

На правах рукописи



Рекундаль Ольга Игоревна

**ФОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМ
ПОРТФЕЛЕМ ПЕНСИОННЫХ НАКОПЛЕНИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ ПЕНСИОННЫХ ФОНДОВ**

Специальность 05.13.10

Управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Томск – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» и Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор

Мицель Артур Александрович

Официальные оппоненты:

Пимонов Александр Григорьевич,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладных информационных технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово

Данилюк Елена Юрьевна,

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики, заместитель декана факультета прикладной математики и кибернетики по учебной работе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Защита состоится «1» декабря 2016 года в 15-15 на заседании диссертационного совета Д.212.268.05 в ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ком. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ТУСУРа по адресу: г. Томск, ул. Красноармейская, 146 и на сайте ТУСУРа по адресу: <https://storage.tusur.ru/files/50067/dissertation.pdf>

Автореферат разослан « »

года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Е.Ю. Костюченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Развитие пенсионной системы, основной составляющей которой является обязательное пенсионное страхование, представляет собой ключевую социальную гарантию общества. Обычно состояние пенсионной системы страны характеризуется коэффициентом замещения утраченного заработка. Для Российской Федерации этот коэффициент составляет порядка 25%, что по данным Международной Организации Труда признается нарушением пенсионных прав граждан.

В настоящее время трудовая пенсия состоит из двух частей – страховой и накопительной. Страховая часть трудовой пенсии формируется за счет страховых взносов, которые начисляет страхователь за каждого своего работника. Накопительная часть пенсии формируется у всех работающих россиян 1967 года рождения и моложе. Средства накопительной части – это пенсионные накопления. Пенсионные накопления можно оставить в Пенсионном Фонде РФ, выбрать управляющую компанию, заключившую договор с Пенсионным Фондом РФ, или перевести их в негосударственный пенсионный фонд, осуществляющий деятельность по обязательному пенсионному страхованию.

Инвестиционная декларация негосударственных пенсионных фондов и частных управляющих компаний существенно шире, чем у Пенсионного фонда РФ и тем самым имеется возможность инвестирования средств пенсионных накоплений, которая позволила бы повысить эффективность накопительной компоненты пенсионной системы России. В связи с этим повышается значимость системы негосударственных пенсионных фондов, в 2004 году допущенных к обязательному пенсионному страхованию.

По статистике, опубликованной Министерством Финансов РФ, число негосударственных пенсионных фондов на протяжении последних трех лет уменьшается (за счет слияния, поглощения и пр. одних фондов другими), однако совокупный объем средств, переданных застрахованными лицами в доверительное управление, растет. Это говорит о повышении финансовой грамотности населения и желании увеличить размер своей будущей пенсии. Из-за роста совокупного объема инвестиционных портфелей негосударственных пенсионных фондов возникает актуальная на сегодняшний день задача, связанная с разработкой методики и модели формирования портфеля пенсионных накоплений. Другая актуальная

задача – создание автоматизированной системы поддержки принятия решения инвестором при управлении сформированным инвестиционным портфелем, позволяющей инвестору на более высоком уровне принимать управленческие решения.

Объектом исследования является инвестиционный портфель пенсионных накоплений.

Предметом исследования являются методика и модели формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Методы исследования. Теоретическую и методическую основу исследования составляют научные положения, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области экономико-математического моделирования, теории управления, теории рынка ценных бумаг и инвестиций, теории принятия решений, методов оптимизации и компьютерного моделирования. Для обработки и анализа данных, а также моделирования применялись пакеты программ MathCad и Microsoft Excel.

Цели и задачи исследования. Целью исследования является разработка методики и моделей формирования и управления портфелем пенсионных накоплений негосударственного пенсионного фонда для повышения эффективности его работы в условиях нестабильной ситуации на финансовых рынках РФ.

Для достижения цели диссертационной работы решаются следующие задачи:

1. исследование проблем развития системы негосударственных пенсионных фондов РФ;
2. разработка методики отбора инвестиционно привлекательных облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков;
3. сравнительный анализ известных методов формирования оптимального инвестиционного портфеля ценных бумаг;
4. разработка модели формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, включающего рисковый и безрисковый подпортфели ценных бумаг;
5. разработка динамической модели управления портфелем;
6. разработка блоков системы поддержки принятия решения при управлении сформированным портфелем пенсионных накоплений;

7. проведение вычислительных экспериментов по проверке предложенных методики и модели на основе реальных данных о котировках ценных бумаг фондового рынка РФ.

Практическая значимость. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в работе управляющих компаний и негосударственных пенсионных фондов при работе со средствами, принятыми в доверительное управление (пенсионные накопления, пенсионные резервы), а также другими инвестиционными фондами и компаниями, формирующими собственные инвестиционные портфели. Результаты исследований можно использовать в учебном процессе при изучении дисциплин «Рынок ценных бумаг», «Управление портфелем», «Финансовая математика», «Математические методы финансового анализа» и др.

Научную новизну составляют следующие результаты

1. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков, основанная на анализе основных факторов риска для облигаций. Отличительной особенностью данной методики является возможность ранжирования облигационных выпусков, задавая при этом веса для показателей инвестиционной привлекательности в зависимости от целей инвестора.
2. Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, основанная на портфельной теории Марковица. Отличительной особенностью модели является наличие иммунизированного подпортфеля безрисковых ценных бумаг.
3. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений. В отличие от известных моделей, данная модель построена для интегрированного портфеля, включающего подпортфель рискованных и подпортфель безрисковых ценных бумаг.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается корректным использованием теоретического материала, строгостью применения математических методов, а также результатами численного моделирования.

