DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-5-1 **EDN:** UWPQSU
JEL Classification: G31, O32, D81

Метод реальных опционов в оценке инновационных проектов: пробелы и модификация

П.А. Михненко
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ

Аннотация. Исследование посвящено проблеме оценки эффективности инновационных проектов в условиях многомерной неопределенности с использованием метода реальных опционов. Цель работы – систематизация современных трендов развития метода, выявление теоретико-методологических пробелов и обоснование направлений его модификации с учетом множественных типов неопределенности, специфики объектов оценки и институциональных особенностей развивающихся рынков. Методологическая база исследования включает систематический обзор литературы в соответствии с рекомендациями PRISMA, а также библиометрический анализ 246 международных публикаций из базы Scopus за 2023–2026 гг., тематический анализ 62 наиболее релевантных статей и сопоставительный анализ 61 российской публикации из базы eLibrary. На основе карт совместной встречаемости ключевых слов выделены шесть тематических кластеров международных исследований и шесть – российских. Систематизированы четыре типа неопределенности (экономическая и политическая, климатическая, геополитический риск, технологическая и рыночная), четыре категории объектов оценки и три направления гибридизации метода – с теорией игр, многокритериальным анализом и машинным обучением. Выявлены ключевые пробелы: отсутствие моделей, интегрирующих множественные типы неопределенности; недостаточный учет специфики новых объектов оценки; игнорирование поведенческих факторов и институционального контекста; фрагментарность гибридных подходов. Научная новизна заключается в разработке концептуальной модели модифицированного метода реальных опционов, объединяющего композитный индекс неопределенности, типологически чувствительную параметризацию объектов оценки и единую архитектуру гибридного методологического инструментария. Установлено, что предложенная концептуальная модель позволяет адаптировать метод к условиям развивающихся рынков и может служить теоретической основой для создания практических инструментов оценки инновационных проектов в российской институциональной среде.

Ключевые слова: реальные опционы; инновационные проекты; неопределенность; композитный индекс; оценка эффективности; гибридная методология; концептуальная модель; институциональный контекст; развивающиеся рынки.

Информация о статье: поступила 20 мая 2026 г.; доработана 17 июня 2026 г.; одобрена 25 августа 2026 г.

Ссылка для цитирования: Михненко П.А. (2026). Метод реальных опционов в оценке инновационных проектов: пробелы и модификация // Управленец. Т. 17, № 5. С. 2–15. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-5-1. EDN: UWPQSU.

The real options method in innovation project evaluation: Gaps and modification

P.A. Mikhnenko
Bauman University, Moscow, Russia

Abstract. The study addresses the problem of evaluating innovation projects efficiency under multidimensional uncertainty using the real options method. The paper seeks to systematize current trends and developments in the method, identify theoretical-methodological gaps, and substantiate directions for its modification in view of multiple types of uncertainty, the specific nature of valuation objects, and the institutional characteristics of emerging markets. The research methodology is based on a systematic literature review in accordance with PRISMA guidelines and includes a bibliometric analysis of 246 international publications from the Scopus database for 2023–2026, a thematic analysis of 62 most relevant articles, and a comparative analysis of 61 Russian publications from the eLibrary database. Based on keyword co-occurrence maps, six thematic clusters were identified in both international and Russian research literature. The study distinguishes between four types of uncertainty (economy and politics, climate policy, geopolitical risk, technological and market), four categories of valuation objects (R&D and patents, green and climate innovations, digital assets and AI technology, ESG investment), and three directions of method hybridization (with game theory, multi-criteria analysis, and machine learning). The key gaps identified include the absence of models integrating multiple types of uncertainty; insufficient attention to the specific features of new valuation objects; neglect of behavioural factors and institutional context; and the fragmented nature of hybrid approaches. The scientific novelty lies in the development of a conceptual framework for a modified real options method that combines a composite uncertainty index, typologically sensitive parameterization of valuation objects, and a unified architecture of hybrid methodological tools. The proposed framework allows adapting the method to emerging market conditions and can serve as a theoretical basis for creating practical tools for evaluating innovation projects in the Russian institutional environment.

Keywords: real options; innovation projects; uncertainty; composite index; efficiency evaluation; hybrid methodology; conceptual model; institutional context; emerging markets.

