

УДК 336.6

М. А. Горский

Институт цифровой экономики и информационных технологий,
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, e-mail: gadjiagaev@mail.ru

П. О. Сокерин

Институт цифровой экономики и информационных технологий,
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, e-mail: sokerinpo@mail.ru

Е. А. Юркевич

Институт цифровой экономики и информационных технологий,
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, e-mail: Yurkevich.lena@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНЫХ ПОРТФЕЛЕЙ НА РАЗВИВАЮЩИХСЯ ФОНДОВЫХ РЫНКАХ

Ключевые слова: инвестиционный портфель, структура портфеля, теория оптимального портфеля, развивающийся фондовый рынок, модель портфеля в постановке Г. Марковица, модель портфеля в постановке В. Шарпа, критерии портфеля.

В работе рассматривается актуальная для современного состояния развивающихся фондовых рынков и, в том числе, российского проблематика выбора моделей формирования и управления инвестиционными портфелями профессиональных и непрофессиональных игроков рынка. Отмечен известный факт о несоответствии исходных предпосылок классической портфельной теории, заложенной в работах Марковица, Тобина, Шарпа, условиям выбора инвестиционных решений на этих рынках. Показано, что для основных групп неинституциональных (в значении-не профессиональных) инвесторов-агентов развивающегося фондового рынка актуальной является задача разработки оригинальных и совершенствования известных экономико-математических моделей, методов и численных алгоритмов выбора и управления инвестиционными портфелями. В этой связи авторы провели сравнительный анализ структуры и состава портфелей финансовых активов доминирующей среди неинституциональных инвесторов – агентов российского фондового рынка группы умеренно-агрессивных, рассчитанных по моделям Марковица (с критерием доходности) и Шарпа (с долевым критерием «доходность/риск»). Приведены отличия полученных портфелей и сделан вывод о необходимости учета в моделях оптимального портфеля расширенного набора критериев качества, что соответствует стратегии и тактике управляющих компаний и брокеров, сопровождающих портфели этой группы инвесторов.

М. А. Gorskiy

Institute of Digital Economics and Information Technology,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: gadjagaev@mail.ru

P. O. Sokerin

Institute of Digital Economics and Information Technology,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: sokerinpo@mail.ru

E. A. Yurkevich

Institute of Digital Economics and Information Technology,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: Yurkevich.lena@yandex.ru

FEATURES OF APPLICATION OF OPTIMUM PORTFOLIO MODELS ON DEVELOPING STOCK MARKETS

Keywords: investment portfolio, portfolio structure, optimal portfolio theory, developing stock market, portfolio model staged by G. Markowitz, portfolio model staged by V. Sharp, portfolio criteria.

The paper considers the current issues of developing stock markets, including the Russian problem of choosing models for the formation and management of investment portfolios of professional and non-professional market players. A well-known fact is noted about the discrepancy between the initial premises of the classical portfolio theory, laid down in the works of Markowitz, Tobin, Sharp, and the conditions for choosing investment solutions in these markets. It is shown that for the main groups of non-institutional (meaning non-professional) investor-agents of the developing stock market, the urgent task is to develop

original and improve well-known economic and mathematical models, methods and numerical algorithms for selecting and managing investment portfolios. In this regard, the authors conducted a comparative analysis of the structure and composition of the financial asset portfolios of the moderately aggressive group of agents dominating among non-institutional investors, agents of the Russian stock market, calculated using the Markovits model (with the profitability criterion) and Sharp (with the profit / risk share criterion). The differences in the resulting portfolios are presented and the conclusion is made that the optimal portfolio models need to take into account an expanded set of quality criteria, which corresponds to the strategy and tactics of management companies and brokers accompanying the portfolios of this group of investors.