Апробация работы. Основные положения и отдельные результаты диссертационной работы были опубликованы, докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах:

- VIII международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (г. Томск, 2011 год);
- всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2011» (г. Томск, 2011 год);
- всероссийской молодежной научной школы «Управление, информация и оптимизация» (г. Томск, 2012 год);
- всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные технологии поддержки принятия решений в экономике» (г. Юрга, 2014 год);
- I международной научно-практической конференции института экономики и управления финансами «Актуальные вопросы и перспективы развития экономики XXI века» (г. Москва, 2015 год);
- 21-й международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС – 21 – 2015)» (г. Томск, 2015 год).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей в научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 6 публикаций тезисов докладов.

Предмет защиты и личный вклад автора. На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков позволяет получить ранжированный список облигаций. *Соответствует пункту 3 паспорта специальности: разработка моделей описания и оценок эффективности решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.*
2. Интегрированная модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений обеспечивает формирование инвестиционного портфеля с учетом законодательных ограничений. *Соответствует пункту 4 паспорта специальности: разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.*
3. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений позволяет получать портфель с

желаемой доходностью. Соответствует пункту 10 паспорта специальности: *Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах.*

Внедрение. Результаты исследований используются в инвестиционном процессе Акционерного общества межрегионального негосударственного пенсионного фонда «Большой», а также учебном процессе кафедры высшей математики и математической физики Томского Политехнического университета и на кафедре автоматизированных систем управления Томского Государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы. Объем работы составляет 126 страниц, включая 15 рисунков, 7 таблиц и библиографию из 87 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, сформулирована цель исследования, обоснована актуальность темы диссертации, представлены научная новизна, практическая значимость исследования, изложены основные задачи и научные результаты, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации «Инвестиционный процесс в контексте деятельности негосударственного пенсионного фонда» посвящена анализу инвестиционного процесса негосударственного пенсионного фонда (далее – НПФ). В главе подробно описана суть пенсионной реформы России 2002 года, которая существенно отличается от действовавшей ранее; определено место НПФ в системе обязательного пенсионного обеспечения России; рассмотрены основные этапы инвестиционного процесса как объекта исследования; проанализирована инвестиционная деятельность НПФ.

Проведенный анализ позволил определить основные особенности деятельности и функционирования НПФ.

Во второй главе «Формирование инвестиционного портфеля пенсионных накоплений» приведены результаты анализа пенсионного законодательства для определения ограничений на объем и структуру инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, переданных в доверительное управление НПФ, выявлены основные категории рисков, с которыми сталкиваются управляющие портфелем ценных бумаг.

На основе анализа законодательства и рисков предложена методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных облигаций. Методика реализуется четырьмя последовательными этапами:

Этап 1. Формирование массива входных данных.

В качестве начальных входных данных на момент времени t_0 принимаются облигации $B = \{B_i, i = \overline{1, n}\}$, срок погашения которых на момент t_0 не наступил. Далее из массива B исключаются бумаги, не удовлетворяющие требованиям пенсионного законодательства. В завершении Этапа 1 формируется новый массив $\tilde{B} = \{B_i, i = \overline{1, k}, k \leq n\}$, все элементы которого на выходе могут быть включены в инвестиционный портфель.

Этап 2. Ранжирование по доходности.

На данном этапе для каждого элемента массива $\tilde{B}$ определяется ставка доходности $v = \{v_i, i = \overline{1, k}\}$. После того, как каждому элементу массива $\tilde{B}$ поставлен в соответствие элемент массива v ($\tilde{B}_i \leftrightarrow v_i, i = \overline{1, k}$), происходит упорядочивание массива $\tilde{B}$ по убыванию значений элементов массива v . В завершении Этапа 2 необходимо каждому элементу $\tilde{B}$ присвоить ранг $l0 = \{l0_i = i, i = \overline{1, k}\}$.

Этап 3. Ранжирование по риску.

Данный этап методики реализуем с помощью метода качественной оценки рисков, а именно с помощью метода построения матриц риска.

На данном этапе каждому элементу массива $\tilde{B}$ необходимо поставить в соответствие элемент массива R ($\tilde{B}_i \leftrightarrow R_i, i = \overline{1, k}$), в который записаны значения составного показателя риска для каждой облигации, входящей в $\tilde{B}$.

3.1. На основании данных об исполнении бюджетов субъектов/муниципалитетов и долговых книг для каждого элемента массива $\tilde{B}$ рассчитываются основные показатели кредитного риска эмитента:

def - дефицит/профицит бюджета. *def* рассчитывается как разность доходов и расходов.

dolg - долговая нагрузка - отношение долга к собственным доходам бюджета.

На данном этапе составляется таблица рейтингов субъектов/муниципалитетов, присвоенных тремя ведущими рейтинговыми агентствами Standard&Poor's, Moody's Investors Service, Fitch Ratings.

3.2. После того как данные по каждому показателю получены, каждому из них присваивается ранг от 1 до k , начиная от лучших показателей к худшим. На выходе получены массивы весов $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$. Массивы весов соответствуют следующему:

l_1 – ранг по долговой нагрузке;

l_2 – ранг по дефициту/профициту бюджета;

l_3 – ранг по рейтингу агентства Standard&Poor's;

l_4 – ранг по рейтингу агентства Moody's Investors Service;

l_5 – ранг по рейтингу агентства Fitch Ratings;

l_6 – ранг по дефолту.

3.3. В завершении Этапа 3 необходимо рассчитать общий показатель риска l для каждого элемента массива $\tilde{B}$: $l = \sum_{i=1}^m l_i \cdot \alpha_i$, где m – количество показателей риска; α_i - весовой коэффициент значимости i -го показателя риска, рассчитываемый по экспертным оценкам, причем $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$.