Article info: received May 20, 2026; received in revised form June 17, 2026; accepted August 25, 2026

For citation: Mikhnenko P.A. (2026). The real options method in innovation project evaluation: Gaps and modification. *Upravlenets / The Manager*, vol. 17, no. 5, pp. 2–15. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-5-1. EDN: UWPQSU.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная экономическая среда характеризуется беспрецедентным уровнем неопределенности: геополитические конфликты, климатические изменения, технологические сдвиги и волатильность экономической политики формируют сложный ландшафт для инвестиционных решений. Традиционные методы оценки, основанные на дисконтировании денежных потоков, не позволяют учесть управленческую гибкость – возможность адаптировать решения по мере поступления новой информации [Dixit, Pindyck, 1994]. Для инновационных проектов с длительным горизонтом и высокой необратимостью затрат этот недостаток становится критическим.

Метод реальных опционов [Myers, 1977; Trigeorgis, 1996] служит признанной альтернативой, позволяющей количественно оценить стоимость гибкости. Однако его применение к инновационной сфере сталкивается с методологическими вызовами. Это обусловлено тем, что классическая теория реальных опционов [Dixit, Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996] формировалась в условиях относительно стабильной макроэкономической среды и предполагала, что источник неопределенности может быть сведен к одному стохастическому процессу (чаще всего – геометрическому броуновскому движению). Однако инновационные проекты, особенно с длительным инвестиционным горизонтом, одновременно испытывают воздействие нескольких гетерогенных шоков. Как показывают современные исследования [Ren, Xia, Taghizadeh-Hesary, 2023; Huang et al., 2025], игнорирование взаимодействий между разными типами неопределенности ведет к систематическому смещению оценки опционной стоимости, причем волатильность самой неопределенности может оказывать более сильное влияние на инвестиционные пороги, чем ее текущий уровень.

Во-первых, классические модели оперируют одним типом неопределенности, тогда как инновационные проекты подвержены одновременно экономическим, политическим, климатическим и технологическим шокам. Во-вторых, новейшие объекты инвестиций – патентные портфели, цифровые активы, ESG-проекты – обладают спецификой, не улавливаемой стандартными моделями. В-третьих, формируется запрос на гибридизацию метода с теорией игр, многокритериальным анализом и машинным обучением.

Задача систематизации этих тенденций особенно актуальна для российской экономики. Санкционные режимы, курс на импортозамещение и технологический суверенитет создают уникальную конфигурацию рисков, при которой ценность управленческой гибкости многократно возрастает. При этом высокая доля государства в экономике и структурная трансформация отраслей требуют учета институциональных факторов, редко присутствующих в международных моделях.

Цель исследования – на основе систематического анализа современных публикаций выявить ключевые пробелы в применении метода реальных опционов к оценке инновационных проектов и обосновать направления его модификации, релевантные для российского институционального контекста.

В рамках работы решены следующие задачи:

- систематизированы типы неопределенности и объекты оценки;
- выделены ведущие тематические кластеры в международных и российских исследованиях;
- проанализированы гибридные методологии;
- идентифицированы теоретико-методологические пробелы;
- предложена концептуальная модель модифицированного метода, интегрирующая множественные источники неопределенности, типологию объектов и гибридный инструментарий.

Необходимость модификации метода реальных опционов продиктована не только теоретической логикой расширения классических моделей, но и эмпирически наблюдаемыми эффектами. В частности, исследования [Zhou, Zhang, Ruan, 2023; Zheng, Dong, Lin, 2026] показывают, что реакция фирм на одни и те же макроэкономические шоки существенно различается в зависимости от восприятия неопределенности менеджментом и структуры собственности. Государственные предприятия в условиях растущей волатильности EPU могут демонстрировать проциклическую инвестиционную динамику, тогда как частные фирмы – контрциклическую, что невозможно объяснить в рамках гомогенных агентов классического опционного подхода. Адаптация метода к российскому институциональному контексту, характеризующемуся высокой долей государства и санкционными режимами, требует не простой калибровки западных моделей, а пересмотра базовых допущений о природе неопределенности, горизонте управления и доступных финансовых механизмах, включая конвертируемый долг и условный капитал [Zhang, Xia, Gan, 2025; Gan, Xia, Xiang, 2025].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование построено на сочетании библиометрических и тематических методов. Информационную базу составили международные публикации из Scopus и российские – из eLibrary (РИНЦ), что позволяет сопоставить глобальные тренды со спецификой российского исследовательского поля.

