

УДК 336.76

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАРКОВИЦА В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОГО ФОНДОВОГО РЫНКА

**Н.С. Васильева, Е.А. Привалова**

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, email: klek.ek@mail.ru, kate960809a@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено исследование, направленное на адаптацию классической модели Г. Марковица к условиям формирования инвестиционного портфеля индивидуального инвестора на российском фондовом рынке. На основе анализа динамики котировок пятнадцати крупнейших эмитентов, входящих в индекс «голубых фишек» Московской биржи, построены матрицы доходностей и корреляций, а также проведено оптимизационное моделирование для определения эффективных портфелей с различным уровнем риска и доходности. Показано, что доходности российских акций характеризуются выраженной отраслевой неоднородностью, а различная степень корреляции между активами формирует потенциал для эффективной диверсификации. В ходе моделирования выявлены семь оптимальных портфелей, расположенных на эффективной границе Марковица, среди которых оптимальное соотношение «риск—доходность» достигается при комбинировании акций ПАО «НОВАТЭК» и ПАО «Сбербанк России». Полученные результаты подтверждают применимость количественных методов оценки рисков и портфельной оптимизации в российской инвестиционной практике и могут быть использованы при разработке индивидуальных стратегий управления капиталом.

**Ключевые слова:** инвестиции; портфельная теория; риск; доходность; диверсификация; оптимизация; модель Марковица; фондовый рынок; индивидуальный инвестор; эффективная граница.

## MODELING AN OPTIMAL INVESTMENT PORTFOLIO BASED ON THE MARKOWITZ MODEL IN THE CONTEXT OF THE RUSSIAN STOCK MARKET

**N.S. Vasilieva, E.A. Privalova**

Mari State University, Yoshkar-Ola, email: klek.ek@mail.ru, kate960809a@mail.ru

**Abstract.** The article presents a study aimed at adapting the classical Markowitz model to the conditions of forming an investment portfolio for an individual investor in the Russian stock market. Based on the analysis of price dynamics of fifteen major issuers included in the Moscow Exchange Blue Chip Index, matrices of returns and correlations were constructed, and optimization modelling was carried out to identify efficient portfolios with different levels of risk and return. The results show that the returns of Russian equities are characterized by pronounced sectoral heterogeneity, while varying degrees of correlation between assets create potential for effective diversification. The modelling identified seven optimal portfolios located along the Markowitz efficient frontier, with the most balanced risk—return ratio achieved through a combination of NOVATEK and Sberbank shares. The findings confirm the applicability of quantitative risk assessment and portfolio optimization methods in Russian investment practice and can be used to develop individualized capital management strategies.

**Keywords:** investments; portfolio theory; risk; return; diversification; optimization; Markowitz model; stock market; individual investor; efficient frontier.

Дата поступления статьи в редакцию: 22.11.2025

Дата принятия статьи в печать: 30.12.2025

### Введение

В современных условиях развития финансовых рынков вопросы эффективного управления инвестиционным капиталом приобретают все большую актуальность как для институциональных, так и для индивидуальных инвесторов [8, 3]. Портфельная теория инвестиций, создание которой было отмечено Нобелевской премией по экономике, за последние десятилетия трансформировалась из чисто академической концепции в практический инструмент, широко применяемый инвестиционными менеджерами и управляющими фондов по всему миру, включая российскую практику [6, 5].

Центральной проблемой инвестирования является необходимость принятия решений в условиях неопределенности, где ключевую роль играют три взаимосвязанных фактора: время, ожидаемая доход-

ность и риск [2]. Стоимость инвестиционного капитала постоянно изменяется во времени, а его будущая величина представляет собой ожидаемую, а не детерминированную величину [7]. Данное обстоятельство делает задачу оптимального распределения капитала между различными финансовыми инструментами математически сложной и экономически значимой.

Модель Марковица, предложенная в 1951 году, впервые обеспечила математическую формализацию задачи формирования оптимальной структуры портфеля ценных бумаг [12]. Ключевая идея этой модели заключается в статистическом подходе к будущим доходам финансовых инструментов, рассматриваемых как случайные величины с определенным распределением вероятностей [13, 9]. Использование в качестве критериев оптимизации математического ожидания доходности и показателей рассеивания (дисперсии, стандартного отклонения) позволяет количественно оценить соотношение «доходность/риск» и сформировать портфель с характеристиками, недостижимыми при инвестировании в отдельные ценные бумаги [10].

