

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 339.727.22:330.4(043.3)

ТОЛОЧКО ЮРИЙ МАРИАНОВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА
СТРУКТУРЫ ФИНАНСОВЫХ ИНВЕСТИЦИЙ
В ИНОСТРАННЫХ ВАЛЮТАХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛАХ**

08.00.13 — математические и инструментальные методы в экономике

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Минск – 2006

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

доктор физико-математических наук, профессор Ковалев М.М.,
кафедра математической экономики и экономической информатики, Белорусский государственный университет

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, старший научный сотрудник Комков В.Н.,
кафедра бизнес-менеджмента, УО «Белорусский государственный экономический университет»

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент Юрик В.В.,
кафедра международных отношений,
Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Оппонирующая организация —

ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь»

Защита состоится 3 февраля 2006 г. в 14.30 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.07.02 при УО «Белорусский государственный экономический университет» по адресу: 220070, Минск, просп. Партизанский, 26, зал заседаний Совета (ауд. 205), тел. 209-79-56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке «Белорусский государственный экономический университет».

Автореферат разослан 3 января 2006 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
доктор экономических наук,
старший научный сотрудник



С.Ф. Микheyев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Для эффективного проведения денежно-кредитной политики государства необходимы достаточные запасы золотовалютных резервов. Размер золотовалютных запасов особенно значим в условиях регулируемого курса национальной валюты, когда резервы используются для сглаживания спроса и предложения на валютном рынке. Данная ситуация характерна для Республики Беларусь, поэтому одной из основных задач органов денежно-кредитного регулирования является увеличение золотовалютных резервов государства. Для решения этой задачи государство должно задействовать все имеющиеся ресурсы, одним из которых выступает повышение эффективности управления золотовалютными резервами с целью увеличения доходов в иностранных валютах и драгоценных металлах.

Выбор направлений и объемов инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах (золотовалютных инвестиций) непосредственно влияет на будущие доходы, поэтому определение структуры осуществляемых инвестиций является критически значимым для эффективного управления. При этом в процессе управления присутствуют риски неблагоприятного финансового результата и крайне важным становится выбор такой структуры инвестиций, которая оптимально балансирует доходность и риск инвестиций, не подвергая резервы опасности существенных потерь.

Проблема выбора оптимальной структуры инвестиций в валюты и драгоценные металлы актуальна не только для органов денежно-кредитного регулирования, но и для банков, финансовых компаний и иных инвесторов, поскольку затрагивает основную цель любого финансового института — получение прибыли. Важен аргументированный выбор структуры инвестиций с точки зрения контроля имеющихся рисков, а также обеспечения ликвидности финансового института.

Определение оптимальной структуры инвестиций является сложной проблемой, которая представляет научный и практический интерес для исследования. Основной вклад в разработку вопросов выбора оптимального портфеля инвестиций внесли Г. Марковиц, Дж. Тобин, У. Шарп, Дж. Линтнер, Дж. Моссин. Результаты их трудов стали базой для дальнейших разработок и практических приложений. Основное развитие теория оптимальных портфелей получила в США и Западной Европе, поскольку там уже продолжительное время функционируют развитые финансовые рынки. В белорусской экономической литературе рассмотрение данной проблемы ограничивалось констатацией базовых теоретических результатов с отсутствием предложений конкретных моделей в их развитие. Тем не менее продолжающееся интегрирование Республики Беларусь

в мировое финансовое сообщество требует использования выверенных с теоретической и практической точек зрения подходов к работе с иностранными валютами и драгоценными металлами.

Выбор темы диссертации обусловлен потребностью в концептуальном и методическом материале для эффективного управления ресурсами в иностранных валютах и драгоценных металлах и выполнения государственных программ в части проведения денежно-кредитной и валютной политики.

Исследованию комплекса проблем, связанных с выбором оптимальной структуры золотовалютных инвестиций, и выработке конкретных предложений по их решению посвящена настоящая диссертация.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Отдельные теоретические положения, выводы и практические рекомендации использовались в процессе выполнения задач реализации Концепции развития банковской системы Республики Беларусь на 2001—2010 годы, Основных направлений денежно-кредитной политики Республики Беларусь (на 1999—2004 годы). Результаты диссертационной работы применялись в научных исследованиях Белорусского государственного университета по теме «Национальная модель формирования и развития международных экономических отношений Республики Беларусь в системе мирового хозяйства» (№ ГР 20012534), проводимых в рамках государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Национальная экономика и стратегия развития».

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка подхода к выбору оптимальной структуры инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах, который может быть эффективно использован центральным банком при осуществлении деятельности в условиях недостатка золотовалютных резервов.

Данная цель обусловила постановку и решение следующих задач:

- разработка и концептуальное обоснование формализации инвестиционного процесса центрального банка для ее применения в качестве экономической основы построения математических моделей;
- построение математических моделей выбора оптимального размещения ресурсов в иностранных валютах и драгоценных металлах, которые учитывают наиболее значимые риски, присущие инвестиционной деятельности центрального банка;
- обеспечение эффективного применения моделей через разрешение комплекса вопросов, связанных с их практическим использованием;
- проведение экспериментального анализа эффективности применения оптимизационного подхода.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования выступает процесс выбора структуры финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах.

Предмет исследования — принципы и методы выбора оптимальной структуры инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах центрального банка.

Методология и методы проведенного исследования. Диссертационное исследование основано на общенаучных методах и математических методах теории финансов (системный анализ и синтез, абстрагирование, обобщение, сравнение, экономико-математическое моделирование, многокритериальная оптимизация, эконометрические методы), а также подходах, связанных с проведением экспериментов.