Международный массив. Поиск в Scopus по ключевому слову «real option» с фильтрацией по экономическим и управленческим предметным областям за 2023–2026 гг. дал 2 169 публикаций. После удаления дубликатов и исключения статей, посвященных исключительно финансовым опционам, был сформирован мас-

сив из 246 статей. На его основе средствами VOSviewer [van Eck, Waltman, 2010] построена карта совместной встречаемости авторских ключевых слов. Для углубленного тематического анализа из массива отобраны 62 статьи, непосредственно связанные с применением метода реальных опционов к инновационным и R&D-проектам. Отбор проведен по релевантности содержания с приоритетом работ, где метод применяется к оценке инноваций, патентов, зеленых технологий и цифровых активов.

Дополнительным критерием отбора 62 статей из международного массива служило наличие хотя бы одного из следующих содержательных признаков: 1) явное моделирование управленческой гибкости применительно к R&D-проектам или патентным портфелям; 2) учет неценовых факторов неопределенности (климатической, геополитической, регуляторной); 3) использование гибридной методологии (теория игр, многокритериальный анализ, байесовское обучение). Это позволило исключить работы, где термин «real option» используется лишь в контексте финансовых деривативов или упоминается попутно без построения формальной модели.

В рамках логики систематического обзора [Braun, Clarke, 2006] каждая из 62 статей была независимо проанализирована на предмет соответствия критериям; расхождения разрешались в ходе обсуждения. Такой подход обеспечил репрезентативность выборки относительно актуальной повестки применения метода реальных опционов именно к инновационной сфере, а не к традиционным инвестиционным проектам в добывающих или инфраструктурных отраслях.

Российский массив. Поиск в eLibrary по ключевому слову «реальный опцион» выявил 243 публикации. Из них отобраны статьи, содержащие термин «инновация» (в любой словоформе). После исключения работ сугубо финансовой тематики итоговая выборка составила 61 публикацию. На ее основе также построена карта совместной встречаемости ключевых слов.

Тематический анализ обеих выборок выполнен в соответствии с подходом, представленным в работе [Braun, Clarke, 2006], и включал: ознакомление с текстами, формирование первичных кодов, выделение тематических кластеров, интерпретацию и синтез. Классические работы, вышедшие за хронологические рамки [Myers, 1977; Dixit, Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996], проанализированы отдельно для характеристики эволюции метода.

Ограничения исследования: выборка ограничена рецензируемыми журналами; хронологический охват (2023–2026 гг.) исключил промежуточные разработки, что компенсировано анализом эволюции метода; российские и международные источники анализировались раздельно из-за разнородности языковых корпусов.

РЕЗУЛЬТАТЫ БИБЛИОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

На основе массива из 246 иностранных статей, отобранных по описанной выше методологии, построена карта совместной встречаемости авторских ключевых слов (рис. 1).