Несмотря на широкое признание портфельной теории, ее практическое применение индивидуальными инвесторами сталкивается с рядом специфических проблем, связанных с ограниченностью инвестиционного капитала, различными инвестиционными целями и разным отношением к риску [11, 4]. В зависимости от инвестиционных предпочтений выделяют три основных типа инвесторов: консервативные, умеренно-агрессивные и агрессивные, каждый из которых требует индивидуального подхода к формированию портфеля [1].

### **Цель исследования**

Целью статьи является адаптация классической модели Марковица к условиям принятия инвестиционных решений индивидуальными инвесторами с учетом их инвестиционных предпочтений и ограничений.

### **Объекты и методы исследования**

Классическая теория инвестиционного портфеля Г. Марковица принципиально не применима на российском облигационном рынке по нескольким причинам. Во-первых, существует сложность корректного расчета значений математического ожидания и стандартного отклонения доходности облигаций из-за низкой ликвидности национального рынка. Во-вторых, отсутствует возможность корректного моделирования математического ожидания и стандартного отклонения на основании исторических данных, как минимум, в силу изменчивости среднего уровня процентных ставок и их временной структуры. В-третьих, является спорным утверждение, касающееся нормального распределения изменения цен облигаций в силу наличия «тяжелых хвостов» [11]. Соответственно, неприменимой является и классическая процедура отбора активов в состав инвестиционного портфеля, основанная на подборе оптимального сочетания активов по уровню доходности и риска на основании анализа их числовых характеристик.

В связи с этим, нами было принято решение формировать инвестиционный портфель индивидуального инвестора из акций, обращающихся на Московской фондовой бирже. Для формирования инвестиционного портфеля индивидуального инвестора были рассмотрены наиболее ликвидные акции фондового рынка – «голубые фишки» (англ. Blue chips). «Голубые фишки» или акции «первого эшелона» представляют собой акции наиболее крупных, ликвидных и надежных компаний со стабильными показателями получаемых доходов и выплачиваемых дивидендов. Для них характерны высокая ликвидность, то есть способность акции превращаться в наличные деньги без потери курсовой стоимости, узкий спред как разница между ценой покупки и продажи в один и тот же момент времени, низкая волатильность как степень изменчивости цены акций за определенный промежуток времени, а также высокие объемы ежедневных торгов, характеризующиеся количеством и стоимостью акций, купленных и проданных за определенный промежуток времени. Соответственно, для акций второго и третьего эшелонов данные показатели существенно хуже.

Объектом исследования выступили следующие компании из состава «Индекса голубых фишек» Московской Биржи: ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ПАО «Магнит», ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ПАО «НОВАТЭК», ПАО «Полус», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Сбербанк России», ПАО «Северсталь», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Татнефть», ПАО «АЛРОСА» и ПАО «РУСАЛ». По данным компаниям были собраны и проанализированы статистические данные о динамике котировок акций за период с 1 ноября 2024 года по 1 октября 2025 года для последующего формирования оптимального инвестиционного портфеля на основе модели Марковица.

## Результаты исследования

На рисунке 1 представлена матрица доходностей акций по месяцам за период с ноября 2024 г. по октябрь 2025 г., отражающая динамику изменения доходностей по акциям крупнейших российских эмитентов, входящих в индекс «голубых фишек» Московской биржи. Цветовая шкала визуализирует направления и интенсивность колебаний доходности: зеленые оттенки соответствуют положительным значениям, красные — отрицательным.

