

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

О. М. Маркова

*Финансовый университет при Правительстве РФ,
Москва, Российская Федерация*

Наиболее актуальной проблемой формирования фондового портфеля коммерческого банка является изучение стратегий и инструментов инвестиционной деятельности банка с помощью применения математических моделей её оценки, что позволяет выявить взаимосвязь между доходностью и риском вложений в ценные бумаги. В результате прикладного анализа и моделирования структуры портфеля отбирается оптимальный вариант портфеля, который соответствует заданному уровню риска, доходности и выбранной банком инвестиционной стратегии. Проанализирована структура портфеля с заданными характеристиками риска и доходности на основе статистических данных прошлых лет, систематизированы виды бумаг по типу соответствия стратегии управления портфелем роста доходности, ликвидности и минимизации риска. Согласно моделям Марковица, Тобина и других исследователей в области вероятностной оценки портфеля через показатели ковариации и коэффициент корреляции выявлены значения доходности активов, которые могут меняться в одном направлении либо иметь разнонаправленный характер движения, а также позволяют рассчитать зависимость между значениями доходностей ценных бумаг в портфеле. Рассматриваются следующие модели: модель портфеля из расчёта уровня доходности акций ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Новатэк», Yandex cIA; модель портфеля, включающего безрисковые активы с максимальным уровнем надёжности (государственные краткосрочные облигации, облигации федерального займа); модель оценки стоимости финансовых активов (САРМ), которая описывает зависимость между риском и требуемой доходностью. На основе расчётов сделаны выводы о возможности разработки конкретных направлений банковского бизнеса в области операций с ценными бумагами, среди которых: сохранение средств (обеспечение защиты от инфляционных изменений); рост капитала (ориентация на те ценные бумаги, которые имеют потенциал роста курсовой стоимости); доходность (приобретение ценных бумаг с целью получения дивидендов по акциям и процентов по долговым ценным бумагам); ликвидность (инвестиции в финансовые инструменты, которые можно продать в любой момент по благоприятным ценам); минимизация риска. Результаты проведённого корреляционно-регрессионного анализа портфеля ценных бумаг позволили выявить наиболее предпочтительные для роста доходности виды ценных бумаг, находящихся в портфеле банка: акций российской нефтяной компании «ЛУКОЙЛ», российской газовой компании «Новатэк», компании Yandex cIA, а также облигаций федерального займа (исходя из срока расчёта исторической динамики с 01.05.2018 по 01.05.2019 г.).

Ключевые слова: финансовый рынок, инвестиционная политика, портфельные инвестиции, рынок ценных бумаг, инвестиционный риск, доходность портфеля, математические модели оценки, инвестиционная привлекательность ценных бумаг, коммерческий банк.

Для цитирования: *Маркова О. М.* Применение математического моделирования при формировании инвестиционного портфеля коммерческого банка // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2019. № 4. С. 112–119. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-4-112-119.

Введение

Важность прикладного анализа и моделирования структуры портфеля ценных бумаг обусловливается в современных условиях существенным усилением требований к поиску новых направлений роста доходов коммерческих банков, которые могут быть достигнуты за счёт совершенствования инвестиционной стратегии коммерческого банка, поиска новых финансовых инструментов, используемых для получения прибыли. Расчёт ожидаемого уровня доходности актива возможен на основе применения математического моделирования инвестиционного портфеля банка и тех активов, которые банки могут приобретать с максимальной эффективностью и на основе приемлемого уровня риска. Данная проблема активно изучалась в работах зарубежных экономистов Г. Марковица, У. Ф. Шарпа, Г. Д. Александера, Д. В. Бэйли, Р. Винса и российских учёных С. В. Брюховецкой, Б. Б. Рубцова, А. Н. Буренина и др.

Оценка состояния инвестиционной активности российских коммерческих банков

Инвестиционная активность банков на российском фондовом рынке остаётся низкой. С одной стороны, несовершенство рынка ценных бумаг РФ, высокий уровень неопределённости, значительное государственное вмешательство в его процессы являются сдерживающими факторами. С другой стороны, работу с ценными бумагами усложняют проблемы по получению объективной, достоверной, актуальной информации и выбор оптимальных инструментов управления портфелем ценных бумаг, отвечающих российской специфике развития фондового рынка.