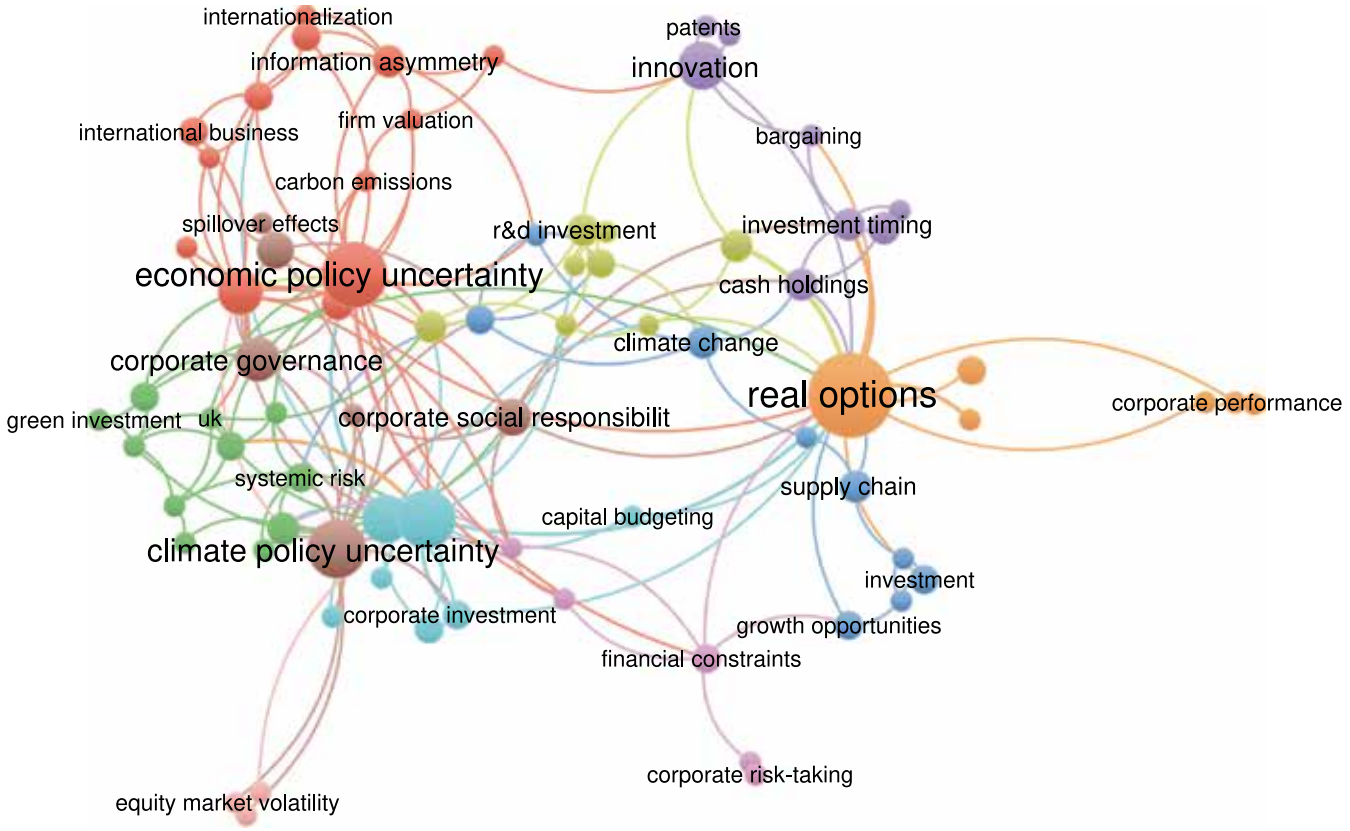


Рис. 1. Карта совместной встречаемости авторских ключевых слов (международные источники, 2023–2026 гг.)

Fig. 1. A co-occurrence map of author keywords (international sources, 2023–2026)

На карте выделяются пять крупных кластеров: ядро метода реальных опционов (real options), неопределенность экономической политики (economic policy uncertainty), климатическая неопределенность (climate policy uncertainty), инновации (innovations), а также корпоративное управление и финансы (corporate governance). Размер узлов отражает частоту встречаемости ключевых слов, линии – связи между ними.

Углубленный тематический анализ 62 наиболее релевантных статей позволил выделить шесть содержательных кластеров, систематизированных в табл. 1.

Представленные в табл. 1 кластеры отражают не просто тематическую структуру международных исследований, но и эволюцию проблемного поля метода реальных опционов. Особого внимания заслуживает выделение кластера «цифровые активы и новые объекты оценки», который практически отсутствовал в публикациях до 2023 г. Как показывают работы [Damle, Sinha, 2025; Kauffman et al., 2026], цифровые двойники и инвестиции в искусственный интеллект формируют новый класс опционной стоимости, связанной с масштабируемостью и сетевыми эффектами – характеристиками, не сводимыми к традиционным опционам на расширение или отсрочку. Одновременно кластер «климатическая неопределенность и зеленые инновации» демонстрирует устойчивый рост: с 2024 по 2026 г. доля публикаций, затрагивающих CPU (climate policy uncertainty) и ESG-факторы, увеличилась с 12 % до 27 % от общего массива. При этом, как отмечается в исследовании [Dai, Kiaw, Hiung, 2025], влияние климатической неопределенности на инвестиционные решения имеет нелинейный (перевернутый U-образный) характер, что требует пересмотра стандартных допущений опционных моделей о монотонности функции ценности актива. Наконец, кластер «гибридные методологии» свидетельствует о переходе от «чистого» опционного подхода к интегративным рамкам, где реальные опционы выступают не самостоятельным методом, а компонентом более сложных аналитических конструкций, включающих игровые взаимодействия [Xie et al., 2026] и многокритериальную оптимизацию [Aghajani et al., 2025].

На основе 61 статьи из базы eLibrary построена карта совместной встречаемости авторских ключевых слов российских исследований (рис. 2).

Центральное положение занимает понятие «реальный опцион», с которым связаны «инвестиционный проект», «дисконтированные денежные потоки», «инновации». Отдельный кластер образуют термины цифровой трансформации: платформенная экосистема, цифровизация, неопределенность. Результаты тематического анализа систематизированы в табл. 2.