Матрица доходностей акций по месяцам

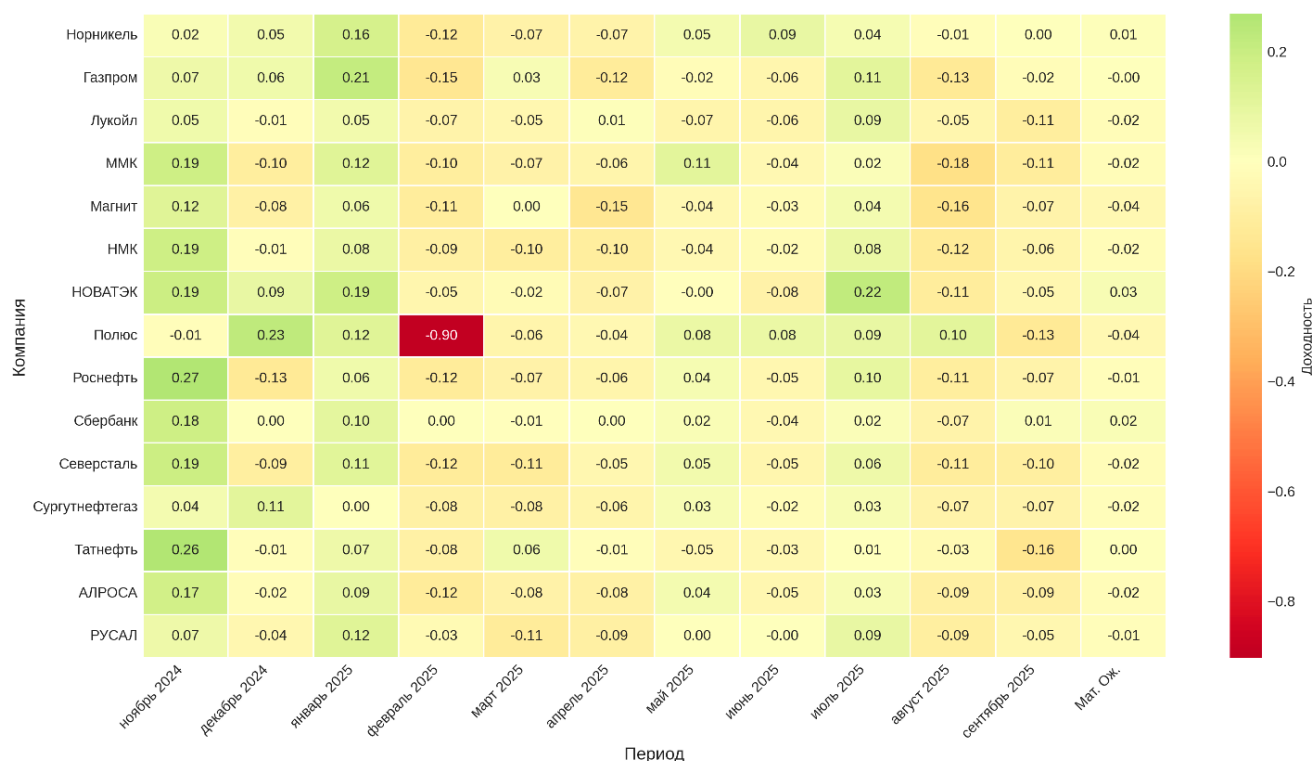


Рис. 1. Матрица доходностей акций по месяцам

Проведенный анализ выявил существенную дифференциацию доходностей по эмитентам. Так, наиболее выраженные колебания зафиксированы у акций ПАО «Полюс», что, вероятно, связано с волатильностью мировых цен на золото и колебаниями валютного курса. В феврале 2025 г. доходность акций данной компании снизилась до -0,50, что является минимальным значением среди всех наблюдаемых инструментов. Аналогичные, хотя и менее выраженные, отклонения характерны для ПАО «НОВАТЭК» и ПАО «АЛРОСА», что может быть обусловлено высокой чувствительностью их котировок к изменению внешнеэкономической конъюнктуры и динамике сырьевых рынков.

Напротив, наиболее стабильные показатели доходности продемонстрировали компании топливно-энергетического сектора — ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ» и ПАО «Сургутнефтегаз». Диапазон их ежемесячных колебаний находился преимущественно в пределах от -0,05 до +0,15, что свидетельствует о более устойчивом характере доходностей и меньшей подверженности краткосрочным рыночным флуктуациям.

Для финансового сектора, представленного ПАО «Сбербанк России», характерна умеренная, но положительная динамика доходностей во второй половине анализируемого периода, что, вероятно, связано с восстановлением потребительской активности и ростом кредитного портфеля крупнейшего банка страны.

Для количественного сопоставления совокупных изменений средних доходностей по эмитентам использован рисунок 2, на котором представлена сводная диаграмма средних месячных доходностей за весь анализируемый период. Данные визуализации позволяют идентифицировать компании, формирующие как положительный, так и отрицательный вклад в структуру доходности портфеля.