Научная новизна и значимость полученных результатов состоит в следующем:

- предложен подход к выбору оптимального размещения ресурсов в иностранных валютах и драгоценных металлах центрального банка, который основывается на выборе структуры инвестиций исходя из комплексного анализа и контроля рисков возможных потерь. Разработанный подход предусматривает два этапа выбора оптимальной структуры инвестиций. На первом этапе исходя из обоснования значимости валютного риска рекомендуется выявить структуру размещения средств среди видов валют и драгоценных металлов с условием обеспечения доходности такого размещения при ограничении вероятных потерь. На втором этапе определяется размещение ресурсов в финансовые инструменты отдельно по каждому виду валюты или драгоценного металла. На данном этапе при выборе оптимального размещения наряду с доходностью предлагается учитывать иные необходимые характеристики инвестиций: риск неблагоприятного изменения котировок, кредитный риск и ликвидность. Целью разработанного подхода является обеспечение доходности инвестиций наряду с комплексным контролем возможных потерь, что позволяет использовать его центральным банком в условиях недостатка золотовалютных резервов;

- разработана модификация модели Марковица—Тобина для выбора оптимальной валютной структуры инвестиций, в которой существенно новым для портфельных моделей атрибутом выступает количественный учет валютного риска. Для оценки последнего в модели применена методика количественной оценки риска Value-at-Risk, позволяющая оценивать риск в удобном для практического использования виде вероятных потерь портфеля по окончании инвестиционного горизонта;

- разработана модификация модели Марковица для выбора оптимального размещения ресурсов в финансовые инструменты, номинированные в одном

виде валют или драгоценных металлов. Принципиально новым является учет сразу четырех характеристик финансовых инструментов: доходности, риска неблагоприятного изменения рыночных котировок, кредитного риска и ликвидности. Для реализации модели разработана процедура многокритериальной оптимизации, представляющая собой двухуровневый процесс нахождения решения. На первом уровне определяется множество парето-оптимальных портфелей по приоритетным критериям максимальной доходности и минимального риска неблагоприятного изменения котировок. На основе полученного множества портфелей на втором уровне производится поиск парето-оптимальных портфелей по критериям минимального кредитного риска и максимальной ликвидности. Доказана теорема о представлении парето-оптимальных портфелей первого уровня через непрерывные кусочно-линейные функции, и описано нахождение множества таких портфелей. Разработан алгоритм определения множества парето-оптимальных портфелей по двум линейным критериям на втором уровне многокритериальной оптимизации. Данные методы позволяют обеспечить практическую реализацию модели;

- предложены подходы к разрешению вопросов, возникающих при реализации моделей выбора оптимальных портфелей. Разработаны методика контроля отклонений от выбранной оптимальной структуры и методические рекомендации по выбору длины периода статистических данных для расчета параметров моделей. Исследовано использование в моделях параметров доходности, задаваемых исходя из собственных оценок инвестора, а не рассчитываемых статистически. Экспериментально оценена и подтверждена эффективность оптимизации на примере модели выбора оптимальной валютной структуры.

Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов. Представленный в диссертации методический подход к выбору оптимальной структуры золотовалютных инвестиций является функционально завершенным и практически применимым. Подход может использоваться Национальным банком Республики Беларусь, а также в определенной части банками, финансовыми компаниями, иными инвесторами для оптимизации инвестиций с учетом возникающих в инвестиционной деятельности рисков. Подход позволяет обеспечить аргументированный выбор структуры инвестиций исходя из предпочтений инвесторов относительно степени рискованности деятельности и способствует надлежащему контролю за финансовыми результатами и рисками инвесторов.

С целью повышения эффективности управления и увеличения золотовалютных резервов государства модель выбора оптимальной валютной структуры была внедрена в Национальном банке Республики Беларусь. В результате пересмотра валютной структуры резервов в периоде с декабря 2002 по декабрь

2004 года дополнительный прирост резервов, которые были переведены из одной валюты в другую, составил порядка 33 %; для сравнения соответствующий прирост резервов без пересмотра валютной структуры в том же периоде составлял бы 2,6 %. Данный практический результат диссертации подтвержден справкой Национального банка Республики Беларусь.

Результаты диссертационного исследования могут служить материалом для преподавания курсов «Теория инвестиций», «Инвестиционный анализ», «Финансовый менеджмент».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. Наиболее существенными результатами, выносимыми на защиту, являются:

- модель выбора оптимальной валютной структуры, представляющая собой развитие базового подхода Марковица—Тобина современной портфельной теории на случай выбора размещения ресурсов в виды валют и драгоценных металлов и включающая методику количественной оценки риска Value-at-Risk. В отличие от базового подхода новым в модели является возможность вероятностной оценки валютного риска в виде суммы потерь инвестора (VAR). Модель позволяет осуществлять выбор оптимального размещения с использованием ограничения на размер вероятных максимальных потерь инвестора, что способствует количественному контролю валютного риска в инвестиционной деятельности;

- модель выбора оптимального размещения ресурсов в финансовые инструменты, номинированные в одном виде валют или драгоценных металлов. В модели применена концепция парето-оптимальных решений по аналогии с моделью Марковица, но в отличие от последней в дополнение к характеристикам доходности и риска неблагоприятного изменения котировок обеспечен учет характеристик кредитного риска и ликвидности, что позволяет комплексно оценивать наиболее значимые финансовые риски. Реализация модели обеспечивается через предложенную процедуру двухуровневой многокритериальной оптимизации, сочетающую разработанные аналитические и алгоритмические методы решения;

- методика определения допустимых отклонений от структуры оптимального портфеля, при которых в процессе управления инвестициями не производятся операции по приведению структуры реального портфеля к оптимальному виду. Предложенная методика заключается в расчете допустимых отклонений через отклонения от суммы VAR, соответствующей оптимальной структуре, и позволяет ограничивать размер потерь инвестора, которые связаны с неоптимальным видом реальной структуры инвестиций;

- методические рекомендации по установлению длины периода статистических данных для расчета параметров моделей, которые заключаются в выбо-

ре длины на основе экспериментального моделирования использования моделей на прошлых данных при разных вариантах длин периода. Предложенные рекомендации определяют использование длины периода, приносившей ранее наилучший инвестиционный результат, что позволяет адекватно обосновывать расчет параметров моделей.