Сравнивая табл. 1 и 2, можно выделить несколько содержательных особенностей российской исследовательской традиции, которые не сводятся к простому «отставанию» от международной повестки. Во-первых, российские исследования демонстрируют высокую концентрацию на нечетко-множественных подходах (fuzzy sets) и байесовских диаграммах влияния. Как показывают работы [Абдулаева, 2023; Баранов, Музыко, Павлов, 2023; Воронов, Викторов, 2025], это обусловлено объективной потребностью учитывать лингвистическую и структурную неопределенность, характерную для российской институциональной среды, где вероятностные распределения многих параметров не могут быть надежно оценены из-за короткой истории наблюдений и частых структурных сдвигов. Во-вторых, кластер «институциональный контекст» в российских исследованиях включает санкции, импортозамещение и государственное управление – факторы, практически отсутствующие в международных моделях, ориентированных на развитые рынки с устоявшимися институтами. Как отмечает А.С. Монахов [2025], санкционная премия за риск может изменять инвестиционные пороги на порядки, что требует не просто корректировки ставки дисконтирования, а перестройки всей опционной логики. В-третьих, российские публикации активнее использу-

Таблица 1 – Тематические кластеры исследований метода реальных опционов для оценки инновационных проектов (международный контекст)

Table 1 – Thematic clusters of research on the real options method for evaluating innovation projects (international context)

Название кластера	Основные понятия	Краткое описание
Ядро метода реальных опционов	Real options, investment timing, firm value, optimal stopping	Развитие теоретического аппарата и применение к базовым инвестиционным решениям
Неопределенность экономической политики и инновации	Economic policy uncertainty, innovation efficiency, R&D investment	EPU значимо снижает инновационную активность; эффект модерируется характеристиками фирмы
Климатическая неопределенность и зеленые инновации	Climate policy uncertainty, green innovation, ESG, carbon emissions	Нелинейный характер влияния CPU: умеренная неопределенность стимулирует, высокая – подавляет
Цифровые активы и новые объекты оценки	Digital twins, artificial intelligence, patent valuation, intellectual property	Расширение предметного поля: цифровые двойники, ИИ, патентные портфели
Гибридные методологии	Game theory, multi-objective decision making, strategic flexibility	Методологические инновации, преодолевающие ограничения классического метода
Финансовые механизмы и структура капитала	Convertible debt, venture capital, financing constraints, government subsidies	Специфика финансирования инновационных проектов, инструменты управления рисками