Наибольшие средние значения доходности зафиксированы по акциям ПАО «НОВАТЭК» (0,027), ПАО «Сбербанк России» (0,021), ПАО «Норильский никель» (0,011) и ПАО «Татнефть» (0,003), что

свидетельствует о сохранении инвестиционной привлекательности указанных эмитентов. В то же время отрицательные значения средних доходностей отмечены для большинства промышленных и металлургических компаний – ПАО «ММК», ПАО «Магнит» и ПАО «Полус» (до  $-0,040$ ), что указывает на снижение рыночной капитализации соответствующих отраслей в рассматриваемом временном горизонте.

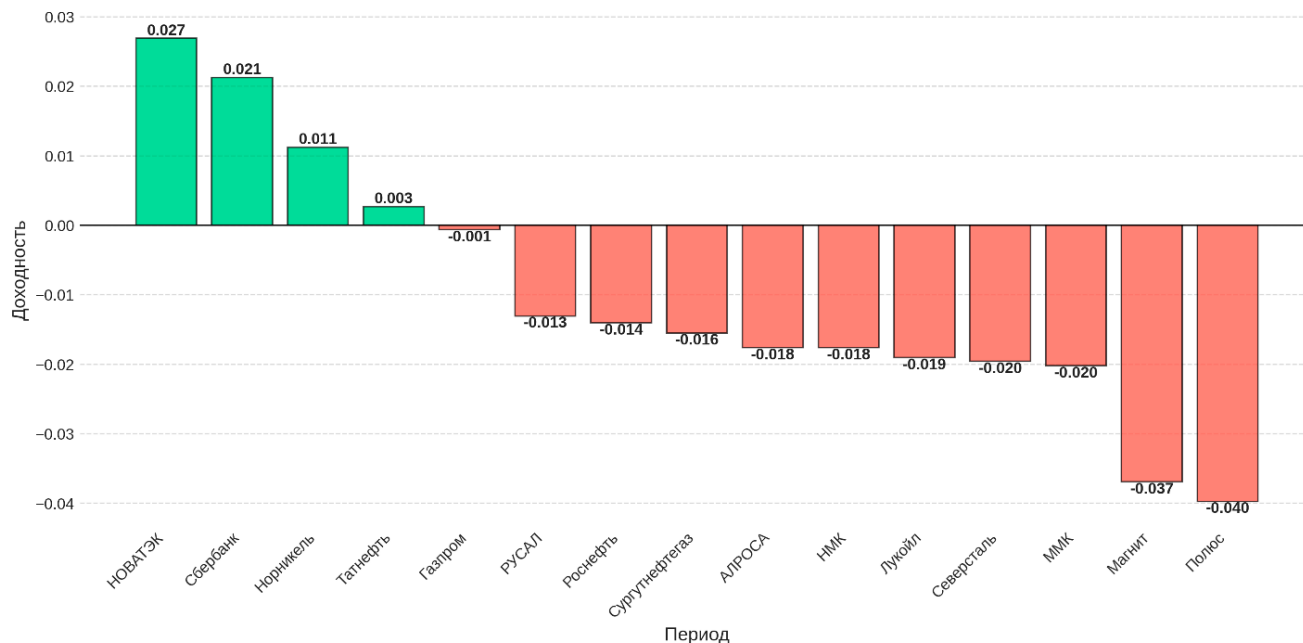


Рис. 2. Матрица доходностей акций по месяцам

Совокупный анализ представленных данных подтверждает структурную неоднородность доходностей акций, формирующую потенциал для эффективной диверсификации инвестиционного портфеля. Несовпадение направлений изменения доходностей различных эмитентов создает предпосылки для уменьшения совокупного риска при сохранении требуемого уровня доходности. На следующем этапе исследования проводится построение корреляционной матрицы доходностей, позволяющей количественно оценить степень взаимозависимости активов и определить оптимальные пропорции их включения в инвестиционный портфель по модели Г. Марковица.

Следующим этапом исследования является построение корреляционной матрицы доходностей, позволяющей количественно оценить взаимосвязи между акциями и определить их совокупное влияние на риск портфеля при различных структурах активов (рис. 3).

Наиболее высокие коэффициенты корреляции (выше 0,9) наблюдаются между акциями ПАО «Северсталь», ПАО «НЛМК», ПАО «ММК», ПАО «АЛРОСА» и ПАО «Роснефть», что объясняется схожестью отраслевых факторов, влияющих на их рыночную капитализацию. Для металлургического сектора характерна тесная зависимость ценовых колебаний от мировых цен на металлы, динамики экспорта и валютных колебаний, что формирует высокую степень сопряженности доходностей в пределах отрасли.