Личный вклад соискателя. Диссертация является самостоятельным законченным научным трудом, выполненным автором лично. В совместно опубликованных работах (3 из 10) соискателю принадлежат результаты, соответствующие положениям, вынесенным на защиту.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационного исследования докладывались на семинаре «Современные тенденции и проблемы банковского дела» (Минск, 2000), Республиканской научно-практической конференции молодых ученых «Проблемы теории и методологии государственного управления в трансформационном обществе» (Минск, 2001), семинаре «Эконометрика. Статистические и математические методы в макроэкономических исследованиях» (Минск, 2003), Международной научной конференции «Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития» (Минск, 2004), конференциях молодых ученых экономического факультета БГУ (Минск, 2000—2004).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 6 статей в научных рецензируемых журналах, 1 — в научном сборнике, 3 — в материалах конференций. Общий объем публикаций составляет 73 страницы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 78 наименований, и приложений. Работа изложена на 110 страницах. Объем, занимаемый 23 рисунками, 9 таблицами, 4 приложениями, составляет 16 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «**Математическое описание инвестиционного процесса. Модель выбора оптимальной валютной структуры**» представлен экономико-математический анализ задачи оптимального размещения средств в иностранные валюты и драгоценные металлы и предложена математическая модель выбора оптимальной валютной структуры.

С целью определения существенных черт предметной области диссертационного исследования рассмотрено состояние сферы управления иностранными финансовыми инвестициями. Проанализирована структура международного

финансового рынка и выделены факторы, влияющие на определение размещения золотовалютных резервов центральным банком.

Поскольку задача определения оптимального размещения инвестиций является задачей выбора оптимального инвестиционного решения, представлена формализация процесса принятия инвестиционного решения, связывающая экономическую сущность рассматриваемой задачи с построением математической модели.

Концептуально процесс принятия инвестиционного решения представлен в следующем виде. Во-первых, при принятии решения исходя из имеющихся возможностей производится выбор направлений или секторов инвестирования свободных финансовых ресурсов. Во-вторых, устанавливается набор характеристик, по которым возможна оценка каждого из секторов и инвестиционного портфеля в целом. В-третьих, определяются критерии, по которым на основе данных характеристик осуществляется выбор оптимального портфеля из всей совокупности возможных портфелей.

На базе данной концептуальной схемы процесса принятия инвестиционного решения рассмотрена специфика инвестиционного процесса применительно к центральному банку.

Установлено, что ввиду разнообразия возможных направлений инвестирования центрального банка фиксация конкретных секторов инвестирования для построения математических моделей нецелесообразна. Поэтому предполагается, что выбор секторов инвестирования в математических моделях является экзогенным.

Рассмотрены основные характеристики секторов инвестирования, учет которых необходим для центрального банка. В соответствии с практикой деятельности центральных банков и рекомендациями МВФ по управлению резервами выбраны следующие наиболее значимые характеристики: доходность, валютный риск, риск неблагоприятного изменения котировок, кредитный риск и ликвидность. В диссертационной работе под риском неблагоприятного изменения котировок понимается совместное рассмотрение ценового и процентного риска, под ликвидностью — характеристика скорости возврата вложенных средств.

При определении критериев и процедуры выбора оптимального размещения предложено в первую очередь обеспечивать контроль потерь, связанных с валютным риском. Последний рассмотрен в качестве наиболее значимого из рисков, что связано не только с традиционной практикой определения валютной структуры резервов центральными банками, но и с изменениями в подходах к риск-менеджменту в финансовой сфере, которые в последние годы отражают неблагоприятную для инвесторов конъюнктуру международного валютного рынка.

Таким образом, рекомендовано сначала определять валютную структуру инвестиций (в состав которой включаются и драгоценные металлы), обеспечивающую максимизацию доходности их размещения в виды валют и драгоценных металлов наряду с ограничением потерь, связанных с валютным риском.

Соответственно далее для каждого вида валют и драгоценных металлов предложено находить оптимальный портфель размещения ресурсов в финансовые инструменты (объекты инвестирования), выраженные в данной валюте или металле. При этом в качестве приоритетных критериев используются критерии максимальной доходности и минимального риска неблагоприятного изменения котировок, что соответствует классическому подходу теории инвестиций. В целях комплексного анализа рисков дополнительно предложено использовать критерии минимального кредитного риска и максимальной ликвидности, с помощью которых обеспечивается выбор окончательного инвестиционного портфеля из множества портфелей, определенного с учетом критериев доходности и риска неблагоприятного изменения котировок.

Исходя из общей схемы определения оптимального инвестиционного портфеля проанализированы теории выбора оптимального портфеля инвестиций и сделан вывод о том, что базовым для разработки математических моделей может являться подход Марковица—Тобина современной портфельной теории. При этом необходимо учитывать, что данный подход использует только два критерия, в общем случае дает бесконечное множество решений, не обеспечивает оценку риска в виде суммы потерь портфеля и требует разработки специальных методик для реализации моделей.