Введение

Непрофессиональные участники российского фондового рынка (в статье – неинституциональные инвесторы), среди которых преобладают предпринимательские организации и домохозяйства, обладающие достаточными для совершения рыночных сделок объемами временно свободных денежных средств, инвестируемых в финансовые активы с целью получения дохода от этого неосновного для них вида деятельности и формирования финансового резерва путем включения в инвестиционный портфель активов, соответствующих их предпочтениям по доходности, риску, ликвидности и срокам размещения, являются той группой перспективных инвесторов, активность которых может оказать положительное влияние как на рост капитализации рынка (что крайне важно в условиях секторальных ограничений, введенных режимом санкций), так и в целом на деловую активность и инвестиционную привлекательность российской экономики.

Используемые в биржевых операциях этой группы инвесторов инструментальные средства включают различные по уровню детализации и сложности сопровождения математические модели и компьютерные программы формирования и управления портфелями финансовых активов с учетом выбранной инвестиционной стратегии и параметров рынка ценных бумаг. Этот инструментарий в основном базируется на классической портфельной теории и практике портфельного инвестирования, адекватных реалиям развитых в институциональном отношении и устойчиво функционирующих в некризисные периоды финансовых рынков: западноевропейского, североамериканского, юго-восточного и некоторых др. Общим для этих рынков является соответствие институциональных механизмов функционирования и уровня развитости, характеризуемого капитализацией и ликвидностью, величинами

вход-выходных барьеров и транзакционных издержек, базовым предпосылкам модели Марковица-Тобина-Шарпа, которые, однако, не соответствуют реалиям развивающихся фондовых рынков.

Для инвесторов (в том числе и непрофессиональных), оперирующих на российском и других развивающихся фондовых рынках, характеризующихся несовершенством рыночных механизмов, низкой капитализацией, невысокой ликвидностью, высокими входными и выходными барьерами и др. особенностями, в процедурах формирования и управления инвестиционными портфелями наряду с доходностью и риском необходимо учитывать расширенный набор показателей качества финансовых активов, а также категорию инвестора, определяющую инвестиционные предпочтения, сроки и особенности объектов инвестирования и др. факторы, влияющие на структуру и состав портфеля.

Повышение точности оценок инвестиционных портфелей и обоснованности инвестиционных решений непрофессиональных инвесторов – агентов российского фондового рынка предполагает использование инструментария экономико-математических моделей и методов, адаптированных к условиям и учитывающих специфические особенности развивающихся рынков.

Методологическая основа исследования

Методологическую основу работы составили труды отечественных и зарубежных ученых и исследователей-практиков по проблематике разработки и совершенствования экономико-математических моделей, методов и численных алгоритмов формирования и управления портфелями финансовых активов профессиональных и непрофессиональных игроков фондового рынка, в том числе:

– теории и практике инвестирования на совершенных и несовершенных в ин-

ституциональном отношении рынках капитала [1–5];

– «классической» портфельной теории и практике инвестирования на развитых рынках капитала [6–9];

– моделям и инструментальным средствам оптимального управления портфельными инвестициями на российском фондовом рынке [10–15];

– численных методов решения дискретных оптимизационных задач в линейной и нелинейной постановках [16, 17];

– правового сопровождения инвестиционной деятельности на рынке ценных бумаг [18, 19].

Статистическая и информационная база исследования сформированы на основе данных официальных сайтов российских фондовых бирж, Центрального банка, ряда УК и брокеров Сbonds и Финам за период: вторая половина 18– конец 2019, начало 2020 гг. [20–24].

Цель исследования – на основе расчетов оптимальных портфелей для доминирующей на российском фондовом рынке среди непрофессиональных инвесторов группы умеренно-агрессивных сделать обоснованные выводы о сходстве/ различиях структур портфелей с критериями Марковица и Шарпа и об адекватности «классических» моделей оптимального инвестиционного портфеля условиям развивающегося российского фондового рынка.