В то же время между акциями компаний, принадлежащих к различным секторам экономики, наблюдаются умеренные и слабые корреляционные зависимости (в диапазоне 0,3-0,6). Например, показатели корреляции между бумагами ПАО «Полус» и другими эмитентами не превышают 0,5, что отражает относительную независимость динамики цен на золото от изменений на нефтегазовом и финансовом рынках. Сходная закономерность характерна для ПАО «Татнефть» и ПАО «Сургутнефтегаз», что, вероятно, обусловлено особенностями их корпоративной политики и структуры выручки.

Особое внимание заслуживает низкое значение коэффициента корреляции между ПАО «Сбербанк России» и ПАО «Полус» (0,06), свидетельствующее о наличии потенциала эффективной диверсификации при включении акций указанных компаний в единый инвестиционный портфель. Сочетание активов с низкой взаимной корреляцией позволяет снизить совокупную волатильность портфеля без значительного уменьшения ожидаемой доходности, что соответствует базовым принципам модели эффективной диверсификации Г. Марковица.

Корреляция доходностей между компаниями

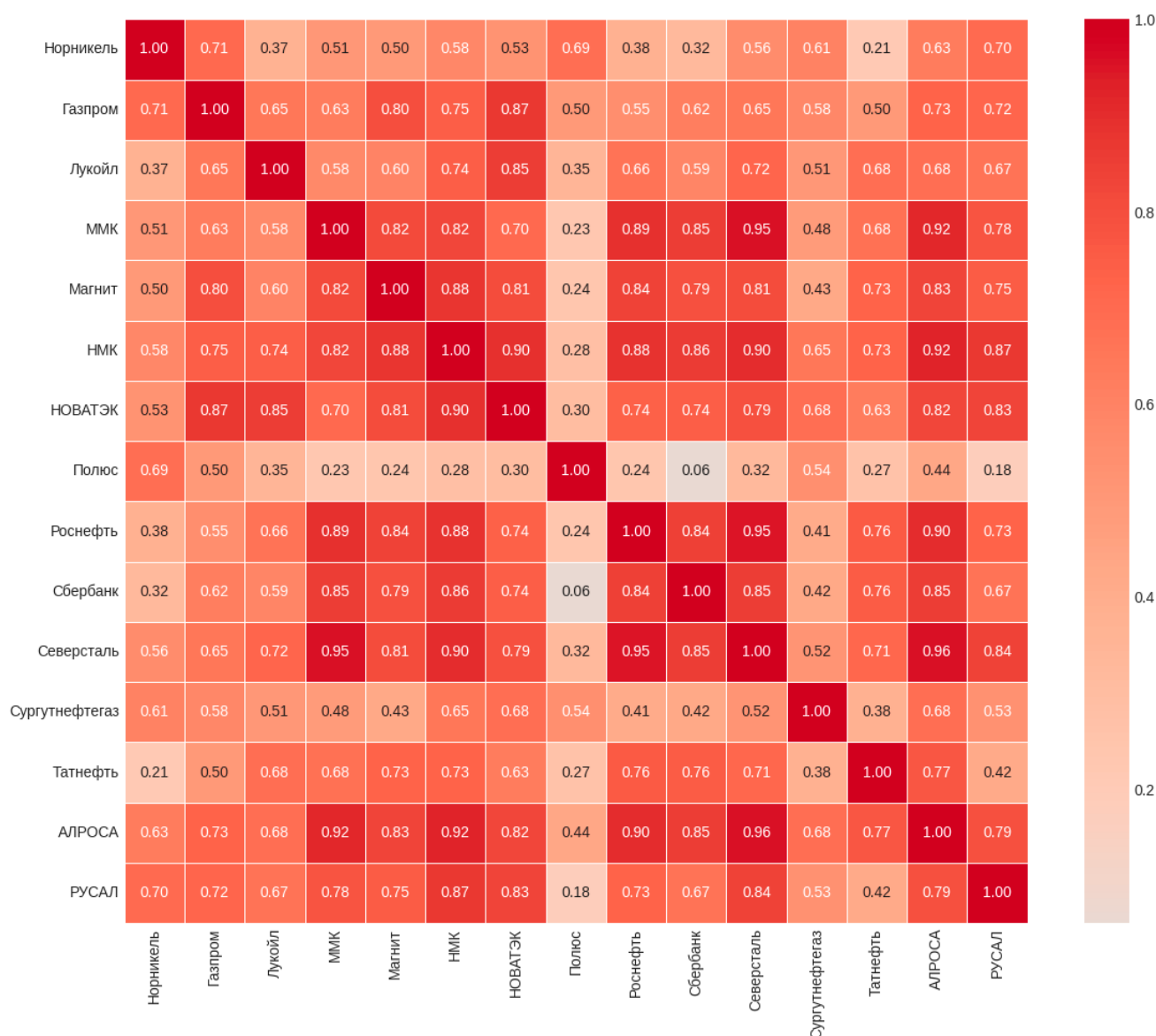


Рис. 3. Корреляционная матрица доходностей

Таблица 1

Формирование портфеля ценных бумаг в соотношении риск/доходность

| Портфель | Риск  | Доход  | Норникель | Лукойл | НОВАТЭК | Сбербанк | Сургутнефтегаз |
|----------|-------|--------|-----------|--------|---------|----------|----------------|
| 1        | 0,002 | -0,003 | 0,129     | 0,308  | 0,000   | 0,267    | 0,295          |
| 2        | 0,004 | 0,022  | 0,000     | 0,000  | 0,048   | 0,952    | 0,000          |
| 3        | 0,006 | 0,023  | 0,000     | 0,000  | 0,377   | 0,623    | 0,000          |
| 4        | 0,008 | 0,025  | 0,000     | 0,000  | 0,580   | 0,420    | 0,000          |
| 5        | 0,010 | 0,025  | 0,000     | 0,000  | 0,741   | 0,259    | 0,000          |
| 6        | 0,012 | 0,026  | 0,000     | 0,000  | 0,878   | 0,122    | 0,000          |
| 7        | 0,014 | 0,027  | 0,000     | 0,000  | 1,000   | 0,000    | 0,000          |

Анализ корреляционной матрицы подтвердил, что на российском фондовом рынке сохраняются возможности для построения портфеля с оптимальным соотношением «риск—доходность» за счет комбинации активов из разных отраслей экономики. Полученные результаты легли в основу последующего этапа исследования — определения оптимальной структуры портфеля ценных бумаг индивидуального инвестора и моделирования зависимости ожидаемой доходности от уровня риска.