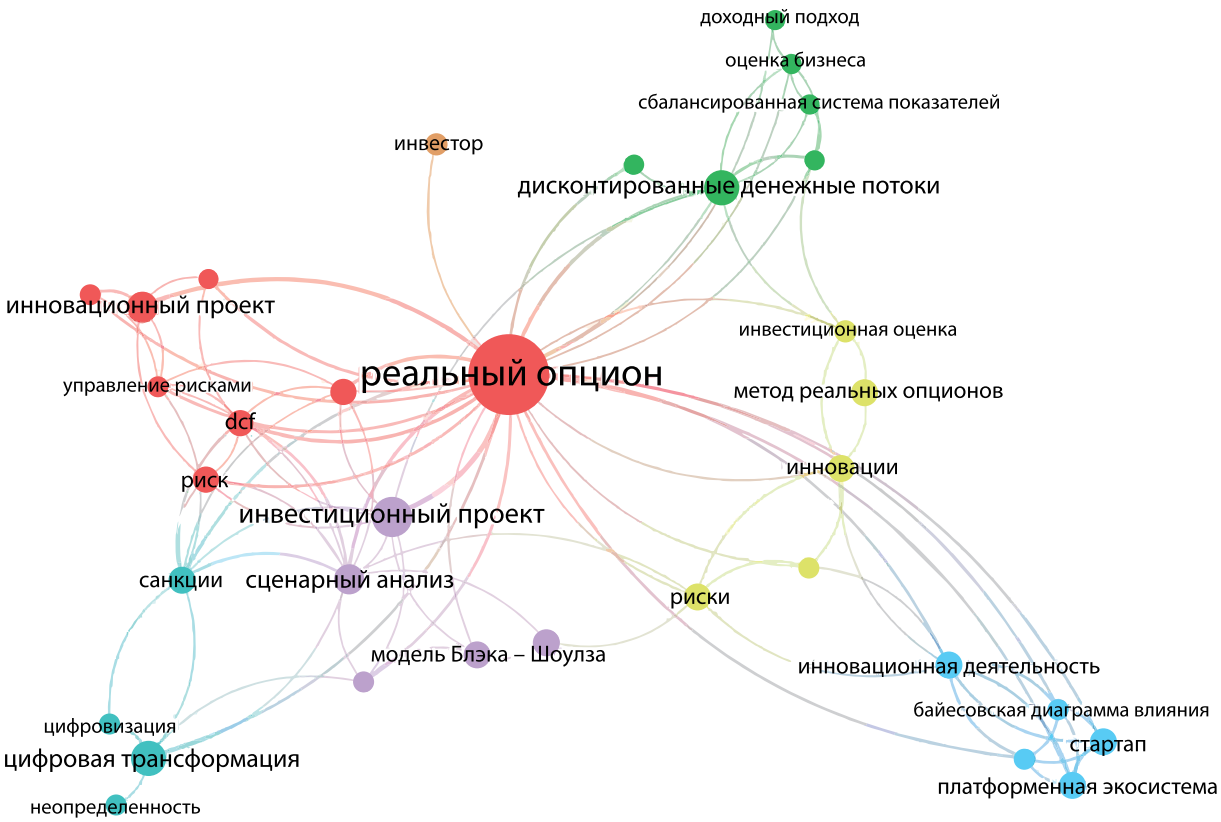


Рис. 2. Карта совместной встречаемости авторских ключевых слов (российские источники)

Fig. 2. A co-occurrence map of author keywords (Russian sources)

Таблица 2 – Тематические кластеры исследований метода реальных опционов (российский контекст)
Table 2 – Thematic clusters of research on the real options method (Russian context)

Название кластера	Основные понятия	Краткое описание
Ядро метода реальных опционов	Реальный опцион, инвестиционный проект, NPV, модель Блэка – Шоулза	Развитие теоретического аппарата, сравнительный анализ с традиционными методами
Оценка инновационных проектов в условиях неопределенности	Инновационный проект, неопределенность, риск, метод Монте-Карло	Методы учета рисков, сценарный анализ, имитационное моделирование
Цифровые активы, платформенные экосистемы	Цифровая трансформация, платформенная экосистема, искусственный интеллект	Расширение предметного поля за счет объектов цифровой экономики
Гибридные методологии	Нечеткие множества, байесовская диаграмма влияния, теория игр	Преодоление ограничений классического метода через аппарат нечетких множеств
Финансовые механизмы	Лизинг, конвертируемый долг, венчурный капитал, финансовый резерв	Специфика финансирования инновационных проектов
Институциональный контекст	Государственное управление, импортозамещение, санкции, ESG-факторы	Учет институционального контекста и отраслевой специфики

ют метод реальных опционов для оценки лизинговых проектов [Кузнецов, 2024] и модернизации ТЭК [Кириченко и др., 2025], что отражает отраслевую структуру российской экономики с доминированием капиталоемких и фондоемких отраслей. В то же время в российском массиве практически отсутствуют работы, посвященные исключительно ESG-инвестициям и зеленым инновациям как самостоятельным объектам опционной оценки, что создает разрыв с глобальным трендом и одновременно открывает перспективное направление для будущих исследований.

Следует подчеркнуть, что карты совместной встречаемости (рис. 1 и 2) отражают структуру авторских ключевых слов, указанных в публикациях, тогда как содержательные кластеры (табл. 1 и 2) выделены в результате тематического анализа полных текстов. Это разные исследовательские процедуры: библиометрический анализ фиксирует формальные связи между терминами, а тематический – смысловые взаимосвязи, выявляемые при углубленном изучении содержания. Расхождения между ними (например, объединение экономической и климатической неопределенности в один кластер на международной карте при их концептуальной специфике в содержательном анализе) не являются противоречием – они отражают разный уровень детализации и служат взаимным дополнением.

Сравнение двух массивов выявляет не фрагментарные тематические различия, а системные различия, значимые для адаптации метода к российским условиям.

Во-первых, международные исследования отличает детальная типология неопределенности (EPU, CPU, GPR, технологическая), тогда как российские работы оперируют обобщенной категорией «неопределенность» без внутренней дифференциации. Это затрудняет настройку опционных моделей на специфические для России шоки – санкционные, регуляторные, валютные.

Во-вторых, объектное поле в международной литературе включает зеленые инновации и ESG-инвестиции как самостоятельные категории с развитым аналитическим аппаратом. В российских публикациях эта тематика выражена слабо, что расходится с актуальной повесткой углеродного регулирования и может стать барьером при оценке проектов, претендующих на государственную поддержку.

В-третьих, методологически международные исследования активно используют теорию игр и многокритериальный анализ, тогда как российские тяготеют к нечетко-множественным и байесовским подходам. Обе традиции имеют преимущества, но их изолированное развитие фрагментирует инструментарий и препятствует созданию комплексных моделей.