В результате реализации Этапа 3 для каждой облигации получили число – безразмерный показатель риска, которое в дальнейшем будет использовано при сравнении с другими облигациями из сформированного списка. Число – показатель риска для отдельно взятой облигации без рассмотрения аналогичных величин для других облигаций списка не имеет смысла. Их необходимо рассматривать только в совокупности.

Этап 4. Расчет итогового показателя. На данном этапе для каждого элемента массива $\tilde{B}$ рассчитываются величины $R_i = \sum_{j=1}^k (\beta_0 \cdot l_{0i} + \beta_1 \cdot l_i)$, где β_0, β_1 - веса для показателей доходности и риска, $\beta_0 + \beta_1 = 1$.

Упорядочивая массив $\tilde{B}$ по убыванию соответствующих элементов массива R , будет получен список облигаций, проранжированный по оптимальному с точки зрения управляющего соотношению доходности и риска.

Преимущества предложенной методики:

- возможность использования знаний и опыта экспертов.
- простота применения и отсутствие необходимости создания математической модели оценки риска;

Недостатки предложенной методики:

- субъективность оценки;
- невозможность автоматизации и формализации.

Далее во второй главе диссертации предложена модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, основанная на модели диверсифицированного портфеля Марковица. Особенностью данной модели является возможность интегрирования в модель иммунизированного подпортфеля облигаций. Стратегия иммунизации позволяет защитить подпортфель облигаций от рыночного изменения цен и обеспечить заданную доходность от инвестирования.

Рассматривается инвестиционный портфель, состоящий из $k+n$ активов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{k+n}\}$, где первые k бумаг – безрисковые активы, которые инвестор включает в портфель с доходностями $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$, $A_i, i = \overline{k+1, k+n}$ – рискованные активы со случайными доходностями $\rho = (\rho_{k+1}, \rho_{k+2}, \dots, \rho_{k+n})$. Все активы сгруппированы по M наименованиям (облигации, акции и т.п.). Подпортфель облигаций $A_s, s = \overline{1, k}$ выбирается согласно условиям стратегии иммунизации, и его доходность на момент формирования портфеля определяется рыночными ценами входящих в него ценных бумаг. Инвестор в момент времени $t=0$ формирует развернутый портфель

$$x \in X = \left\{ x = (x_1, \dots, x_{k_1}, \dots, x_{k_{M-1}}, x_{k_M}) : \sum_{i=1}^{k+n} x_i = 1 \right\},$$

где $x_i, i = 1, \dots, k+N; k_m = k+N$, решая задачу:

$$\sqrt{\sigma_x^2} \rightarrow \min_{x \in X}$$

при ограничениях вида:

$$v^T x' + \mu^T x'' \geq m_p$$

$$0 \leq x \leq b$$

$$y \leq \tilde{n}$$

$$e_2^T x'' \leq m$$

$$D^T x' = (1 - m)T$$

$$e_1^T x' + e_2^T x'' = 1,$$

где b, c – это вектор-столбцы, определяющие максимально возможные величины вложений, размерности $n + k$ и M соответственно; m – доля рискованного подпортфеля; $D^T = (D_1, D_2, \dots, D_k)$ – вектор дюраций облигаций на

начальный момент времени $t = t_0$, $D_s = \frac{\sum_{z=1}^{T^s} (t_z - t_0) \frac{C_z^s}{(1 + v)^{\frac{t_z - t_0}{365}}}}{P_s}$, где C_z^s – все

платежи по облигации $A_s, s = \overline{1, k}$; v – рыночная процентная ставка, P_s – рыночная цена, n – количество выплат по облигации; T^s – горизонт инвестирования.

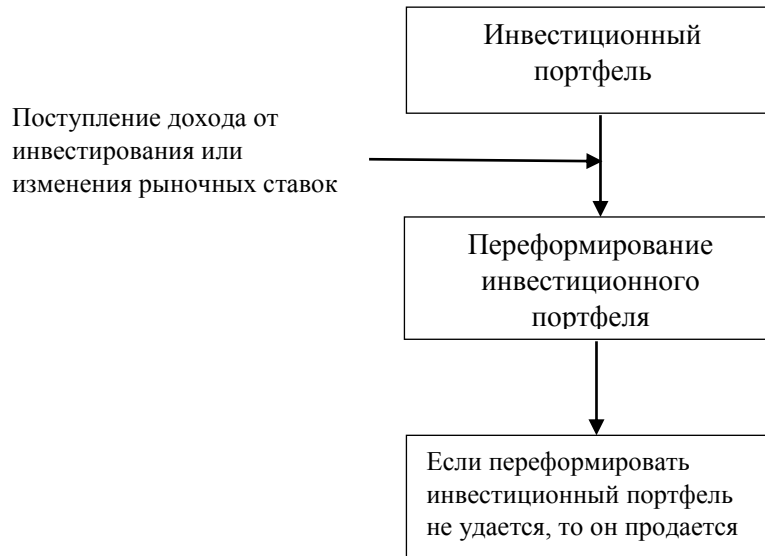
Предложенная модель позволяет сформировать сбалансированный портфель пенсионных накоплений.

По второй главе сделаны выводы. Предложенная диссертантом методика отбора инвестиционно-привлекательных финансовых инструментов и модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений позволяют повысить эффективность работы негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования.

В третьей главе «Управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений» предложена и решена задача управления сформированным инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Задача управления заключается в перераспределении капитала между включенными в портфель активами таким образом, чтобы сформированный портфель следовал капиталу эталонного инвестиционного портфеля на горизонте управления T (рис.1).