Так, отдельные экономисты связывают инвестиционную стратегию банка с портфельным инвестированием на перспективный период, определяемый и реализуемый им через выбор определённых типов портфелей ценных бумаг [1]. Другие экономисты подходят к анализу инвестиционного портфеля через изучение его структуры с заданными характеристиками риска и доходности [2] на основе статистических данных прошлых лет.

На наш взгляд, наиболее правильным в оценке инвестиционных характеристик ценных бумаг является расчёт показателей данных прошлых периодов за n лет:

– определим среднее значение доходности актива за n лет:

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n};$$

– находим дисперсию доходности через отклонение фактического значения доходности (r_i) от её средней величины (\bar{r}):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n};$$

– находим стандартное отклонение доходности актива:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}.$$

Зависимость между значениями доходностей ценных бумаг в портфеле может быть не функциональной, а стохастической, или вероятностной. Она рассчитывается через показатели ковариации и коэффициент корреляции. Ковариация – это мера, учитывающая дисперсию индивидуальных значений доходности бумаги и силу связей между изменениями доходностей данной бумаги и других [3]:

$$Cov(A; B) = \frac{\sum (r_A - \bar{r})(r_B - \bar{r})}{n - 1}.$$

Положительный результат ковариации свидетельствует о том, что значения доходности активов меняются в одном направлении, отрицательный – о разнонаправленных движениях доходностей оцениваемых объектов. Чтобы измерить силу взаимосвязи между двумя ценными бумагами, используют коэффициент корреляции:

$$Corr(AB) = \frac{Cov_{AB}}{\sigma_A \sigma_B}.$$

Математическая модель Марковица [4] составляет основу прикладного портфельного анализа, где ключевым показателем при расчёте будет являться дисперсия функции.

Пример. Представим ситуацию: инвестор хочет вложить средства в инвестиционный портфель с тремя типами акций крупных российских компаний, с минимальным уровнем риска и доходностью в 10 %.

Целевая функция модели Марковица будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i y_j, & b_{ij} = Cov(R_i R_j) \\ \sum x_i = 1 \\ \sum x_i m_i = 3 \% - \text{выбранное значение доходности.} \end{cases}$$

Рассмотрим модель портфеля из расчёта уровня доходности акций ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Новатэк», Yandex cIA (табл. 1).

Таблица 1

Котировки тикеров и рассчитанная доходность акций*

Тикер	Дата	Курс закрытия	Доходность, %
ЛУКОЙЛ	01.05.2018	4 209	–
	01.06.2018	4 350	3
	01.07.2018	4 451,5	2
	01.08.2018	4 700,5	6
	01.09.2018	5 022	7
	01.10.2018	4 945	–2
	01.11.2018	4 896	–1
	01.12.2018	4 997	2
	01.01.2019	5 272,5	6
	01.02.2019	5 501	4
Новатэк	01.03.2019	5 894	7
	01.04.2019	5 511	–6
	01.05.2018	838,2	–
	01.06.2018	852,8	2
	01.07.2018	924,4	8
	01.08.2018	1 083	17
	01.09.2018	1 168,2	8
	01.10.2018	1 049,8	–10
	01.11.2018	1 127,2	7
	01.12.2018	1 132	0
Yandex cIA	01.01.2019	1 145	1
	01.02.2019	1 080,4	–6
	01.03.2019	1 078,2	0
	01.04.2019	1 205,2	12
	01.05.2018	2 076,5	–
	01.06.2018	2 244	8
	01.07.2018	2 250	0
	01.08.2018	2 150	–4
	01.09.2018	2 160,5	0
	01.10.2018	1 916,5	–11
01.11.2018	1 965	3	
01.12.2018	1 930	–2	
01.01.2019	2 212	15	
01.02.2019	2 208	0	
01.03.2019	2 293,6	4	

* Составлено по [5].

Далее произведём расчёт доходности акций рассмотренных выше компаний (табл. 2).

Таблица 2

Расчёт основных показателей для модели Марковца, %*

Дата	ЛУКОЙЛ	Новатэк	Yandex cIA
01.06.2018	3,35	1,74	8,07
01.07.2018	2,33	8,40	0,27
01.08.2018	5,59	17,16	–4,44
01.09.2018	6,84	7,87	0,49
01.10.2018	–1,53	–10,14	–11,29
01.11.2018	–0,99	7,37	2,53
01.12.2018	2,06	0,43	–1,78
01.01.2019	5,51	1,15	14,61
01.02.2019	4,33	–5,64	–0,18
01.03.2019	7,14	–0,20	3,88
01.04.2019	–6,50	11,78	4,25
Средний доход	2,56	3,63	1,49

* Составлено по [5].