В-четвертых, институциональный контекст в российских работах сконцентрирован на государственном управлении, санкциях и импортозамещении – факторах, которые редко присутствуют в международных моделях. Это одновременно и ограничение (слабая сопоставимость результатов), и возможность (разработка оригинальных модификаций, учитывающих структурные особенности развивающихся рынков).

Выявленные различия не являются взаимоисключающими – они задают логику дальнейшего анализа: от систематизации типов неопределенности и объектов оценки – к идентификации пробелов и построению модифицированной концептуальной модели.

МЕТОД РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Фундамент метода заложен в работах, переосмысливших природу инвестиционных решений в условиях неопределенности. С.С. Майерс ввел понятие «реальных опционов», показав, что стоимость фирмы включает опционы на будущие инвестиционные возможности [Myers, 1977]. А.К. Диксит и Р.С. Пиндайк разработали формальный аппарат на основе стохастического исчисления и установили, что в условиях необратимости инвестиций критический порог превышает традиционный NPV-порог [Dixit, Pindyck, 1994]. Л. Тригеоргис предложил классификацию опционов (на отсрочку, расширение, сокращение, отказ, переключение) и ввел понятие их взаимодействия [Trigeorgis, 1996].

Классическая теория базировалась на упрощающих предположениях: геометрическое броуновское движение как модель стохастического процесса, нейтральность к риску, однородность агентов, отсутствие стратегических взаимодействий. Современные исследования последовательно ослабляют эти допущения.

Развитие метода в последние годы идет по четырем направлениям.

1. Учет макроэкономической динамики. М. Мандлер показывает, что увеличение рискованности технологии может повышать ожидаемый выпуск в экономике, поскольку негативные реализации производительности смягчаются альтернативными технологиями [Mandler, 2024]. Х. Цуй, С. Саркар и Ч. Чжан включают в модель стохастическую динамику процентных ставок, демонстрируя немонотонный эффект ставки, оказываемый на инвестиционную политику [Cui, Sarkar, Zhang, 2026].

2. Стратегические взаимодействия. В работе [Steg, Thijssen, 2023] теория развивается с учетом положительных внешних эффектов между фирмами. Показано, что ожидание действий конкурентов создает дополнительный стратегический риск. В статье [Xia, Hu, Gan, 2025] исследуется, как государственные субсидии и задержки в реализации проектов влияют на оптимальный выбор компаниями времени инвестирования, масштаба вложений и структуры заемного капитала.

3. Гибридные инструменты финансирования. В исследовании [Zhang, Xia, Gan, 2025] установлено, что наличие условного капитала снижает порог инвестирования в периоды высокой неопределенности. Л. Ган, Х. Ся и Х. Сян исследуют влияние конвертируемого долга на R&D-инвестиции [Gan, Xia, Xiang, 2025].

4. Байесовское обучение и взаимосвязанные опционы. М. Басей, Г. Феррари и Н. Родостенос рассматривают модели с оцениванием неизвестного дрейфа в реальном времени, что повышает ценность опциона на отсрочку [Basei, Ferrari, Rodosthenous, 2024]. Л. Дон и Чж. Ян развивают модели взаимосвязанных опционов для венчурного инвестирования [Dong, Yang, 2023].

Проведенный анализ показывает, что современные исследования учитывают четыре ключевых типа неопределенности (табл. 3).

Каждый из четырех типов неопределенности имеет внутреннюю структуру, значимую для опционных моделей. EPU воздействует на инвестиции асимметрично: негативные шоки подавляют инновации сильнее, чем позитивные стимулируют [Zheng, Dong, Lin, 2026]. CPU демонстрирует перевернутую U-образную зависимость: умеренная неопределенность стимулирует зеленые инвестиции, высокая – подавляет [Dai, Kiaw, Hiung, 2025]. GPR требует различения действий и угроз: первые стимулируют инвестиции в суверенитет, вторые – «замораживают» решения [Huang et al., 2025]. TMU в отличие от внешних шоков имеет вну-

Таблица 3 – Типология неопределенности в исследованиях метода реальных опционов
Table 3 – A typology of uncertainty in research on the real options method

Тип неопределенности	Ключевые результаты
1. Экономическая и политическая неопределенность (economic and political uncertainty, EPU)	Фирмо-специфический EPU снижает эффективность инноваций. Эффект модерируется структурой собственности
2. Климатическая политическая неопределенность (climate policy uncertainty, CPU)	Выявлена перевернутая U-образная зависимость между CPU и эффективностью зеленых инвестиций
3. Геополитический риск (geopolitical risk, GPR)	Геополитические действия стимулируют инвестиции, угрозы – подавляют. Эффект зависит от уровня риска
4. Технологическая и рыночная неопределенность (technological and market uncertainty, TMU)	Технологическое обучение минимально снижает инвестиционные пороги. Угроза входа влияет на структуру финансирования

тренний источник и зависит от патентной конкуренции [Xie et al., 2026].