Предложена математическая модель выбора оптимальной валютной структуры (1). В качестве базовой применена модель Марковица. В предложенной модели использованы результаты выбора оптимального портфеля при наличии безрискового актива Дж. Тобина, так как валюта, в которой оцениваются результаты инвестиций, не несет валютного риска. Согласно теории, структура рисковей части оптимального портфеля в этом случае определяется единственным образом, следовательно, основным в разработке модели являлся выбор оптимального соотношения между безрисковой и рисковей частью валютной структуры. Предложен подход к определению такого соотношения на основе выбора инвестором суммы допустимых потерь.

С целью оценки потерь в модели применена методика Value-at-Risk (VAR), позволяющая статистическими методами рассчитать сумму максимальных потерь, величина которой по окончании периода инвестирования может быть превышена не более чем с заданной вероятностью. Инвестор, осуществив выбор допустимого для себя значения такой суммы потерь при выбранном уровне вероятности, получает в выходных параметрах модели значения долей оптимальной структуры.

$$\begin{aligned}
 \text{I.} \quad & \left\{ \begin{aligned} r &= \sum_{i=1}^n r_i y_i \rightarrow \max; \\ \sigma^2 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \cdot y_i y_j \rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^n y_i &= 1, \quad y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \end{aligned} \right. \\
 & \frac{r}{\sigma} \rightarrow \max. \tag{1} \\
 \text{II.} \quad & \left\{ \begin{aligned} P &= S \cdot \left(e^{\left(\ln(1+kr) - \frac{1}{2} \ln \left(1 + \frac{(k\sigma)^2}{(1+kr)^2} \right) \right)} - N_{\alpha}^{-1} \left(\ln(1+kr) - \frac{1}{2} \ln \left(1 + \frac{(k\sigma)^2}{(1+kr)^2} \right) \right) \cdot \sqrt{\ln \left(1 + \frac{(k\sigma)^2}{(1+kr)^2} \right)} - 1 \right); \\ 0 &\leq k \leq 1. \end{aligned} \right. \\
 \text{III.} \quad & \left\{ \begin{aligned} x_0 &= 1 - k; \\ x_i &= ky_i, \quad i = \overline{1, n}, \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

где r — доходность рискованной части портфеля;

r_i — ожидаемая доходность от вложений в сектор с номером i ;

y_i — доли размещения средств в каждый из секторов рискованной части;

σ — среднее квадратическое отклонение рискованной части портфеля;

ρ_{ij} — коэффициент корреляции доходностей между секторами i и j ;

σ_i — среднее квадратическое отклонение доходности от вложений в сектор i ;

P — сумма максимальных допустимых потерь инвестора;

S — сумма инвестируемых средств;

k — доля размещения средств в рискованную часть портфеля;

N_{α}^{-1} — обозначение квантили нормального распределения уровня α ;

α — максимальная вероятность, с которой допускаются потери более суммы P ;

x_0 — оптимальная доля размещения средств в безрисковую часть портфеля;

x_i — оптимальные доли размещения средств в сектора рискованной части портфеля;

n — количество секторов инвестирования в рискованную часть портфеля.

В соответствии с этим в (1) I часть описывает задачу нахождения оптимальной рискованной части валютной структуры; II — определяет условия нахождения доли вложений в рискованную часть валютной структуры; III — окончательно рассчитывает доли оптимальной валютной структуры на основе найденных долей оптимальной рискованной части и доли вложений в рискованную часть валютной структуры.

Преимуществом модели является количественный учет валютного риска, обеспечивающий возможность ее использования в процессе контроля валютного риска инвестиций.

Во второй главе «**Модель выбора оптимального размещения иностранной валюты и драгоценных металлов в финансовые инструменты**» предложена математическая модель выбора оптимального размещения средств в финансовые инструменты, выраженные в одном виде валют или драгоценных металлов, представлены процедура и методы ее реализации.

Модель должна обеспечивать учет четырех критериев: максимальной доходности, минимального риска неблагоприятного изменения котировок, минимального кредитного риска, максимальной ликвидности. Исходя из этого предложена двухуровневая процедура оптимизации.

Ввиду приоритетности критериев доходности и риска неблагоприятного изменения котировок первый уровень оптимизации представляет собой поиск парето-оптимальных портфелей по данным критериям. На этом уровне обеспечивается учет дополнительных условий «доходность не ниже, чем...», «риск не выше, чем...». На основе полученного множества портфелей на втором уровне оптимизации производится поиск парето-оптимальных портфелей по критериям кредитного риска и ликвидности. Выбор оптимального портфеля осуществляется инвестором на результирующем множестве портфелей второго уровня оптимизации.

Исследовано получение аналитического представления парето-оптимальных портфелей первого уровня оптимизации. Данное множество является выпуклой кривой на плоскости «доходность—риск» и может быть описано через параметр угла наклона касательных к этому множеству. Доказана теорема, что при введении приемлемых допущений о существовании и единственности касательной к каждой точке данного множества и о разрешимости поиска касательных множество парето-оптимальных портфелей первого уровня оптимизации параметрически описывается через непрерывные кусочно-линейные функции параметра угла наклона касательных (рис. 1). Выведен алгоритм поиска таких функций, являющийся модификацией алгоритма Марковица—Шарпа.