Результаты исследования и обсуждение

В работе рассмотрены модели оптимальных портфелей Марковица и Шарпа для умеренно-агрессивного инвестора (преобладающая группа инвесторов – непрофессиональных участников российского фондового рынка), который ориентируется на долгосрочные вложения и устойчивый рост инвестиционного капитала. Данная категория инвесторов допускает наличие в портфеле ценных бумаг среднего уровня риска. Основными инструментами инвестирования являются ценные бумаги крупных и средних, но надежных и длительно работающих на рынке компаний, также в портфеле ценных бумаг умеренно-агрессивного инвестора может присут-

ствовать незначительная доля государственных ценных бумаг.

В перечень ценных бумаг для формирования портфеля на 3 января 2020 г. вошли наиболее ликвидные ценные бумаги крупнейших и динамично развивающихся российских эмитентов, виды экономической деятельности которых относятся к основным секторам экономики. Данный выбор обоснован значимостью фактора ликвидности ценной бумаги для этой категории инвесторов (табл. 1).

Приведем модель оптимального инвестиционного портфеля в постановке Марковица с учетом ограничений на риск за период владения ценными бумагами и на бюджет портфеля. Критерий – максимум среднемесячной доходности.

При описании модели будем использовать следующие обозначения переменных и параметров:

i, j – акции из пула финансовых инструментов инвестора;

x_i – количество акций i -го эмитента в портфеле (целое положительное число);

M – бюджет инвестора;

σ_p^2 – уровень риска (волатильности) портфеля за период владения ценными бумагами;

c_i^0 – котировка акции i -го эмитента в момент формирования портфеля;

$\frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k}$ – доля i -го актива в целочисленном портфеле;

σ_{ij} – ковариация i -го и j -го активов в портфеле;

r_i – средняя ожидаемая доходность i -го актива;

r_{mp} – среднемесячная доходность портфеля.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \sum_{i=1}^{20} r_i \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M} \rightarrow \max; \\ \sigma_p^2 = \sum_{i,j=1}^n \frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k} \frac{c_j^0 x_j}{\sum_k c_k^0 x_k} \sigma_{ij} \leq \sigma_p^2; \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq M; \\ x_i \in N, i = \overline{1,20}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Таблица 1

Перечень ценных бумаг для формирования портфеля

	Код	Имя ценной бумаги	Ср. месячная доходность, %	Средняя цена покупки, руб.
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	-0,088	118,89
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	-0,021	88,55
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	4,968	1878,98
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	-0,022	175,12
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	6,884	13099,63
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	-0,014	4810,65
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	-0,061	4302,43
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	-0,173	100,97
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	0,312	274,77
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	-0,079	153,03
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	0,755	1039,91
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	0,161	2447,85
13	PLZL	ПАО «Полус», ао	0,250	5293,59
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	-0,096	399,31
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	-0,121	72,43
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	0,322	222,87
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	-0,047	29,78
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	0,213	96,58
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	0,640	695,24
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	-0,21	0,04

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Приведем модель оптимального инвестиционного портфеля в постановке Шарпа с учетом ограничения на бюджет. Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами.

При описании модели будем использовать следующие обозначения переменных и параметров:

i, j – акции из пула финансовых инструментов инвестора;

x_i – количество акций i -го эмитента в портфеле (целое положительное число);

M – бюджет инвестора;

σ_p^2 – уровень риска (волатильности) портфеля за период владения ценными бумагами;

c_i^0 – котировка акции i -го эмитента в момент формирования портфеля;

$\frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k}$ – доля i -го актива в целочисленном портфеле;

σ_{ij} – ковариация i -го и j -го активов в портфеле;

r_i – средняя ожидаемая доходность i -го актива;

r_{mp} – среднемесячная доходность портфеля.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{r_{mp}}{\sigma_p^2} = \frac{\sum_{i=1}^{20} r_i \cdot c_i^0 x_i}{\sigma_p^2} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq M; \\ x_i \in N, i = \overline{1, 20}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Примечание: в качестве средней ожидаемой доходности i -го актива рассматривается средняя месячная доходность ценной бумаги за анализируемый период с 1 октября 2017 г. по 31 декабря 2019 г.