Построим модель Марковица (табл. 3).

Таблица 3

Модель Марковица

Ковариационная таблица	Компании			Дисперсия портфеля	Риск, %
	ЛУКОЙЛ	Новатэк	Yandex cIA		
ЛУКОЙЛ	0,00157034	-0,00013	0,00050182	0,00143103	3,78
Новатэк	0,00012653	0,005584	0,00076205		-
Yandex cIA	0,00050182	0,000762	0,00404027		
Доля в портфеле	0,587	0,413	0,000	1,00000001	
Ожидаемый доход	0,01503142	0,014969	-	3,00 %	>= 3

Модель Тобина [6, 7] имеет строение, аналогичное модели Марковица, но в отличие от последней она включает безрисковые активы с максимальным уровнем надёжности, к которым относятся государственные краткосрочные облигации, облигации федерального займа, а также допускает продажу ценных бумаг. Построение модели включает следующие этапы:

1. Расчёт доходности портфеля, содержащего безрисковые активы:

$$r_p = w_0 r_0 + \sum_{i=1}^n w_i r_i,$$

где w_i – доля ценных бумаг в структуре портфеля; r_i – доходность ценных бумаг; w_0 – доля безрискового актива в структуре портфеля; r_0 – доходность безрискового актива в структуре портфеля.

2. Расчёт уровня риска портфеля по методу Марковица, где уровень риска безрисковых активов равен нулю:

$$\sigma_p = \sqrt{w_i w_j Cov_{ij}}.$$

3. Составление целевой функции по двум задачам:

– портфель минимального риска

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_i w_j Corr_{ij} \sigma_i \sigma_j} \rightarrow \min \\ w_0 r_0 + \sum_{i=1}^n w_i r_i > r_p \\ w_0 + \sum_{i=1}^n w_i = 1 \\ w_i \geq 0; \end{array} \right.$$

– портфель максимальной эффективности (доходности)

$$\left\{ \begin{array}{l} w_0 r_0 + \sum_{i=1}^n w_i r_i \rightarrow \max \\ \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_i w_j Corr_{ij} \sigma_i \sigma_j} < \sigma_p \\ w_0 + \sum_{i=1}^n w_i = 1 \\ w_i \geq 0. \end{array} \right.$$

Пример. Портфель банка состоит из акций компаний различных отраслей и безрисковых активов – облигаций федерального займа (ОФЗ). Срок расчёта исторической динамики включает период с 01.05.2018 по 01.05.2019 г. (табл. 4).

Расчёт показателей для модели Тобина

Дата	Доходность, %			
	ЛУКОЙЛ	Новатэк	Yandex cIA	ОФЗ
01.05.2018	–	–	–	7,75
01.06.2018	3,35	1,74	8,07	–
01.07.2018	2,33	8,40	0,27	–
01.08.2018	5,59	17,16	–4,44	–
01.09.2018	6,84	7,87	0,49	–
01.10.2018	–1,53	–10,14	–11,29	–
01.11.2018	–0,99	7,37	2,53	–
01.12.2018	2,06	0,43	–1,78	–
01.01.2019	5,51	1,15	14,61	–
01.02.2019	4,33	–5,64	–0,18	–
01.03.2019	7,14	0,20	3,88	–
01.04.2019	–6,50	11,78	4,25	–
Ожидаемая доходность	2,56	3,63	1,49	0,65
Риск ценной бумаги	4,16	7,84	6,67	–
Ковариационная матрица зависимостей акций				
ЛУКОЙЛ	0,001570341	–0,00012653	0,000501819	–
Новатэк	–0,000126535	0,005583622	0,000762054	–
Yandex cIA	0,000501819	0,000762054	0,004040273	–
Среднее, %	57,21	25,48	0,00	17,32
Риск портфеля, %	2,90	–	–	–
Доходность портфеля, %	2,50	–	–	–
Ограничения	–	–	–	–

При применении портфельной теории можно проиллюстрировать возможность оптимального выбора активов, связанного с соотношениями доходности и риска [8]. Для этого рассмотрим модель оценки стоимости финансовых активов (Capital Assets Pricing Model, CAPM), которая описывает зависимость между риском и требуемой доходностью. Так же, как и в однофакторных моделях Марковица и Тобина, оцениваются два фактора: ожидаемая доходность и стандартное отклонение доходности (риск). Запись уравнения данной модели имеет следующий вид [9]:

$$\tilde{m}_i = m_f + (m_r - m_f)\beta_i,$$

где \tilde{m}_i – ожидаемый доход на конкретную ценную бумагу при равновесии рынка; m_f – ставка дохода на безрисковую ценную бумагу; $(m_r - m_f)$ – рыночная премия за риск; β_i – бета-коэффициент, мера рыночного риска акции.