Результаты оптимизационного моделирования, представленные в таблице 1, отражают формирование семи вариантов инвестиционных портфелей с различным соотношением «риск—доходность». Для каждого портфеля рассчитаны значения совокупного риска (в виде стандартного отклонения доходности) и ожидаемой доходности, а также оптимальные доли активов, обеспечивающие достижение указанных параметров.

Формирование инвестиционного портфеля по методу Марковица основывается на оптимизации соотношения между ожидаемой доходностью и риском, измеряемым как волатильность доходности активов. Данный подход, известный как современная теория портфеля, направлен на поиск эффективных портфелей, которые обеспечивают максимальную доходность при заданном уровне риска или минимальный риск при заданной ожидаемой доходности.

В представленном исследовании проанализировано семь портфелей, сформированных из акций пяти российских компаний: Норникель, Лукойл, НОВАТЭК, Сбербанк и Сургутнефтегаз. Портфель номер один характеризуется минимальным уровнем риска, составляющим 0,002, однако демонстрирует отрицательную доходность на уровне минус 0,003. Данный портфель представляет собой классический портфель минимальной дисперсии и включает все пять рассматриваемых активов с весами 0,129 для Норникеля, 0,308 для Лукойла, 0,267 для Сбербанка и 0,295 для Сургутнефтегаза, в то время как доля НОВАТЭК является незначительной.

Портфели со второго по седьмой формируют эффективную границу Марковица, представляющую собой множество оптимальных портфелей, для которых невозможно увеличить доходность без соответствующего увеличения риска. Анализ структуры этих портфелей показывает, что по мере движения вдоль эффективной границы от минимального к максимальному риску происходит существенное упрощение структуры портфеля. В частности, портфели с номерами от двух до семи включают только два актива: НОВАТЭК и Сбербанк, в то время как акции Лукойла, Норникеля и Сургутнефтегаза исключаются из состава эффективных портфелей. Это свидетельствует о том, что данные активы оказались неэффективными в рассматриваемой выборке, вероятно, вследствие недостаточной доходности при высокой корреляции с другими активами портфеля.