Построим модель оптимального портфеля Марковица для умеренно-агрессивного инвестора с небольшим бюджетом (10 000 рублей). Критерий

оптимальности – максимум среднемесячной доходности.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \sum_{i=1}^{20} r_i \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M} \rightarrow \max; \\ \sigma_p^2 = \sum_{i,j=1}^n \frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k} \frac{c_j^0 x_j}{\sum_k c_k^0 x_k} \sigma_{ij} \leq 3000; \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 10000; \\ x_i \in N, i = \overline{1,20}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 2 и 3.

Построим модель оптимального по Шарпу портфеля умеренно-агрессив-

ного инвестора с небольшим бюджетом (до 10 000 руб.). Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^{20} r_i \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M}}{\sigma_p^2} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 10000; \\ x_i \in N, i = \overline{1,20}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 2

Структура оптимального портфеля, рассчитанного на основе модели Марковица с ограничением на бюджет (до 10000 руб.)

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	0	0
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	0	0
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	0	0
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	0	0
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	0	0
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	0	0
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	0	0
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	0	0
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	1	13,594
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	0	0
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	0	0
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	0	0
13	PLZL	ПАО «Полюс», ао	0	0
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	2	39,510
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	0	0
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	1	11,026
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	1	14,735
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	0	0
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	1	34,396
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	0	0

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Таблица 3

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного на основе модели Марковица с ограничением на бюджет (до 10000 руб.)

Параметр	Значение
Инвестиции в портфель, руб.	2021,282407
Среднемесячная доходность, %	0,25958
Среднемесячная доходность, руб.	5,246913781
Риск за период владения ценными бумагами, руб.	2846,917383
Среднемесячная доходность, деленная на риск (за период владения ценными бумагами)	$9,1 \cdot 10^{-9}$

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23] и табл. 2.

Таблица 4

Структура оптимального портфеля, рассчитанного на основе модели Шарпа с ограничением на бюджет (до 10000 руб.)

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	0	0
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	0	0
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	0	0
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	0	0
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	0	0
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	0	0
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	1	60,739
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	0	0
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	0	0
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	0	0
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	0	0
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	0	0
13	PLZL	ПАО «Полус», ао	0	0
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	0	0
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	0	0
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	0	0
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	0	0
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	0	0
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	4	39,261
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	0	0

Примечание: составлено авторами на основе источников [20, 23].

Таблица 5

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного на основе модели Шарпа с ограничением на бюджет (до 10000 руб.).

Параметр	Значение
Среднемесячная доходность, деленная на риск за период владения ценными бумагами	$3 \cdot 10^{-9}$
Инвестиции в портфель, руб.	7083,403704
Среднемесячная доходность портфеля, %	0,21436
Среднемесячная доходность портфеля, руб.	15,18382954
Риск портфеля за период владения ценными бумагами, руб.	612524,8472

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23] и табл. 4.

Сравним структуры полученных портфелей. В оптимальный портфель в постановке модели Марковица входят 2 обыкновенных акции ПАО «Роснефть» и по 1-ой обыкновенной акций ПАО «Мобильные Телесистемы», ПАО «Сбербанк России», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. В оптимальный портфель в постановке Шарпа входят 4 обыкновенных акции ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, 1 обыкновенная акция ПАО «Магнит». Полученные оптимальные портфели отличаются по структуре.

Инвестиции в портфель, рассчитанный по модели Марковица, составили 2021,282 руб., что в 3,504 раза меньше инвестиций в портфель, рассчитанный по модели Шарпа, объем которых составил 7083,404 руб. В то же время, среднемесячная доходность оптимального портфеля, рассчитанного по модели Марковица, на 0,4522% превышает среднемесячную доходность оптималь-

ного портфеля, рассчитанного по модели Шарпа, которая составила 0,21436%. Показатель среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами, в модели Марковица составил $9,1 \cdot 10^{-9}$, а в модели Шарпа- $3 \cdot 10^{-9}$.