Бета-коэффициент иллюстрирует чувствительность доходности акции к доходности на рыночный индекс (например, индекс РТС). Линия рынка капитала (СML) отражает зависимость «риск – доходность» для эффективных портфелей, т. е. портфелей, сочетающих в себе рисковые и безрисковые активы [10].

Уравнение линии рынка капитала:

$$m_p = m_f + \left(\frac{m_r - m_f}{\sigma_{mr}} \right) \sigma_p,$$

где m_p – эффективность портфеля акций; m_f – доходность безрисковых активов; σ_{mr} – среднее квадратичное отклонение доходности рыночных ценных бумаг; σ_p – среднее квадратичное отклонение доходности акций портфеля.

Можно также применить модель арбитражного ценообразования АРТ (Arbitrage Pricing Theory) С. Росса [11], в которой учитываются дополнительные экономические факторы риска, такие как темпы прироста ВВП, уровень процентных ставок, уровень инфляции, уровень цен на нефть. Недостатком модели является то, что на практике затруднительно выявить, какие конкретные факторы нужно учитывать в модели при формировании портфеля.

По результатам анализа были выявлены наиболее оптимальные варианты моделирования, которые позволяют учесть различные факторы риска, помимо доходности и уровня риска актива. При этом рассчитывают два вида риска: рыночный (систематический) и собственный (неси-

стематический), рекомендуется их совместное применение. Нахождение рыночного риска также требует соотношения с фондовыми индексами, такими как индекс ММВБ. Кроме того, при формировании инвестиционного портфеля необходимо учитывать возможности снижения риска на основе хеджирования и диверсификации [12].

Хеджирование используют как страхование риска путём открытия сделки по основному активу на противоположной позиции на другом рынке через производные финансовые инструменты. Диверсификацию портфеля необходимо проводить исходя из показателя корреляции, при котором при отрицательном значении коэффициента между активами существует разнонаправленная активность, т. е. степень риска портфеля будет меньше.

Заключение

Таким образом, в современных условиях низкая ликвидность рынка не позволяет достоверно рассчитывать такие статистические показатели, как математическое ожидание доходности, среднеквадратическое отклонение, используемые в классических моделях. Поэтому основной тенденцией деятельности коммерческих банков как инвесторов на рынке ценных бумаг является их ориентация на краткосрочные вложения [13, 14], поскольку у банков нет возможности осуществлять инвестиции долгосрочного характера вследствие краткосрочного характера ресурсной базы [15]. Нерыночные отклонения цен на существенную величину снижают достоверность статистических показателей, а также качество индексов, рассчитываемых для российского рынка ценных бумаг и его сегментов. Отсутствие указанных индексов препятствует использованию модели CAPM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аттиков П.* Инвестиционные стратегии банка на рынке ценных бумаг: содержание, роль, методика анализа совокупных портфелей банков // Экономика и социум. 2018. № 5 (48). С. 1536.
2. *Винокур И. Р., Цветкова А. В.* Портфельный подход к управлению активами // Вестн. Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Сер.: Социально-экономические науки. 2017. № 4. С. 234–245.
3. *Современная теория портфеля (MPT).* URL: <https://www.investopedia.com/terms/m/modernportfoliotheory.asp> (дата обращения: 08.09.2019).
4. *Кузнецова Е. А., Винникова И. С., Жомина Т. А.* Специфика формирования и управления инвестиционным портфелем банковской организации // Инновационная экономика, перспективы развития и совершенствования. 2019. № 4 (38). С. 150–156.
5. *Данные котировок* были выгружены из вендора Мосбиржи «МФД-ИнфоЦентр Плюс» за период с 01.05.2018 по 01.05.2019 г. с фреймом в один месяц. URL: <http://mfd.ru/marketdata/ticker/?id=632> (дата обращения: 08.05.2019).
6. *Шарп У. Ф., Александер Г. Д., Бэйли Д. В.* Инвестиции. М.: Инфра-М, 2018. 509 с.
7. *Касимов Ю. Ф., Аль-Натор М. С., Колесников А. Н.* Основы финансовых вычислений. Портфели активов, оптимизация и хеджирование. М.: Кнорус, 2019. 322 с.
8. *Ширяев В. И.* Модели финансовых рынков: оптимальные портфели, управление финансами и рисками. М.: Либроком, 2015. 216 с. ISBN 978-5-397-07733-0.
9. *Melody Nyangar, Davis Nyangara, Godfrey Ndlovu, TakawiraTyavambiza.* An Empirical Test of the Validity of the Capital Asset Pricing Model on the Zimbabwe Stock Exchange // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. N. 6 (2). P. 365–379.
10. *Горелик В. А., Золотова Т. В.* Задача выбора оптимального портфеля с вероятностной функцией риска // Journal of Mathematical Sciences. 2016. N. 2016.5. P. 603–611.
11. *Теория арбитражного ценообразования.* URL: <https://allfi.biz/financialmanagement/RiskAndReturns/teorija-arbitrazhnogo-cenoobrazovaniya.php> (дата обращения: 08.09.2019).
12. *Винс Р.* Математика управления капиталом. Методы анализа риска трейдеров и портфельных менеджеров. М.: Альпина Паблишер, 2018. 400 с.
13. *Финансовые рынки* / под ред. С. В. Брюховецкой, Б. Б. Рубцова. М.: Кнорус, 2018. 462 с.
14. *Финансовый рынок России: поиск новых инструментов и технологий в целях обеспечения экономического роста: моногр.* / под ред. Н. Э. Соколиной. М.: Кнорус, 2018. 250 с.
15. *Финансовый информационный портал Banki.ru.* URL: <https://www.banki.ru/investment/search/share/> (дата обращения: 15.09.2019).