Рис. 1. Схема задачи управления инвестиционным портфелем



Динамику капитала инвестиционного портфеля в дискретном времени можно описать уравнением

$$\begin{aligned} V_i''(t+1) &= [1 + \mu_i(t) + \eta_i(t)](V_i''(t) + u_i(t)), \quad i = 1, \dots, n; \\ V_j'(t+1) &= [1 + v_j(t)](V_j'(t) + u_j(t)), \quad j = 1, \dots, k. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $u_i(t)$ – капитал, вкладываемый в покупку актива ($u_i(t) > 0$) либо вырученный от продажи актива ($u_i(t) < 0$); $\mu_i(t)$ – среднее значение ставки i -й рискованной ценной бумаги; $\eta_i(t)$ – случайная составляющая ставки рискованной ценной бумаги, $v_j(t)$ – ставка j -го безрискового актива.

Безрисковый актив представлен в виде подпортфеля. Кроме того, предполагается, что рыночная ставка доходности безрисковых ценных бумаг может изменяться мгновенно для всех периодов на одну и ту же величину.

Уравнение эталонного портфеля определяется уравнением:

$$V^0(t+1) = [1 + \mu_0(t)]V^0(t), \quad (2)$$

где $\mu_0(t)$ – заданная ставка эталонного портфеля; $V^0(0) = V(0)$.

Введем вектор $y = (V_1'', \dots, V_n'', V_1', \dots, V_k')^T$ и вектор $z(t) = (y(t), V^0(t))^T$.

Тогда уравнения (2), (3) можно переписать в виде

$$z(t+1) = A_\Sigma(t)z(t) + B_\Sigma(t)u(t), \quad (3)$$

где $A_\Sigma(t) = \bar{A}(t) + \tilde{A}(t)$;

$\bar{A}(t)$, $\tilde{A}(t)$ – диагональные матрицы размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$ с элементами

$$\begin{aligned}
\bar{A}_{ii}(t) &= 1 + \mu_i(t), \quad i = 1, \dots, n; & \tilde{A}_{ii}(t) &= \eta_i(t), \quad i = 1, \dots, n; \\
\bar{A}_{n+j, n+j}(t) &= 1 + v_j(t), \quad j = 1, \dots, k; & \tilde{A}_{n+j, n+j}(t) &= 0, \quad j = 1, \dots, k. \\
\bar{A}_{n+k+1, n+k+1} &= 1 + \mu_0(t).
\end{aligned} \tag{4}$$

Матрица $B(t)$ размерности $(n+k+1) \times (n+k)$ имеют следующую структуру

$$B(t) = \begin{pmatrix} A_{11}(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_{22}(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & A_{n+k}(t) \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}. \tag{5}$$

В качестве целевой функции выберем линейный функционал

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} (V(t) - V^0(t)) - \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + (V(T) - V^0(T)) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \tag{6}$$

где $b(t) = (\mu_1(t), \dots, \mu_n(t), v_1(t), \dots, v_k(t))^T$.

Второе слагаемое в функционале (6) определяет доходность портфеля, и его минимизация означает максимизацию доходности.

Используя $z(t)$, перепишем $(V(t) - V^0(t))$ в форме $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$, где $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{n+k+1}$. Критерий качества J примет вид

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} Cz(t) - \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + Cz(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}. \tag{7}$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3), а функционал качества – выражением (7). Управление задается вектором $u(t)$. Задача решается при ограничении $V(t) \geq V^0(t)$ или

$$C \cdot z(t) \geq 0. \tag{8}$$

Ограничение, связанное с запретом продажи без покрытия, имеет вид

$$y(t) + u(t) \geq 0, \quad t = 0, \dots, T-1. \tag{9}$$

В терминах $z(t)$ ограничение (9) имеет вид

$$z(t) + Yu(t) \geq 0, \quad t = 0, \dots, T-1, \tag{10}$$

где Y – матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k)$ с элементами

$$\begin{cases} y_{ij} = 1, & i = j \\ y_{ij} = 0, & i \neq j \\ i = 1, \dots, n+k+1 \\ j = 1, \dots, n+k \end{cases}.$$

Введем ограничения на объёмы вложений в ценные бумаги, определяемые законодательством

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n y_i(t) &\leq m \cdot V(t), \\ y(t) + u(t) &\leq y^{\max}. \end{aligned} \quad (11)$$

где $y^{\max}$ – максимально допустимый объем вложений в ценные бумаги; m – ограничение на объем вложений в рискованные ценные бумаги.

Перепишем эти ограничения в терминах $z(t)$, получим

$$\begin{cases} CHz(t) \leq Cz(t), \\ z(t) + Yu(t) \leq z^{\max}(t). \end{cases} \quad (12)$$

где $z^{\max}(t) = (y^{\max}, V^0(t))^T$;

H – диагональная матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$ с элементами:

$$\begin{cases} H_{ii} = \frac{1}{m}, i = 1, \dots, n; \\ H_{n+j, n+j} = 0, j = 1, \dots, k; \\ H_{n+k+1, n+k+1} = 1. \end{cases}$$

Так как в ограничении $y(t) \leq y^{\max}$ значения $y_i^{\max}$ заданы в долях вложений от стоимости портфеля $V(t)$, т.е. $y_i^{\max} = a_i V(t)$, где a_i – максимально допустимая доля вложения в i -й актив, то ограничение $z(t) + Yu(t) \leq z^{\max}(t)$ преобразуется к виду

$$Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \quad (13)$$

$$\text{где } E = I - \theta G; \theta = \begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ a_2 & 0 \\ \dots & \dots \\ a_{n+k} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; G = \begin{pmatrix} C \\ 0 \end{pmatrix}; X = \theta e.$$

Для иммунизации подпортфеля безрисковых ценных бумаг введём следующее ограничение

$$\sum_{j=n+1}^{n+k} y_j(t) \cdot D_j(t) = T \cdot V(t), \quad (14)$$

где D_j – дюрация j -й безрисковой ценной бумаги.