Построим модель оптимального по Марковицу портфеля для умеренно-агрессивного инвестора с бюджетом до 100 000 руб. Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \sum_{i=1}^{20} r_i \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M} \rightarrow \max; \\ \sigma_p^2 = \sum_{i,j=1}^n \frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k} \frac{c_j^0 x_j}{\sum_k c_k^0 x_k} \sigma_{ij} \leq 30000; \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 100000; \\ x_i \in N, i = \overline{1,20}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Таблица 6

Структура оптимального портфеля, рассчитанного по модели Марковица, с ограничением на бюджет (до 100 000 руб.).

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	0	0
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	0	0
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	19	42,758
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	0	0
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	0	0
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	0	0
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	4	20,612
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	0	0
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	0	0
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	0	0
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	2	2,491
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	0	0
13	PLZL	ПАО «Полюс», ао	0	0
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	0	0
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	0	0
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	0	0
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	0	0
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	0	0
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	41	34,139
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	0	0

Примечание: Составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Таблица 7

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного по модели Марковица с ограничением на бюджет (до 100000 руб.)

Параметр	Значение
Инвестиции в портфель, руб.	83495,128
Среднемесячная доходность портфеля, %	2,34879
Среднемесячная доходность портфеля, руб.	1961,1269
Риск портфеля за период владения ценными бумагами, руб.	29453,595
Среднемесячная доходность, деленная на риск за период владения ценными бумагами	$8 \cdot 10^{-7}$

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23] и табл. 6.

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 6 и 7.

Построим модель оптимального по Шарпу портфеля для умеренно-агрессивного инвестора с бюджетом до 100 000 руб. Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{r_{mp}}{\sigma_p^2} = \frac{\sum_{i=1}^{20} r_i^0 \cdot c_i^0 x_i}{\sigma_p^2} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 100000; \\ x_i \in N, i = \overline{1, 20}. \end{array} \right. \quad (6)$$

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 8 и 9.

Сравним структуры полученных портфелей. В оптимальный портфель по модели Марковица входят 19 депозитарных расписок иностранного эмитента на акции Икс 5 Ритейл Груп Н.В., 4 обыкновенных акции ПАО «Магнит», 2 обыкновенных акции ПАО «НОВАТЭК», 41 обыкновенная акция ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. В оптимальный портфель по модели Шарпа входят 5 обыкновенных акций ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», 5 обыкновенных акций ПАО «Алроса», 6 депозитарных расписок иностранного эмитента на акции Икс 5 Ритейл Груп Н.В., 5 обыкновенных акций ПАО «Газпром», 2 обыкновенные акции ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», по 5 обыкновенных акций следующих компаний: ПАО «Магнит», ПАО «Мо-

сковская Биржа ММВБ-РТС», ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ПАО «НОВАТЭК», ПАО «ФосАгро», ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ПАО «Ростелеком», ПАО «Сбербанк России», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, 5 ОФЗ 26223 и 6 обыкновенных акций ПАО «Банк ВТБ». Полученные оптимальные портфели отличаются по структуре.

Инвестиции в портфель по модели Марковица составили 83495,1277 руб., а по модели Шарпа – 71984,0884 руб. В то же время, среднемесячная доходность оптимального портфеля по модели Марковица равна 2,349%, по модели Шарпа – 8,766%. Показатель среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами, в модели Марковица составил $8 \cdot 10^{-7}$, в модели Шарпа $1,86 \cdot 10^{-7}$.

Построим модель оптимального по Марковицу портфеля для умеренно-агрессивного инвестора с бюджетом до 1 000 000 руб. Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \sum_{i=1}^{20} r_i^0 \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M} \rightarrow \max; \\ \sigma_p^2 = \sum_{i,j=1}^n \frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k} \frac{c_j^0 x_j}{\sum_k c_k^0 x_k} \sigma_{ij} \leq 300000; \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 1000000; \\ x_i \in N, i = \overline{1, 20}. \end{array} \right. \quad (7)$$

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 10 и 11.