Статья поступила в редакцию 16.09.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Маркова Ольга Михайловна – Россия, 125993, Москва; Финансовый университет при Правительстве РФ; канд. экон. наук, доцент; доцент департамента финансовых рынков и банков; markova1310@bk.ru.



APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING
IN CREATING INVESTMENT PORTFOLIO
OF COMMERCIAL BANK

O. M. Markova

*Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the most urgent problem of creating the stock portfolio of a commercial bank, where studying the strategies and tools of the bank's investment activity and using mathematical models for its assessment help to identify the relationship between profitability and the risk of investing in securities. As a result of applied analysis and modeling of the portfolio structure, the optimal portfolio option is selected, which corresponds to a given level of risk and profitability, as well as to the investment strategy chosen by the bank. There has been analyzed the portfolio structure with specified characteristics of risk and profitability, according to the statistics of previous years. The types of documents have been systematized according to the compliance with the strategy of managing the portfolio of profitability growth, liquidity and risk minimization. Using the models of Markowitz, Tobin and other researchers of probabilistic portfolio assessment through covariance indicators and a correlation coefficient, there have been found the values of return on assets that can change in one direction or have a multidirectional nature, and allow to calculate dependence between the values of return on securities in the portfolio. There have been considered the following models: a portfolio model based on calculating the level of stock returns of LUKOIL JSC, Novatek JSC, Yandex; a portfolio model that includes risk-free assets with the highest level of reliability (government short-term bonds, federal loan bonds); capital asset pricing model which describes dependency between the risk and the required profitability. Based on these calculations there has been inferred the possibility of developing specific areas of the banking business in the field of securities transactions, including: saving funds (providing protection against inflation); capital growth (focus on the securities that have the potential for growth in market value); profitability (purchasing securities in order to obtain dividends on shares and interest on debt securities); liquidity (investments into financial tools that can be sold at any time at favorable prices); risk minimization. The results of the conducted analysis of correlation and regression of the securities portfolio have revealed the most preferred types of securities for growing profitability that are in the bank's portfolio: shares of the Russian oil company LUKOIL, the Russian gas company Novatek, Yandex cIA, as well as the federal loan bonds (based on the terms of calculating history dynamics since May 1, 2018 up to May 1, 2019).

Key words: financial market, investment policy, portfolio investment, securities market, investment risk, portfolio profitability, mathematical models for assessing, investment attractiveness of securities, commercial bank.

For citation: Markova O. M. Application of mathematical modeling in creating investment portfolio of commercial bank. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics.* 2019;4:112-119. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5537-2019-4-112-119.