Это ограничение необходимо применять в начальный момент времени для иммунизации подпортфеля безрисковых ценных бумаг.

Перепишем (14) через $z(t)$

$$CF(t)z(t) = Cz(t), \quad (15)$$

где Q – диагональная матрица размерности $(n+k+1) \times (n+k+1)$ с элементами:

$$\begin{aligned} F_{ii} &= 0, \quad i = 1, \dots, n; \\ F_{n+j, n+j}(t) &= \frac{D_j(t)}{T-t}, \quad j = 1, \dots, k; \quad t = 1, \dots, T-1. \\ F_{n+k+1, n+k+1} &= 1 \end{aligned} \quad (16)$$

Для решения задачи слежения необходимо задать начальное состояние системы $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$. Стоимость эталонного портфеля в начальный момент времени считаем известной $V^0(0) = V_0^0$. Кроме того, $V(0) = V^0(0)$. В качестве $y(0)$ используем решение следующей задачи

$$\begin{aligned} \sum_{i,j}^N y_i(0) \sum_{ij}(0) y_j(0) &\rightarrow \min_y \\ \left\{ \begin{aligned} \sum_{i=1}^{n+k} b_i(0) y_i(0) &\geq m_p \\ \sum_{j=n+1}^{n+k} D_j(0) y_j(0) &= (1-m)T \cdot V(0) \\ \sum_{j=1}^{n+k} y_j(0) &= V(0) \\ \sum_{i=1}^n y_i(0) &\leq m \cdot V(0) \end{aligned} \right. \\ 0 &\leq y(0) \leq y^{\max} \end{aligned}$$

где m_p – желаемая доходность портфеля; $D_j(0)$ – дюрация безрисковой ценной бумаги.

Итак, сформулируем окончательно задачу управления портфелем.

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} Cz(t) - \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + Cz(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (17)$$

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (18)$$

$$\begin{cases} C \cdot z(t) \geq 0 \\ CHz(t) \leq Cz(t), \\ CF(t)z(t) = Cz(t). \end{cases} \quad t = 1, \dots, T \quad (19)$$

$$\begin{cases} Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \\ z(t) + Yu(t) \geq 0. \end{cases} \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (20)$$

Третье ограничение $CF(t)z(t) = Cz(t)$ в (19) используется для иммунизации безрискового подпортфеля. Это ограничение используется до тех пор, пока выполняется условие

$$\min_j D_j(t) \leq T - t \leq \max_j D_j(t), \quad j = 1, \dots, k. \quad (21)$$

Имеем линейную задачу динамического программирования. В диссертации эта задача преобразовывается к эквивалентной задаче линейного программирования.

Волатильность рискованных ценных бумаг будем учитывать с помощью ограничений рискованного подпортфеля

$$(V''(t) + u''(t))^T \Sigma(t) (V''(t) + u''(t)) \leq r_p^2(t). \quad (22)$$

Ведем следующую блочную матрицу

$$\Omega(t) = \begin{pmatrix} \Sigma(t) & O \\ O & O \end{pmatrix} \text{ размерности } (n+k+1) \times (n+k+1).$$

Здесь Σ – матрица ковариации доходностей рискованных активов размерности $n \times n$; O – нулевая матрица размерности $(k+1) \times (k+1)$. Тогда ограничение (22) можно записать в форме

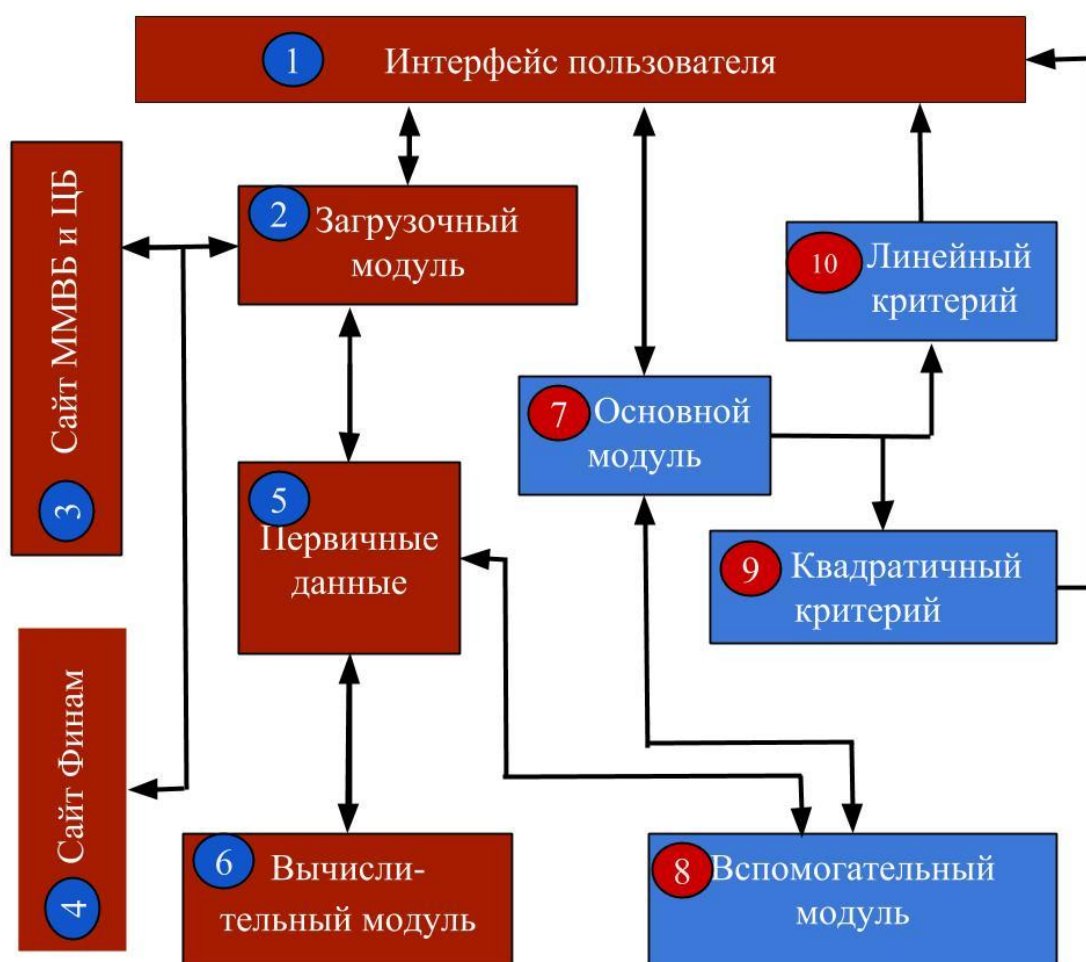
$$(z(t) + Yu(t))^T \Omega(t) (z(t) + Yu(t)) \leq r_p^2(t), \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (23)$$