Таблица 8

Структура оптимального портфеля, рассчитанного по модели Шарпа, с ограничением на бюджет (до 100 000 руб.)

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	5	8,258
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	5	0,615
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	6	15,662
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	5	1,216
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	0	0
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	2	13,366
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	5	29,885
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	5	0,701
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	5	1,908
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	5	1,063
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	5	7,223
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	5	17,003
13	PLZL	ПАО «Полус», ао	0	0
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	5	2,774
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	5	0,503
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	5	1,548
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	5	0,207
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	5	0,671
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	5	4,829
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	6	0,0004

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Таблица 9

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного по модели Шарпа, с ограничением на бюджет (до 100 000 руб.)

Параметр	Значение
Среднемесячная доходность, деленная на риск за период владения ценными бумагами	$1,86 \cdot 10^{-7}$
Инвестиции в портфель, руб.	71984,0884
Среднемесячная доходность портфеля, %	0,87665
Среднемесячная доходность портфеля, руб.	631,049067
Риск портфеля за период владения ценными бумагами, руб.	47137,09

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23] и табл. 8.

Таблица 10

Структура оптимального портфеля, рассчитанного по модели Марковица, с ограничением на бюджет (до 1 000 000 руб.)

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	0	0
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	0	0
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	258	88,221
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	0	0

Окончание табл. 10				
	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	1	2,384
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	0	0
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	12	9,395
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	0	0
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	0	0
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	0	0
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	0	0
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	0	0
13	PLZL	ПАО «Полос», ао	0	0
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	0	0
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	0	0
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	0	0
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	0	0
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	0	0
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	0	0
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	0	0

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Таблица 11

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного по модели Марковица, с ограничением на бюджет (до 1 000 000 руб.)

Параметр	Значение
Инвестиции в портфель, руб.	549505,13
Среднемесячная доходность портфеля, %	4,54077
Среднемесячная доходность портфеля, руб.	24951,754
Риск портфеля за период владения ценными бумагами, руб.	299986,09
Среднемесячная доходность, деленная на риск за период владения ценными бумагами	$1,5 \cdot 10^{-7}$

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23] и табл. 10.

Построим модель оптимального по Шарпу портфеля для умеренно-агрессивного инвестора с бюджетом до 1 000 000 руб. Критерий оптимальности – максимум среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^{20} r_i^0 \cdot c_i^0 \cdot x_i}{\sigma_p^2} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{20} c_i^0 \cdot x_i \leq 1000000; \\ x_i \in N, i = \overline{1, 20}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Структура и характеристики оптимального портфеля представлены в таблицах 12 и 13.

Сравним структуры полученных портфелей. В оптимальный портфель по модели Марковица входят 258 депозитарных расписок иностранного эмитента на акции Икс 5 Ритейл Груп Н.В., 1 обыкновенная акция ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», 12 обыкновенных акций ПАО «Магнит».

В оптимальный портфель по модели Шарпа входят 30 обыкновенных акций ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», 30 обыкновенных акций ПАО «Алроса», 68 депозитарных расписок

иностранный эмитент на акции Икс 5 Ритейл Груп Н.В., 30 обыкновенных акций ПАО «Газпром», 2 обыкновенных акции ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», 1 обыкновенная акция ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», 42 обыкновенных акций ПАО «Магнит», по 30 обыкновенных акций следующих компаний: ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ПАО

«Нефтяная компания «Роснефть», ПАО «Ростелеком», ПАО «Сбербанк России», ПАО «Сургутнефтегаз», 33 обыкновенных акции ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», 35 обыкновенных акций ПАО «НОВАТЭК», 1 обыкновенная акция ПАО «ФосАгро», 15 обыкновенных акций ПАО «Полос», 32 ОФЗ 26223, 31 ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, 129 обыкновенных акций ПАО «Банк ВТБ».