Для получения множества парето-оптимальных портфелей второго уровня оптимизации предложен алгоритм поиска данного множества при линейных критериях минимального кредитного риска и максимальной ликвидности. В качестве входных параметров в алгоритме используются непрерывные кусочно-линейные функции, полученные на первом уровне оптимизации. В основе работы алгоритма лежит геометрическая интерпретация множества парето-оптимальных портфелей.

В итоге предложенная математическая модель реализует выбор с учетом четырех критериев оптимального портфеля размещения средств в финансовые инструменты, выраженные в одном виде валют или драгоценных металлов. Применение данной модели ко всем видам валют и драгоценных металлов и

использование результатов модели выбора оптимальной валютной структуры позволяет инвестору окончательно определить структуру размещения средств.

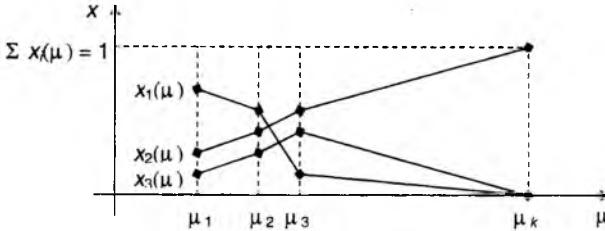


Рис. 1. Кусочно-линейные функции, описывающие множество эффективных портфелей через параметр угла наклона

В третьей главе «Методики, применяемые при расчете структуры оптимальных портфелей, и практические эксперименты» предложено решение вопросов, возникающих при реализации представленных моделей, и исследована эффективность использования оптимизационного подхода.

Разработана методика определения допустимых отклонений от оптимальной структуры портфеля. В результате рыночных изменений котировок структура реального портфеля постоянно изменяется. Частые балансировки портфеля путем проведения операций нецелесообразны. Тем самым неизбежно возникает задача определения допустимых отклонений реальной структуры от оптимальной, при которых можно не приводить портфель к оптимальному виду.

Данная методика использует концепцию Value-at-Risk и связывает расчет допустимых отклонений с отклонениями суммы возможных потерь портфеля. Исходя из того, что оптимальной структуре соответствует определенное значение суммы возможных потерь портфеля, вводя предположения о размере допустимых отклонений от данной суммы потерь, становится возможным аргументированно определить допустимые отклонения оптимальной структуры портфеля.

Предложены методические рекомендации к расчету параметров моделей. Необходимые для использования в моделях параметры находятся в соответствии с классическим подходом современной портфельной теории как статистические характеристики — выборочные средние, среднеквадратические отклонения, коэффициенты корреляции. Для их расчета требуется выбор статистического ряда данных. Наиболее аргументированным является выбор ряда, который включает новейшие данные. В итоге возникает проблема выбора длины такого ряда.

Предложенные рекомендации заключаются в выборе такой длины ряда, на основе которой расчет оптимального портфеля давал в предшествующие пе-

риоды наилучшие инвестиционные результаты. Длина ряда определяется исходя из результатов моделирования в прошлом ситуаций выбора оптимального портфеля по разным вариантам длин рядов и оценки прибылей и убытков от использования оптимальных портфелей. В качестве искомой выбирается длина, обеспечившая в прошлом получение максимальной прибыли.

Рассмотрено использование инвестором в моделях параметра доходности, рассчитанного на основе собственных представлений инвестора о будущих значениях котировок. Более точные параметры модели улучшают оптимизационные результаты. Следовательно, собственные прогнозы инвестора возможны, но при условии наличия достаточной уверенности, подтвержденной практикой, в том, что индивидуальные прогнозы инвестора являются более точными, чем прогнозы, сделанные на основе выборочных средних.

Результаты, представленные в главе, могут быть использованы не только в отношении предложенных математических моделей, но и для иных моделей выбора оптимального портфеля современной портфельной теории.

Проанализирована эффективность применения разработанного оптимизационного подхода на примере модели выбора оптимальной валютной структуры. Рассматривалась задача размещения суммы 100 тыс. дол. США в доллары США, евро и золото с условием ограничения потерь по истечении месяца суммой 1 тыс. дол. США и допущения превышения убытками данной суммы потерь лишь с вероятностью менее 5 %. На реальных данных экспериментально рассчитывались оптимальные валютные структуры и проверялась эффективность их использования (размер прибыли или убытка) по истечении инвестиционного горизонта в один месяц. Всего было проведено 660 экспериментов, причем для статистического расчета параметров модели использовались различные длины периода данных (от 6 месяцев до 5 лет), по 12 экспериментов для каждой длины в течение одного года. Суммарные прибыли/убытки от применения модели в течение года для всех вариантов расчета параметров модели оказались положительными (рис. 2), т.е. использование модели было прибыльным. Условие ограничения валютного риска суммой 1 тыс. дол. США на вероятностном уровне 5 % также было выполнено. Убытки от использования модели превысили эту величину только в одном случае из 660 (1177,07 дол. США). Таким образом, на основе данного исследования сделан вывод о качественном построении модели.

В главе отражены основные результаты внедрения модели выбора оптимальной валютной структуры в Национальном банке Республики Беларусь. При использовании модели в периоде с декабря 2002 по декабрь 2004 года был обеспечен положительный экономический эффект прироста активов при переводе из одной валюты в другую в размере 33 %, что значительно выше прироста в

2,6 %, который бы наблюдался без проведения операций по оптимизации структуры. Данный эффект стал возможен в том числе благодаря обоснованно-моделью увеличению более чем в два раза доли евро в золотовалютных резервах за счет снижения доли долларов США.