Приведено решение поставленной задачи.

Также в третьей главе поставлена и изучена задача динамического управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений с квадратичным функционалом качества.

В четвертой главе «Тестирование и экспериментальная проверка» представлено описание разработанных блоков системы поддержки принятия решения инвестора (рис. 2), а также результаты тестирования предложенных методики и моделей.

Рис. 2 Система поддержки принятия решения инвестора



Модуль 1 «Интерфейс пользователя» позволяет пользователю задавать начальные условия, добавлять ценные бумаги в портфель и удалять ценные бумаги из портфеля и получать стратегию управления инвестиционным портфелем.

Модуль 2 «Загрузочные данные». На данном этапе программа делает запрос на модуль 3 и 4 и выгружает данные, такие как доходность и дюрация для облигаций; цена открытия и цена закрытия для акций; параметры β_0 , β_1 , β_2 , τ , g_1 , g_2 , g_3 для построения G-кривой.

Модули 4 и 3 хранят данные на сайтах ЗАО «ММВБ», Банк России и АО «Финам». Данные находятся в свободном доступе в режиме «онлайн».

Модуль 5 «Первичные данные» содержит в себе 4 таблицы с данными (не имеющими связь между собой). В данный модуль выгружаем

информацию за месяц по бумагам, из этого модуля данные переходят в модули 7, 8 и 9 для дальнейшего использования.

Модуль 6 «Вычислительный» проводит вычисления доходности (для акций), средней доходности и матрицы ковариации.

Модуль 7 «Основной» осуществляет формирование портфеля пенсионных инвестиций, построение ограничений и выбор критерия.

Модуль 8 «Вспомогательный» предназначен для выгрузки данных из базы данных и формирования дополнительных матриц для ограничений

Модуль 9 «Квадратичный критерий» решает задачу квадратичного программирования методом Мицеля-Хвощевского.

Модуль 10 «Линейный критерий» решает задачу линейного программирования симплекс-методом.

А) Тестирование методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков проводилась на основе ретроспективных данных по выпускам, размещенным и торгуемым на биржевом рынке ММВБ.

На момент времени $t_0 = 01.03.2013$ было выбрано 90 выпусков долговых обязательств субфедеральных заемщиков, дата погашения которых больше t_0 . Накладывая «законодательный» фильтр, получили массив $\tilde{B} = \{B_i, i = \overline{1,82}\}$.

Следующим этапом методики является этап ранжирования выбранных облигационных выпусков по риску согласно методике, описанной в главе 2. После того как вся необходимая информация была накоплена (собрана), каждому выпуску был присвоен ранг от 1 до k , начиная от лучших показателей к худшим. И в завершении этапа ранжирования по риску для каждого субъекта/муниципалитета был рассчитан показатель риска (см. таблицу ниже) с использованием экспертных оценок весовых коэффициентов α_i . Для определения весов α_i был проведен опрос экспертов (5 человек): $\alpha_i = (0.12 \ 0.33 \ 0.073 \ 0.073 \ 0.073 \ 0.33)$. В роли экспертов выступали специалисты, имеющие большой опыт работы в рассматриваемой области.

На заключительном этапе после расчета величин R для значений $\beta_0 = 0.5, \beta_1 = 0.5$ получен упорядоченный в соответствии с предпочтениями инвестора список облигаций. В таблице 1 для примера представлены первые 4 позиции.

Таблица 1. Результаты реализации методики оценки инвестиционной привлекательности облигаций субфедеральных и муниципальных заемщиков

№	Субъект РФ – эмитент облигаций	Выпуск облигаций	Дата погашения облигаций	Эффективная ставка на 01.01.2012, % годовых	Выходные данные по риску
1	Томская область	34037	27.11.2013	9.69	9.04
2	Свердловская область	34001	11.12.2016	9.30	9.18
3	Красноярский край	34005	29.11.2016	8.98	9.99
4	Республика Коми	32010	15.12.2016	9.49	10.10

Таким образом, в ходе апробации алгоритма по критерию инвестиционной привлекательности субъекта-эмитента был сформирован ранжированный по риску и доходности в соотношении 50/50 (см. коэффициент β_0, β_1) перечень облигаций. Средняя доходность по выбранным облигациям составляет 10.13% годовых. (Эта доходность получена на основании расширенной таблицы, где включены все выпуски). В ходе численного моделирования экспериментально установлено, что на фондовом рынке России преимущественно обращаются среднесрочные выпуски облигаций (с дюрацией до 1000 дней).