Портфель номер два демонстрирует риск на уровне 0,004 и доходность 0,022, при этом структура портфеля характеризуется значительным преобладанием Сбербанка с весом 0,952 и незначительной долей НОВАТЭК, составляющей 0,048. По мере увеличения допустимого уровня риска наблюдается систематическое повышение доли НОВАТЭК в структуре портфеля: в портфеле три эта доля составляет 0,377, в портфеле четыре возрастает до 0,580, в портфеле пять достигает 0,741, а в портфеле шесть составляет 0,878. Соответственно, доля Сбербанка последовательно снижается с 0,623 в портфеле три до 0,122 в портфеле шесть. Данная динамика сопровождается ростом ожидаемой доходности с 0,023 до 0,026 при одновременном увеличении риска с 0,006 до 0,012.

Портфель номер семь представляет собой портфель максимальной доходности, полностью сконцентрированный в акциях НОВАТЭК, что обеспечивает наивысшую ожидаемую доходность на уровне 0,027 при максимальном риске 0,014. Такая структура характерна для агрессивной инвестиционной стратегии и отражает тот факт, что НОВАТЭК демонстрирует наиболее высокую доходность среди рассматриваемых активов, хотя и сопряжен с повышенным уровнем риска.

Полученные результаты позволяют сформулировать рекомендации для различных категорий инвесторов. Консервативным инвесторам, приоритетом которых является минимизация риска, целесообразно рассматривать портфели с номерами от одного до трех, характеризующиеся уровнем риска в диапазоне от 0,002 до 0,006 и преобладанием акций Сбербанка с ограниченной долей НОВАТЭК. Инвесторам с умеренным отношением к риску рекомендуются портфели четыре и пять, обеспечивающие сбалансированное распределение средств между НОВАТЭК и Сбербанк в пропорциях от 58 к 42 до 74 к 26 процентов соответственно. Агрессивным инвесторам, готовым принять повышенный уровень риска ради максимизации потенциальной доходности, следует рассматривать портфели шесть и семь с доминированием или полной концентрацией инвестиций в акции НОВАТЭК.

Необходимо отметить ряд ограничений применяемого метода. Во-первых, отрицательная доходность портфеля минимальной дисперсии демонстрирует, что стратегия исключительной минимизации риска может привести к убыткам в краткосрочной перспективе. Во-вторых, метод Марковица базируется на исторических данных о доходности и волатильности активов, что не гарантирует сохранения выявленных закономерностей в будущем. В-третьих, в рамках данного исследования рассматривались только длинные позиции, что отражается в неотрицательных весах всех активов в структуре портфелей, тогда как включение возможности коротких продаж могло бы расширить множество доступных инвестиционных стратегий.

## Выводы

Проведенное исследование подтверждает практическую применимость модели Марковица для формирования оптимальных инвестиционных портфелей индивидуальных инвесторов на российском фондовом рынке при использовании высоколиквидных акций категории «голубые фишки». Анализ динамики котировок пятнадцати крупнейших российских эмитентов за период с ноября 2024 года по октябрь 2025 года выявил существенную дифференциацию доходностей по секторам экономики, что создает объективные предпосылки для эффективной диверсификации инвестиционного капитала.

Результаты корреляционного анализа продемонстрировали наличие различных степеней взаимосвязи между доходностями рассматриваемых активов. Наиболее высокие коэффициенты корреляции, превышающие 0,9, зафиксированы между компаниями металлургического сектора, что обусловлено общностью отраслевых факторов ценообразования. В то же время низкие значения корреляции между акциями компаний различных секторов экономики, в частности между ПАО «Сбербанк России» и ПАО «Полус», подтверждают потенциал снижения совокупного риска портфеля за счет межотраслевой диверсификации без существенных потерь в ожидаемой доходности.

Построение эффективной границы Марковица позволило идентифицировать семь оптимальных портфелей с различным соотношением риска и доходности. Установлено, что портфель минимальной дисперсии, характеризующийся риском на уровне 0,002, включает диверсифицированную структуру из пяти активов, однако демонстрирует отрицательную доходность минус 0,003, что указывает на необходимость компромисса между минимизацией риска и обеспечением положительной доходности инвестиций. Портфели, расположенные на эффективной границе, демонстрируют систематическое упрощение структуры и концентрируются преимущественно в акциях ПАО «НОВАТЭК» и ПАО «Сбербанк России», в то время как акции ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «ЛУКОЙЛ» и ПАО «Сургутнефтегаз» оказались исключены из состава эффективных портфелей.