Рис. 2. Результаты использования модели выбора оптимальной валютной структуры

Отмечено, что предложенный в работе оптимизационный подход может быть использован центральным банком в различных условиях денежно-кредитной политики. В зависимости от этих условий банк должен индивидуально определять цели размещения активов, соответствующий им набор портфелей, инвестиционные горизонты и на основе полученной информации применять предлагаемые математические методы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать обобщающие выводы и внести предложения по оптимальному выбору структуры финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах инвестором, в качестве которого выступает центральный банк.

1. Принятие инвестиционного решения может быть представлено как процесс, включающий в себя этапы выявления направлений инвестирования, выбора их характеристик и критериев предпочтения одних характеристик другим с целью окончательного определения инвестиционного портфеля.

Для центрального банка направления инвестирования могут быть разными, но при осуществлении золотовалютных инвестиций обязателен учет таких характеристик направлений инвестирования, как доходность, валютный риск, риск неблагоприятного изменения котировок, кредитный риск и ликвидность, что приводит к многокритериальности задачи выбора оптимального размещения.

Предложен подход, предусматривающий два последовательных этапа для выбора оптимальной структуры инвестиций. На первом этапе исходя из значимости валютного риска рекомендуется определять структуру размещения средств среди видов валют и драгоценных металлов с условием обеспечения доходности такого размещения при ограничении вероятных потерь. На втором этапе устанавливается размещение средств в финансовые инструменты отдельно по каждому виду валюты или драгоценного металла. На данном этапе при выборе оптимального размещения кроме доходности должны учитываться риск неблагоприятного изменения котировок, кредитный риск и ликвидность.

Целью предложенного подхода является обеспечение доходности инвестиций наряду с комплексным контролем возможных потерь, что позволяет использовать его центральным банком в условиях недостатка золотовалютных резервов.

Для реализации подхода необходима разработка математических моделей выбора оптимальной валютной структуры и оптимального размещения средств в финансовые инструменты.

Построению данных математических моделей соответствует подход Марковица—Тобина современной портфельной теории. Однако этот подход напрямую не может быть применен, поскольку он использует только два критерия, в общем случае дает бесконечное множество решений, не обеспечивает оценку рисков в виде суммы потерь и требует разработки специальных методик практической реализации. Таким образом, для построения необходимых математических моделей подход Марковица—Тобина требует доработки [1, 6—8, 10].

2. Цель выбора оптимальной валютной структуры инвестиций — обеспечение контроля валютного риска. Предпочтительной является количественная оценка валютного риска, представляющая собой оценку возможных потерь инвестора от использования валютной структуры. Для этого предложена математическая модель выбора оптимальной валютной структуры, комбинирующая базовый подход к нахождению оптимального портфеля Марковица—Тобина с методикой количественной оценки риска Value-at-Risk (VAR).

Размещение средств в валюту, в которой производится учет общей суммы инвестиций и финансового результата, не несет валютного риска (безрисковая валюта). Другие виды валют и драгоценные металлы формируют рисковую часть портфеля инвестиций. Такое описание позволяет применить результаты, полученные Дж. Тобиным, к задаче нахождения оптимального портфеля в случае наличия безрискового актива. В итоге структура рисковей части оптимального портфеля определяется единственным образом. Соотношение между безрисковой и рисковей частью оптимального портфеля устанавливается с помощью методики VAR. Данная методика использует статистические предпо-

ложения и позволяет рассчитывать сумму потерь, которая может быть превышена лишь с определенной вероятностью. В предлагаемой математической модели инвестор определяет сумму максимальных потерь, которые он может себе позволить по окончании инвестиционного периода, и приемлемую для него вероятность того, что данная сумма потерь может быть превышена. На основании данных параметров рассчитываются доли безрисковой и рискованной части оптимального портфеля и, соответственно, определяется оптимальная валютная структура инвестиций.

Модель позволяет сформировать валютную структуру инвестиций совместно с обеспечением контроля возможных потерь инвестора, связанных с валютным риском [2—4, 9].

3. Для определения оптимального размещения средств в финансовые инструменты, номинированные в одном виде валют или драгоценных металлов, предложена математическая модель, учитывающая четыре критерия (максимальная доходность, минимальный риск неблагоприятного изменения котировок, минимальный кредитный риск и максимальная ликвидность) и реализующая двухуровневую процедуру многокритериальной оптимизации.

На первом уровне многокритериальной оптимизации определяется множество парето-оптимальных портфелей по традиционно приоритетным критериям максимальной доходности и минимального риска неблагоприятного изменения котировок. На втором уровне на основе полученного множества поиск парето-оптимальных портфелей производится по критериям минимального кредитного риска и максимальной ликвидности.

Доказано, что парето-оптимальные портфели первого уровня многокритериальной оптимизации при приемлемых допущениях могут быть параметрически описаны через непрерывные кусочно-линейные функции. В работе отражена процедура поиска таких функций. Найденные функции используются как входные параметры второго уровня многокритериальной оптимизации, где применяются линейные критерии минимального кредитного риска и максимальной ликвидности. Предложен алгоритм нахождения парето-оптимальных портфелей на втором уровне оптимизации.

В итоге реализация модели позволяет сделать выбор оптимального портфеля по четырем характеристикам, обеспечивая учет критериев выбора в порядке приоритетности, где критерии доходности и риска неблагоприятного изменения котировок преобладают над критериями кредитного риска и ликвидности [7, 10].

4. В практической деятельности после выбора оптимальной структуры размещения средств возникнет проблема отклонений реальной структуры портфеля от оптимальной. Для решения данной проблемы предложена методи-

ка определения допустимых отклонений портфеля от оптимальной структуры. При непревышении реальной структурой портфеля допустимых отклонений операции по приведению структуры портфеля к оптимальному виду не производятся.