Б) В данном пункте представлено описание одной итерации модели формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений.

Экспериментальная проверка модели формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений проводилась на ретроспективных данных из 2 видов акций и 3 видов облигаций, торгуемых на фондовой бирже ММВБ: акции - ОАО «Номос-Банк», ОАО «Аэрофлот», облигации субфедеральных эмитентов - Томской, Волгоградской областей, облигация корпоративного заемщика – ООО «ЕвразХолдинг Финанс». В основу расчетов берутся ретроспективные данные доходностей выбранных ценных бумаг.

Предположим, что инвестор должен сформировать инвестиционный портфель на срок 1 год и при этом соблюсти условия стратегии иммунизации, заложенной в основе модели формирования портфеля. Период до пересмотра сформированного инвестиционного портфеля берется равным 1 месяцу. При моделировании учитывались ограничения:

- суммарная доля акций в портфеле не должна превышать 65% от совокупного объема инвестиционного портфеля, причем доля акций одного эмитента не должна превышать 10%;

- суммарная доля корпоративных облигаций в портфеле не должна превышать 80% от совокупного объема инвестиционного портфеля, причем доля облигаций одного эмитента не должна превышать 40%;
- суммарная доля субфедеральных облигаций в портфеле не должна превышать 40% от совокупного объема инвестиционного портфеля.

В таблице 2 представлены входные данные:

Таблица 2. Входные данные для моделирования

Стартовый. капитал (млн.руб)		Эталонная доходность (% годовых)			Желаемая доходность (% годовых)		
1		0.5			0.5		
Средняя ставка доходности (% годовых)					Дюрация (мес.)		
Рисковые активы		Безрисковые активы			Безрисковые активы		
Номос- Банк (s0)	Аэрофлот (s1)	Облиг. Томской обл (b0)	Облиг. Волгоррадс- кой обл. (b1)	Евраз Холдтинг (b2)	Облиг. Томской обл (b0)	Облиг. Волгоррадс- кой обл. (b1)	Евраз Холдтинг (b2)
0.39	0.13	0.077	0.083	0.088	10.20	11.43	12.93
0.28	0.22	0.078	0.084	0.089	9.50	10.33	11.86
0.55	0.31	0.08	0.079	0.083	8.83	9.30	10.8
0.31	0.11	0.081	0.088	0.084	7.73	8.70	9.70
0.30	0.29	0.064	0.075	0.077	6.56	7.93	8.60
0.36	0.17	0.070	0.078	0.131	5.93	6.80	7.83
0.30	0.19	0.074	0.088	0.084	4.86	11.16	7.03
0.34	0.14	0.064	0.065	0.088	3.86	10.10	6.26
0.29	0.19	0.069	0.081	0.082	2.86	8.86	5.30
0.30	1.06	0.076	0.074	0.085	1.90	8.00	4.36
0.38	0.61	0.075	0.075	0.077	0.66	7.00	3.43
0.94	1.15	0.055	0.078	0.071	0	6.13	2.53

На рис.3-5 приведены результаты моделирования управлением портфелем на реальных данных.

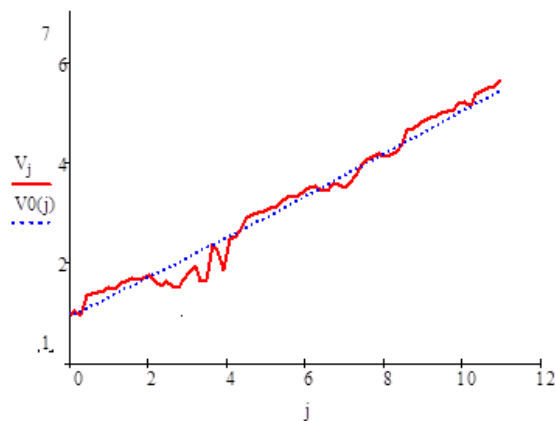


Рис. 3. Стоимости реального и эталонного портфелей. (Сплошной линией показана стоимость реального портфеля, синей линией – стоимость эталонного портфеля.)

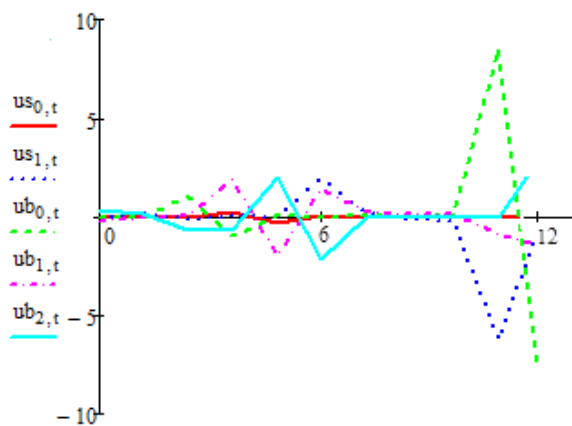


Рис. 4. Объемы дополнительных вложений в бумаги, входящие в портфель

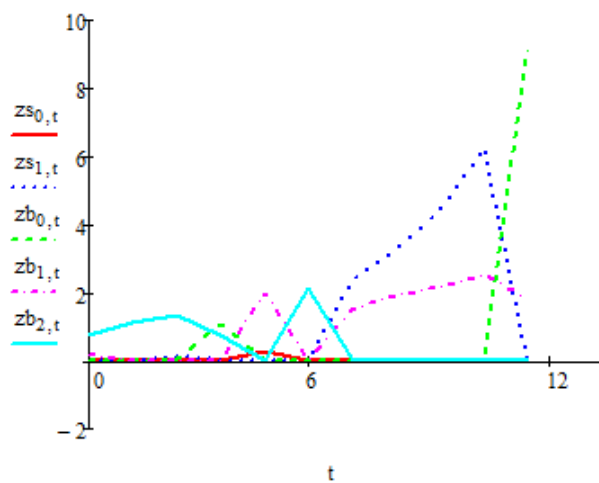


Рис. 5. Общие объемы вложений в бумаги, входящие в портфель

Сравнение интегрированной модели формирования и управления портфелем с существующими моделями

