Банка России от 23 марта 1999 г. №68-П «Об особенностях проведения сделок нерезидентов с ценными бумагами российских эмитентов, выраженными в валюте Российской Федерации, и проведении конверсионных сделок» [↑](#footnote-ref-57)
58. Положение Банка России от 23 марта 1999 г. №69-П «О порядке периодической продажи Банком России иностранной валюты банкам, уполномоченным на открытие и ведение специальных счетов типа «С», действующим от своего имени по поручению и за счет инвесторов-нерезидентов» [↑](#footnote-ref-58)
59. Годовой отчет Банка России за 1999 г. – с.76. [↑](#footnote-ref-59)
60. там же – с.33. [↑](#footnote-ref-60)
61. Индикатор портфеля – средняя доходность сектора облигаций, взвешенная по их срокам до погашения и объему в обращении. Данный показатель рассчитывается Банком России. [↑](#footnote-ref-61)
62. см. Доугерти К. Введение в эконометрику. – М: ИНФРА–М, 1997. – с.304. [↑](#footnote-ref-62)
63. Указание Банка России от 9 июня 1999 г. №573-У «Об изменении нормативов обязательных резервов кредитных организаций и Сберегательного банка Российской Федерации и проведении внеочередного регулирования обязательных резервов» [↑](#footnote-ref-63)
64. Указание Банка России от 17 декабря 1999 г. №699-У [↑](#footnote-ref-64)
65. Структуры портфелей, иммунизирующих процентный риск по состоянию на 27.12.2000, приведены в приложении. [↑](#footnote-ref-65)
66. См. www.cbr.ru [↑](#footnote-ref-66)
67. номинал облигации считается равным единице [↑](#footnote-ref-67)
68. Wann P. Inside the US Treasury market. – N.Y.: Woodhead-Faulkner, 1989. – p.140. [↑](#footnote-ref-68)
69. структуры портфелей, иммунизирующих процентный риск по состоянию на 27.12.2000, приведены в приложении [↑](#footnote-ref-69)
70. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление. – М: Мир, 1974. – 408 с. [↑](#footnote-ref-70)
71. Campbell P., Shiller R. A simple account of the behaviour of long-term interest rates. – American Economic Review, 1984, Vol.74, No.1. – p.44-48. [↑](#footnote-ref-71)
72. Fama E., Bliss R. The information in long-maturity forward rates. – American Economic Review, 1987, Vol.77, No.4. – p.680-692. [↑](#footnote-ref-72)
73. Gultekin N., Rogalsky R. Government bond returns, measurement of interest rate risk, and the arbitrage pricing theory. – Journal of Finance, 1985, Vol.40, No.1. – p.43-61. [↑](#footnote-ref-73)
74. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М: ЮНИТИ, 1998. – с.866. [↑](#footnote-ref-74)
75. см. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 1998. – с.224. [↑](#footnote-ref-75)
76. Bierwag G., Kaufman G., Toevs A. Single factor duration models in a discrete general equilibrium framework. – Journal of Finance, 1982, Vol.37, No.2. – p.325-38. [↑](#footnote-ref-76)
77. Dattatreya R., Fabozzi F. Active total return management of fixed-income portfolios. – Chicago: Irwin, 1995. – p.105. [↑](#footnote-ref-77)
78. в расчетах использовались данные только о тех выпусках государственных облигаций, по которым 28.03.2001 в Торговой системе ММВБ была заключена хотя бы одна сделка [↑](#footnote-ref-78)
79. Honey W. A risk controlled approach to managing corporate cash pools. // Controlling interest rate risk: new techniques and applications for money management. – N.Y.: Wiley, 1986. – p.351-383. [↑](#footnote-ref-79)
80. Hecht-Nielsen R. Neurocomputing. – San-Diego, Addison-Wesley, 1991. – p.136. [↑](#footnote-ref-80)
81. Werbos P. Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences. – Harvard University, Masters thesis, 1974. [↑](#footnote-ref-81)
82. Rumelhart D., Hinton G., Williams R. Learning internal representation by error propagation. – Parallel distributed processing, 1986, Vol.1. – p.318-362. [↑](#footnote-ref-82)
83. Бэстенс Д.-Э., ван ден Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. - М.: ТВП, 1997. – 235 с.

Azoff E.M. Neural network time series forecasting of financial markets. – Chichester: Wiley, 1994. – 196 p.

Gately E. Neural networks for financial forecasting. – N.Y.: Wiley, 1996. – 169 p.

Intelligent systems for finance and business. // eds. Goonatilake, Treleaven. – Chichester: Wiley, 1995. – 335 p.

Neural networks in the capital markets. // ed. Refenes A.-P. – Chichester: Wiley, 1995. – 379 p.

Trading on the edge: neural, genetic and fuzzy systems for chaotic financial markets. // ed. Deboeck G. – N.Y.: Wiley, 1994. – 377 p. [↑](#footnote-ref-83)
84. Cheng W., Wagner L., Lin Ch. Forecasting the 30-year U.S. Treasury bond with a system of neural networks. – NeuroVest Journal, 1996, Vol.4, No.1. – p.10-15. [↑](#footnote-ref-84)