Методика основывается на концепции Value-at-Risk и заключается в допущении к использованию структур портфеля, вероятные потери по которым отклоняются от вероятных потерь оптимального портфеля не более чем на заданное инвестором значение. Методика определения допустимых отклонений позволяет избежать дополнительных операций с портфелем и снизить расходы по обслуживанию инвестиционного портфеля [3—5, 10].

5. Параметры моделей выбора оптимального портфеля рассчитываются исходя из статистических рядов данных, для чего необходимо определение конкретной длины статистического ряда данных. Предлагается подход, основывающийся на моделировании использования при оптимизации различных по длине рядов в прошлом. Выбор искомой длины базируется на выборе той длины, расчет по которой давал в прошлом наилучшие инвестиционные результаты. Разработанные методические рекомендации обеспечивают аргументированный статистический расчет параметров моделей.

Мнение инвестора о будущих движениях котировок может не совпадать с прогнозом котировок исходя из статистически рассчитанного параметра доходности в моделях. В связи с этим статистический расчет доходности в моделях может быть заменен заданием параметров доходности индивидуально инвестором. Такой подход может быть рекомендован в условиях наличия достаточной уверенности, подтвержденной практикой, в том, что индивидуальные прогнозы инвестора являются более точными, чем прогнозы, сделанные на основе выборочных средних [5, 10].

6. В процессе исследования на примере модели выбора оптимальной валютной структуры проведена экспериментальная проверка эффективности использования оптимизационного подхода. Полученные результаты подтвердили эффективность выбора оптимального размещения и показали, что оптимизационный подход позволяет обеспечить доходность операций при ограничении рисков, возникающих в инвестиционной деятельности.

Предложенный подход может быть использован центральным банком в различных условиях реализации денежно-кредитной политики. Подход дает возможность научно обоснованно определять структуру портфелей активов с учетом выбранного банком целевого назначения портфелей [4, 5, 10].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах

1. Толочко Ю.М. Построение эффективной системы управления валютными резервами // Вестн. Асоц. белорус. банков. — 2000. — № 11. — С. 25—31.
2. Толочко Ю., Мирончик Н. Валютный риск и оптимальная валютная структура // Банк. весн. — 2002. — № 10. — С. 25—29.
3. Толочко Ю. Value-at-Risk: методика расчета рыночного риска // Банк. весн. — 2004. — № 10. — С. 44—50.
4. Толочко Ю. Модель выбора оптимальной валютной структуры // Банк. весн. — 2004. — № 19. — С. 21—27.
5. Толочко Ю. Реализация модели выбора оптимальной валютной структуры // Банк. весн. — 2004. — № 22. — С. 47—53.
6. Ковалев М., Толочко Ю. Оптимальное управление иностранными активами // Вестн. Асоц. белорус. банков. — 2004. — № 47. — С. 32—38.

Статьи в научных сборниках

7. Толочко Ю.М. Двухуровневая математическая модель нахождения оптимального инвестиционного портфеля по рассматриваемым последовательно группам равноправных критериев // Современная финансовая теория: Сб. науч. ст. / Под общ. ред. М.М. Ковалева. — Минск: БГУ, 2003. — С. 233—257.

Материалы конференций

8. Толочко Ю.М. Комплексный подход к эффективному управлению золотовалютными резервами государства // Проблемы теории и методологии государственного управления в трансформационном обществе: Материалы Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых. Минск, 12 дек. 2001 г. / Акад. упр. при Президенте Республики Беларусь. — Минск, 2002. — С. 38—40.
9. Большакова И.В., Осмоловский А.Д., Толочко Ю.М. Исследование и практическое применение в банках портфельных моделей // Актуальные проблемы экономической науки и хозяйственной практики: Материалы Междунар. науч. конф. Санкт-Петербург, 15—17 апр. 2004 г. Секции 5—7. / С.-Петерб. гос. ун-т. — СПб., 2004. — С. 28—29.
10. Толочко Ю.М. Оптимизация выбора структуры финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: Материалы V Междунар. науч. конф. Минск, 21—22 окт. 2004 г.: В 5 т. / НИЭИ Мин-ва экономики Республики Беларусь. — Минск, 2004. — Т. 2. — С. 68—70.

РЭЗІЮМЭ

ТАЛОЧКА ЮРЫЙ МАРЫЯНАВІЧ

**Аптымізацыя выбару структуры фінансавых інвестыцый
у замежных валютах і каштоўных металах**

Ключавыя словы: фінансавыя інвестыцыі, інвестыцыйнае рашэнне, замежныя валюты, каштоўныя металы, аптымальная структура інвестыцый, рызыка, валютная структура, шматкрытэрыяльная аптымізацыя.

Аб'ект даследавання — працэс выбару структуры фінансавых інвестыцый у замежных валютах і каштоўных металах.

Прадмет даследавання — прынцыпы і метады выбару аптымальнай структуры інвестыцый у замежных валютах і каштоўных металах цэнтральнага банка.

Мэта работы — распрацоўка падыходу да выбару аптымальнай структуры інвестыцый у замежных валютах і каштоўных металах, які можа быць эфектыўна выкарыстаны цэнтральным банкам пры ажыццяўленні дзейнасці ва ўмовах недастатку залатавалютных рэзерваў.

Метады даследавання: матэматычныя метады тэорыі фінансаў, эканоміка-матэматычнае мадэліраванне, шматкрытэрыяльная аптымізацыя, правядзенне эксперыментаў.