Таблица 12

Структура оптимального портфеля, рассчитанного по модели Шарпа, с ограничением на бюджет (до 1 000 000 руб.)

	Код	Имя ценной бумаги	Количество ценных бумаг в портфеле	Доля ценных бумаг в портфеле, %
1	AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», ао	30	0,671
2	ALRS	ПАО «Алроса», ао	30	0,500
3	FIVE	Икс 5 Ритейл Груп Н.В., депозитарные расписки иностранного эмитента на акции	68	24,021
4	GAZP	ПАО «Газпром», ао	30	0,988
5	GMKN	ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», ао	2	4,926
6	LKOH	ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ао	1	0,904
7	MGNT	ПАО «Магнит», ао	42	33,972
8	MOEX	ПАО «Московская Биржа ММВБ-РТС», ао	30	0,569
9	MTSS	ПАО «Мобильные ТелеСистемы», ао	30	1,550
10	NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ао	33	0,949
11	NVTK	ПАО «НОВАТЭК», ао	35	6,843
12	PHOR	ПАО «ФосАгро», ао	1	0,460
13	PLZL	ПАО «Полос», ао	15	14,928
14	ROSN	ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», ао	30	2,252
15	RTKM	ПАО «Ростелеком», ао	30	0,408
16	SBER	ПАО «Сбербанк России», ао	30	1,257
17	SNGS	ПАО «Сургутнефтегаз», ао	30	0,168
18	SU26223 RMFS6	ОФЗ 26223	32	0,581
19	TATN	ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, ао	31	4,052
20	VTBR	ПАО «Банк ВТБ», ао	129	0,001

Примечание: составлено авторами на основе данных источников [20, 23].

Таблица 13

Характеристики оптимального портфеля, рассчитанного по модели Шарпа, с ограничением на бюджет (до 1 000 000 руб.)

Параметр	Значение
Среднемесячная доходность, деленная на риск за период владения ценными бумагами	0,000000157
Инвестиции в портфель, руб.	531910,366
Среднемесячная доходность портфеля, %	0,016319113
Среднемесячная доходность портфеля, руб.	8680,30558
Риск портфеля за период владения ценными бумагами, руб.	103854,711

Примечание: составлено авторами на основе источников [20, 23] и табл. 12.

Полученные оптимальные портфели отличаются по структуре.

Инвестиции в портфель по модели Марковица составили 549505,132 руб., а по модели Шарпа – 531910,366 руб. В то же время, среднемесячная доходность оптимального портфеля по модели Марковица равна 4,541%, по модели Шарпа – 1,632%. Показатель среднемесячной доходности, деленной на риск за период владения ценными бумагами, в модели Марковица составил $1,51 \cdot 10^{-7}$, в модели Шарпа $1,57 \cdot 10^{-7}$.

Заключение и выводы

Сравнительный анализ оптимальных портфелей умеренно-агрессивных неинституциональных инвесторов-агентов российского фондового рынка, предпочитающих невысокую доходность и низкий риск инвестиций в преимущественно ликвидные ценные бумаги, рассчитанных по моделям с критериями Марковица и Шарпа, показал:

– структуры оптимальных портфелей, рассчитанных по альтернативным критериям доходности и риска, различаются и это различие растет с ростом инвестиционного бюджета, что, по на-

шему мнению, связано с «упрощенной» структурой используемых моделей, в которых не учитываются ни ограничения по ликвидности включаемых в портфели активов, ни особенности российского фондового рынка, такие как: высокие вход-выходные барьеры, транзакционные издержки рыночных операций, наличие коротких позиций и др.;

– «классическая» модель Г. Марковица в большей степени адекватна российским условиям, та как более точно реагирует на состав первоначального (опорного) портфеля и изменения бюджета инвестора (что отмечено нелинейным характером изменения доходности с изменением бюджета).