Анализ структуры оптимальных портфелей выявил, что по мере увеличения допустимого уровня риска от 0,004 до 0,014 доля ПАО «НОВАТЭК» систематически возрастает с 4,8 до 100 процентов, в то время как доля ПАО «Сбербанк России» пропорционально снижается с 95,2 процента до нуля. Данная закономерность отражает более высокую доходность акций НОВАТЭК при одновременно повышенном уровне волатильности, что соответствует классическому принципу прямой зависимости между риском и ожидаемой доходностью на финансовых рынках. Портфель максимальной доходности, полностью сконцентрированный в акциях НОВАТЭК, обеспечивает ожидаемую доходность 0,027 при риске 0,014, что делает его приемлемым исключительно для агрессивных инвесторов с высокой толерантностью к риску.

Результаты исследования позволяют сформулировать дифференцированные рекомендации для различных категорий инвесторов в зависимости от их отношения к риску. Консервативным инвесторам рекомендуется формирование портфелей с уровнем риска не выше 0,006 и преобладающей долей акций Сбербанка России, обеспечивающих относительную стабильность доходности. Инвесторам с умеренным отношением к риску целесообразно рассматривать сбалансированные портфели с распределением средств между акциями НОВАТЭК и Сбербанка в пропорциях от 60 к 40 до 75 к 25 процентов, обеспечивающие компромисс между доходностью и риском. Агрессивным инвесторам, ориентированным на максимизацию потенциальной доходности, следует рассматривать портфели с доминирующей долей акций НОВАТЭК, допуская при этом существенное повышение волатильности инвестиций.

Вместе с тем необходимо учитывать ряд ограничений применяемого метода. Модель Марковица основывается на предпосылке о нормальном распределении доходностей активов и стационарности их статистических характеристик, что не всегда соблюдается в условиях российского фондового рынка, характеризующегося повышенной волатильностью и чувствительностью к внешнеэкономическим факторам. Использование исторических данных для прогнозирования будущих доходностей и их волатильности не гарантирует сохранения выявленных закономерностей в последующих периодах, особенно в условиях структурных изменений в экономике и на финансовых рынках. Кроме того, рассмотрение исключительно длинных позиций без учета возможности коротких продаж ограничивает множество доступных инвестиционных стратегий и потенциально снижает эффективность диверсификации.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования индивидуальными инвесторами при принятии решений о структуре инвестиционного портфеля на российском фондовом рынке. Предложенный подход позволяет количественно обосновать выбор оптимальной комбинации активов с учетом индивидуальных предпочтений в отношении соотношения риска и доходности. Дальнейшие исследования целесообразно направить на расширение временного горизонта анализа, включение в рассмотрение более широкого круга финансовых инструментов, а также адапта-

цию модели с учетом специфических факторов российского финансового рынка, включая влияние геополитических рисков, валютных колебаний и ограничений трансграничного движения капитала.

### Литература

1. Бернштейн П. Против богов: Укрощение риска / Пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2000. 400 с.
2. Бриггем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс: В 2-х т. / Пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. СПб.: Экономическая школа, 1997. Т. 1. 497 с.
3. Буренин А.Н. Управление портфелем ценных бумаг. М.: Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2008. 440 с.
4. Касимов Ю.Ф. Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг. М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», 1998. 144 с.
5. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений. М.: Финансы, ЮНИТИ, 1998. 400 с.
6. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2000. № 2. С. 66-84.
7. Четыркин Е.М. Финансовая математика: Учебник. М.: Дело, 2007. 400 с.
8. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции. М.: ИНФРА-М, 2001. 1028 с.
9. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Т. 1. Факты. Модели. М.: ФАЗИС, 1998. 512 с.
10. Elton E.J., Gruber M.J., Brown S.J., Goetzmann W.N. Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. 9th ed. New York: John Wiley & Sons, 2014. 727 p.
11. Firstenberg P.M., Ross S.A., Zisler R.C. Real Estate: The Whole Story // The Journal of Portfolio Management. 1988. Vol. 14. No. 3. P. 22-34.
12. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal of Finance. 1952. Vol. 7. No. 1. P. 77-91.
13. Markowitz H. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: John Wiley & Sons, 1959. 344 p.