Вынікі і іх навізна: прапанаваны фармалізацыя інвестыцыйнага працэсу і падыход да выбару аптымальнага размеркавання, які ўлічвае асноўныя фінансавыя рызыкі; распрацавана матэматычная мадэль выбару аптымальнай валютнай структуры інвестыцый, дзе істотна новым для партфельных мадэляў атрыбутам з'яўляецца колькасны ўлік валютнай рызыкі; распрацавана матэматычная мадэль выбару аптымальнага размеркавання рэсурсаў у фінансавыя інструменты, дзе прыныпова новым з'яўляецца ўлік адразу чатырох характарыстык фінансавых інструментаў (даходнасці, рызыкі змянення катывоў, крэдытнай рызыкі і ліквіднасці); распрацаваны падыходы да вырашэння тыповых пытанняў рэалізацыі мадэляў выбару аптымальных партфеляў (вызначэнне дапушчальных адхіленняў; выбар працягласці перыяду дадзеных для разліку параметраў; выкарыстанне ў мадэлі параметраў даходнасці, якія адрозніваюцца ад статыстычна разлічаных).

Ступень выкарыстання: вынікі дысертацыйнага даследавання знайшлі прымяненне ў дзейнасці Нацыянальнага банка Рэспублікі Беларусь. Эфектыўнасць выкарыстання вынікаў пацверджана заключэннем Нацыянальнага банка Рэспублікі Беларусь.

Галіна прымянення: дзейнасць па ажыццяўленню фінансавых інвестыцый у замежных валютах і каштоўных металах.

РЕЗЮМЕ

ТОЛОЧКО ЮРИЙ МАРИАНОВИЧ

**Оптимизация выбора структуры финансовых инвестиций
в иностранных валютах и драгоценных металлах**

Ключевые слова: финансовые инвестиции, инвестиционное решение, иностранные валюты, драгоценные металлы, оптимальная структура инвестиций, риск, валютная структура, многокритериальная оптимизация.

Объект исследования — процесс выбора структуры финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах.

Предмет исследования — принципы и методы выбора оптимальной структуры инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах центрального банка.

Цель работы — разработка подхода к выбору оптимальной структуры инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах, который может быть эффективно использован центральным банком при осуществлении деятельности в условиях недостатка золотовалютных резервов.

Методы исследования: математические методы теории финансов, экономико-математическое моделирование, многокритериальная оптимизация, проведение экспериментов.

Результаты и их новизна: предложены формализация инвестиционного процесса и подход к выбору оптимального размещения, учитывающий основные финансовые риски; разработана математическая модель выбора оптимальной валютной структуры инвестиций, где существенно новым для портфельных моделей атрибутом является количественный учет валютного риска; разработана математическая модель выбора оптимального размещения ресурсов в финансовые инструменты, где принципиально новым является учет сразу четырех характеристик финансовых инструментов (доходности, риска изменения котировок, кредитного риска и ликвидности); разработаны подходы к разрешению типичных вопросов реализации моделей выбора оптимальных портфелей (определение допустимых отклонений; выбор длины периода данных для расчета параметров; использование в модели параметров доходности, отличающихся от статистически рассчитываемых).

Степень использования: результаты диссертационного исследования внедрены в работу Национального банка Республики Беларусь. Эффективность использования результатов подтверждена заключением Национального банка Республики Беларусь.

Область применения: деятельность по осуществлению финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах.

SUMMARY

YURI M. TOLOCHKO

**Optimization of the structure of financial investments
in foreign currencies and precious metals**

Keywords: financial investments, investment decision, foreign currencies, precious metals, optimal investment structure, risk, currency structure, multicriterion optimization.

Object of research — process of a choice of financial investments structure in foreign currencies and precious metals.

Subject of research — principles and methods of a choice of an optimal structure of central bank investments in foreign currencies and precious metals.

The goal of research — to develop an approach to choosing an optimal structure of investments in foreign currencies and precious metals, which can be effectively used in a central bank work under conditions of foreign reserves shortage.

Methods of research: mathematical methods of finance theory, economic-mathematical modelling, multicriterion optimization, experimentation.

Research findings and their newness: a formalization of an investment process and an approach to an optimal allocation choice, which takes into account the main financial risks, are proposed; a mathematical model of a choice of an optimal currency structure of investments is developed, in which quantitative accounting of currency risk is a substantially new attribute for the portfolio models; a mathematical model of a choice of an optimal assets allocation to financial instruments is developed, in which the accounting of as many as four characteristics of financial instruments — return, market risk, credit risk and liquidity — is a fundamentally new feature; approaches to solving typical problems of the portfolio models implementation are developed (choice of permissible deviations; choice of historical data period length for the parameters calculation; utilization of the return parameters different from the statistically calculated ones).

Extent of implementation: the results of the research are used by the National Bank of the Republic of Belarus. Efficiency of the results implementation is confirmed by the opinion of the National Bank of the Republic of Belarus experts.

Sphere of use: financial investment activity in foreign currencies and precious metals.

Редактор *Т.В. Бурая*
Корректор *Н.В. Терех*
Технический редактор *О.В. Амбарцумова*
Компьютерный дизайн *Т.В. Бесчетнова*

Подписано в печать 27.12.2005. Бумага офсетная. Формат 60×84/16. Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 70 экз. Заказ 479

УО «Белорусский государственный экономический университет».
Лицензия издательская № 02330/0056968 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.

Отпечатано в УО «Белорусский государственный экономический университет».
Лицензия полиграфическая № 02330/0148750 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.