	Модель Марковица	Структурированный продукт	Интегрированная модель	Индексный портфель
Возможность устанавливать показатели доходности и риска	+	-	+	-
Возможность использовать разные виды активов (в одном портфеле)	средняя	высокая	высокая	низкая
Возможность использовать стратегию иммунизации	-	-	+	-
Срок владения портфелем	любой	ограниченный	любой	любой
Способность следовать рыночному тренду	+	-	+	-
Транзакционные издержки	регулируются	низкие	высокие	регулируются

Заключение и выводы.

В результате работы над диссертацией была решена актуальная научно-практическая задача формирования и управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений в контексте деятельности негосударственного пенсионного фонда. Решение данной задачи позволяет повысить эффективность работы негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования. Это позволит привлечь внимание большего числа граждан Российской Федерации к вопросу управления накопительной составляющей пенсии.

В соответствии с целью и задачами исследования проведен анализ инвестиционной деятельности негосударственных пенсионных фондов в системе обязательного пенсионного страхования и соответствующего пенсионного законодательства для выявления необходимых ограничений; исследованы модели формирования инвестиционных портфелей в контексте темы инвестирования средств пенсионных накоплений; проработаны динамические модели управления инвестиционным портфелем и система поддержки принятия решения; проведены вычислительные эксперименты.

В диссертационной работе получены следующие результаты:

1. Исследованы основные аспекты инвестиционной деятельности негосударственных пенсионных фондов, проанализирована текущая ситуация в системе обязательного пенсионного страхования России.
2. Разработана методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков. Параметры целевой функции данной методики могут задаваться инвестором в зависимости от сложившейся конъюнктуры рынка или от собственных предпочтений.
3. Разработана модель формирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений, позволяющая задавать заданную желаемую доходность и при этом минимизировать риски инвестирования. В основе данной модели лежит принцип Г. Марковица. Авторским дополнением является интегрированный в общий портфель иммунизированный подпортфель облигаций.
4. Предложена динамическая модель управления сформированным инвестиционным портфелем.

5. Разработаны блоки системы поддержки принятия решения инвестора при управлении инвестиционным портфелем пенсионных накоплений, которая позволит инвестору оперативно осуществлять оптимальные управляющие воздействия над сформированным портфелем.

Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих работах автора:

1. Рекундадь О.И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений [Электронный ресурс] / О.И. Рекундадь, А.А. Мицель, А.Б. Золтоев // Современные проблемы науки и образования. – 2015 - №1. – С.1-11. – Режим доступа: <http://science-education.ru/121-17416>.

2. Рекундадь О.И. Процедура реформирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений с учетом транзакционных издержек / О.И. Рекундадь, А.А. Мицель, Д.Б. Мальцев // Известия Томского Политехнического университета. – 2014 – Т.325 - №6. – С. 26-31.

3. Рекундадь О.И. Система поддержки принятия решения при инвестировании средств пенсионных накоплений [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013 - №3. – С.1-5. – Режим доступа: <http://science-education.ru/109-9453>.

4. Рекундадь О.И. Методика оценки инвестиционной привлекательности облигаций муниципальных и субфедеральных заемщиков [Электронный ресурс] / О.И. Рекундадь, Т.Р. Рахимов // Современные проблемы науки и образования. – 2012 - №4. – С.1-9. – Режим доступа: <http://science-education.ru/104-6713>.

5. Рекундадь О.И. Анализ инвестиционной привлекательности субфедеральных облигаций при формировании инвестиционного портфеля пенсионных накоплений // Вестник Томского Государственного университета. – 2012 - №360 – С. 140-142.

6. Рекундадь О.И. Инвестиционный портфель пенсионных накоплений / О.И. Рекундадь, А.А. Мицель // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011 - №40(82) – С. 2-5.

7. Рекундадь О.И. Динамическое управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений / О.И. Рекундадь, А.А. Мицель // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых, Юрга, 28-29 Апреля 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – С. 42-43.

8. Рекундаль О.И. Процедура реформирования инвестиционного портфеля пенсионных накоплений / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Юрга, 28-29 Апреля 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – С. 44-45.

9. Рекундаль О.И. Применение стратегии иммунизации при формировании портфеля пенсионных накоплений // Научная сессия ТУСУР-2011: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4-6 Мая 2011. – Томск: В-Спектр – Т.1 – С. 137-139.

10. Рекундаль О.И. Применение однопериодной модели Марковица для построения оптимального портфеля пенсионных накоплений [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов VIII Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 26-29 Апреля 2011. – Томск: ТПУ, 2011 – С. 492-494.

11. Рекундаль О.И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем при ограничениях с квадратичным критерием качества / О.И. Рекундаль, А.А. Мицель, А.Б. Золтое // Актуальные вопросы и перспективы развития экономики XXI века: сборник трудов I международной научно-практической конференции института экономики и управления финансами, Москва 9-10 Июля 2015. – Москва, 2015 – С. 8-13.

12. Мицель А. А. , Рекундаль О. И. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем при ограничениях с квадратичным критерием качества // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: доклады 21-й Международной научно-практической конференции, Томск, 17-18 Ноября 2015. - Томск: В-Спектр, 2015 - С. 102-105