Таким образом, основным является следующий вывод. Для развитых фондовых рынков применимы инвестиционные модели, как с одинарными, так и с комбинированными критериями. Для развивающихся, низко ликвидных и ограниченно эффективных рынков преимущество следует отдать моделям с одинарными критериями и расширенной системой ограничений, характеризующих особенности функционирования этих рынков.

Библиографический список

1. Гитман Л.Дж., Джонк М.Д. Основы инвестирования: Пер. с англ. М.: Дело, 1997. 1008 с.
2. Грибов А.Ф., Болдин Б.С. Методы и модели стратегического управления коммерческими банками. М.: Изд. дом Академии Естествознания, 2015. 226 с.
3. Максимов Д.А., Халиков М.А. Концепция и теоретические основы управления производственной сферой предприятия в условиях неопределенности и риска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10–4. С. 711–719.
4. Фабозци Ф. Управление инвестициями: Пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 2000. 932 с.
5. Халиков М.А., Хечумова Э.А., Щепилов М.В. Модели и методы выбора и оценки эффективности рыночной и внутрифирменной стратегий предприятия / Под общ. ред. проф. Халикова М.А. М.: Коммерческие технологии. 2015. 595 с.
6. Зельцер М.Б. Оценка эффективности управления паевыми инвестиционными фондами: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Н., 2006. 163 с.
7. Markowitz H.M. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment. Wiley. New York. 1959.
8. Sharp W. Simplified model for portfolio analysis // Management Sciences. 1963. vol. 9. № 2.
9. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection. The Theory of Interest Rates // ed. By Hahn F. and Brechlin, London, Macmillan and Co., 1965. P. 3–51.
10. Антиколь А.М., Халиков А.М. Актуальные аспекты моделирования портфельных инвестиций // Современные аспекты экономики. 2009. № 6. С. 193–216.
11. Быстрова Д.А., Рязанов М.А. Информационно-алгоритмическое обеспечение оптимального управления портфелем финансовых активов неинституционального инвестора // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–1. С. 141–146.

12. Горощенко В.Б. Развитие инвестиционных механизмов российского фондового рынка: автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2015. 24 с. [Электронный ресурс] URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01005563332#?page=1&view=list> (дата обращения: 07.04.2020).
13. Лавренова Е.С. Особенности организации фондового рынка в Российской Федерации // Экономика и управление. 2016. № 2. С. 132–135.
14. Кухаренко А. Ю., Халиков М. А. Выбор портфеля неинституционального инвестора с использованием критерия Вальда – Сэвиджа // Фундаментальные исследования. 2019. № 5. С. 62–68.
15. Халиков М.А., Максимов Д.А. Многошаговая оптимизация портфеля финансовых активов неинституционального инвестора // Путеводитель предпринимателя. М., 2017. № 33. С. 211–219.
16. Халиков М.А. Дискретная оптимизация планов повышения надежности функционирования экономических систем // «Финансовая математика» Сб. ст. М.: МГУ. 2001. С. 281–295.
17. Хасанов А.С. Об особенностях алгоритмов решения задач линейного программирования с неограниченными областями допустимых решений // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. 2017. № 1. С. 113–123.
18. Федеральный закон РФ от 22.04.1996 № 39-ФЗ «О рынке ценных бумаг».
19. Федеральный закон РФ от 25.02.1999 № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений».
20. Официальный сайт брокерской компании «Финам». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finam.ru> (дата обращения: 06.04.2020).
21. Официальный сайт информационно-аналитического агентства «Investfunds». [Электронный ресурс]. URL: <https://investfunds.ru> (дата обращения: 05.02.2020).
22. Официальный сайт Международного Валютного Фонда. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.imf.org/external/index.htm> (дата обращения: 06.04.2020).
23. Официальный сайт Московской биржи. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.moex.com/> (дата обращения: 09.04.2020).
24. Официальный сайт Центрального Банка РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cbr.ru> (дата обращения: 09.04.2020).