REFERENCES

1. Attikov P. Investicionnye strategii banka na rynke cennyh bumag: sodержание, rol', metodika analiza sovokupnyh portfelej bankov [Bank investment strategies in securities market: content, role, methods of analysis of total bank portfolios]. *Ekonomika i socium*, 2018, no. 5 (48), p. 1536.

2. Vinokur I. R., Cvetkova A. V. Portfel'nyj podhod k upravleniyu aktivami [Asset management portfolio]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Seriya: Social'no-ekonomicheskie nauki*, 2017, no. 4, pp. 234-245.
3. *Sovremennaya teoriya portfelya (MPT)* [Modern portfolio theory]. Available at: <https://www.investopedia.com/terms/m/modernportfoliotheory.asp> (accessed: 08.09.2019).
4. Kuznecova E. A., Vinnikova I. S., Zhomina T. A. Specifika formirovaniya i upravleniya investicionnym portfelem bankovskoj organizacii [Specificity of forming and managing investment portfolio of banking organization]. *Innovacionnaya ekonomika, perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*, 2019, no. 4 (38), pp. 150-156.
5. *Dannye kotirovok byli vygruzheny iz vendora Mosbirzhi «MFD-InfoCentr Plyus» za period s 01.05.2018 po 01.05.2019 g. s frejmom v odin mesyac* [Quotation data downloaded from the MFD-InfoCenter Plus vendor of Moscow Stock Exchange during 01.05.2018 - 01.05.2019 with frame of one month]. Available at: <http://mfd.ru/marketdata/ticker/?id=632> (accessed: 08.05.2019).
6. Sharp U. F., Aleksander G. D., Bejli D. V. *Investicii* [Investments]. Moscow, Infra-M Publ., 2018. 509 p.
7. Kasimov Yu. F., Al'-Nator M. S., Kolesnikov A. N. *Osnovy finansovyh vychislenij. Portfeli aktivov, optimizaciya i hedzhirovanie* [Fundamentals of financial computing. Asset portfolios, optimization and hedging]. Moscow, Knorus Publ., 2019. 322 p.
8. Shiryaev V. I. *Modeli finansovyh rynkov: optimal'nye portfeli, upravlenie finansami i riskami* [Financial market models: optimal portfolios, financial and risk management]. Moscow, Librokom Publ., 2015. 216 p. ISBN 978-5-397-07733-0.
9. Melody Nyangar, Davis Nyangara, Godfrey Ndlovu, TakawiraTyavambiza. An Empirical Test of the Validity of the Capital Asset Pricing Model on the Zimbabwe Stock Exchange. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2016, no. 6 (2), pp. 365-379.
10. Gorelik V. A., Zolotova T. V. Zadacha vybora optimal'nogo portfelya s veroyatnostnoj funkciej riska [Problem of choosing optimal portfolio with probabilistic risk function]. *Journal of Mathematical Sciences*, 2016, no. 2016.5, pp. 603-611.
11. *Teoriya arbitrazhnogo cenoobrazovaniya* [Arbitration pricing theory]. Available at: <https://allfi.biz/financialmanagement/RiskAndReturns/teorija-arbitrazhnogo-cenoobrazovaniya.php> (accessed: 08.09.2019).
12. Vins R. *Matematika upravleniya kapitalom. Metody analiza riska trejderov i portfel'nyh menedzherov* [Mathematics of money management. Methods of risk analysis for traders and portfolio managers]. Moscow, Al'pina Publisher, 2018. 400 p.
13. *Finansovyje rynki* [Financial markets]. Pod redakciej S. V. Bryuhoveckoj, B. B. Rubcova. Moscow, Knorus Publ., 2018. 462 p.
14. *Finansovyj rynek Rossii: poisk novyh instrumentov i tekhnologij v celyah obespecheniya ekonomicheskogo rosta: monografiya* [Financial market of Russia: searching new tools and technologies to ensure economic growth: monograph]. Pod redakciej N. E. Sokolinskoj. Moscow, Knorus Publ., 2018. 250 p.
15. *Finansovyj informacionnyj portal Banki.ru* [Financial information portal Banki.ru]. Available at: <https://www.banki.ru/investment/search/share/> (accessed: 15.09.2019).

The article submitted to the editors 16.09.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Markova Olga Mikhailovna – Russia, 125993, Moscow; Financial University under the Government of the Russian Federation; Candidate of Economics, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Financial Markets and Banks; markova1310@bk.ru.