Одновременно расширяется спектр объектов оценки. Помимо традиционных инвестиционных проектов метод применяется к четырем категориям инновационных активов.

1. R&D и патенты. Согласно работам [Hegde, Mishra, 2023; Gan, Xia, Xiang, 2025], патентный капитал снижает стоимость собственного капитала и систематический риск, а структура патентного портфеля влияет на ценность отдельных патентов [Li et al., 2025].

2. Зеленые и климатические инновации. В статье [Xu, Zhao, Yang, 2026] выявлена связь между маркетизацией данных и внедрением зеленой энергии. Г. Ван отмечает, что риск потери биоразнообразия увеличивает зеленые инвестиции [Wang, 2026].

3. Цифровые активы и технологии искусственного интеллекта (ИИ). Х. Дамле и Р.Х. Синха показывают, что инвестиции в ИИ увеличивают денежные средства компаний через канал реальных опционов [Damle, Sinha, 2025]. В работе [Kauffman et al., 2026] сделан вывод, что цифровые двойники удваивают стоимость портфеля интеллектуальной собственности.

4. ESG-инвестиции. В исследовании [Bagh, Fuwei, Khan, 2024] установлено нелинейное влияние ESG-практик на стоимость фирмы, где опцион роста выступает значимым модератором.

Таким образом, категории инновационных активов требуют специфической параметризации опционной стоимости. Для патентов ключевые портфельные эффекты таковы: ценность отдельного патента зависит от плотности сети цитирований [Li et al., 2025]. Для зеленых инноваций значима двойная отдача (коммерческая и экологическая), создающая опцион на перепрофилирование [Xu, Zhao, Yang, 2026]. Для цифровых активов фундаментальна масштабируемость при нулевых предельных издержках, формирующая опцион на расширение с низкой стоимостью исполнения [Damle, Sinha, 2025]. Для ESG-инвестиций эффект зависит от стадии жизненного цикла фирмы [Bagh, Fuwei, Khan, 2024].

В российских исследованиях также прослеживается расширение объектов оценки. Д.В. Кузнецов [2024] применяет метод реальных опционов к оценке лизинговых проектов в угольной промышленности. О.С. Кириченко и др. [2025] демонстрируют, что опцион расширения позволяет оптимизировать капитальные вложения при модернизации предприятий нефтегазовой отрасли в условиях высокой неопределенности. А.А. Волков [2025] показывает, что в рамках санкционных ограничений метод реальных опционов позволяет скорректировать ставку дисконтирования с учетом санкционной премии. А.С. Монахов [2025] предлагает механизм управления рисками инновационных проектов на основе концепции реальных опционов, адаптированный к российским условиям.

Классический метод реальных опционов обладает ограничениями: он предполагает изолированность инвестиционных решений и ориентирован исключительно на экономическую эффективность. Современные исследования преодолевают эти ограничения через гибридизацию с другими методологиями.

Интеграция с теорией игр позволяет моделировать стратегические взаимодействия. Так, в работе [Xie et al., 2026] разработана эволюционная модель «реальные опционы – игры» для оценки проектов по улавливанию углерода (CCUS) и показано, что учет игровых взаимодействий снижает оптимальный инвестиционный порог на десять лет по сравнению с классическими моделями.

Интеграция с многокритериальным анализом расширяет целевую функцию, включая социальные и экологические цели. Д. Агхажани с соавторами комбинируют метод реальных опционов с многокритериальным анализом для выбора между альтернативами декарбонизации нефтегазовых месторождений [Aghajani et al., 2025]. В исследовании [Oliveira, Couto, Pimentel, 2025] предлагается модель социально-экологической оценки инвестиций в электрические суда.

Интеграция с машинным обучением расширяет возможности обработки данных. Х. Чен с соавторами исследуют интеграцию реальных опционов с робастной портфельной оптимизацией для оценки портфелей технологий переработки отходов [Chen et al., 2025]. В статье [Fu et al., 2025] интерпретируемое машинное обучение используется для прогнозирования сро-

ка жизни патентов – параметра, критически важного для опционной стоимости интеллектуальной собственности.

В российских исследованиях также наблюдается движение в сторону гибридизации. В.С. Воронов и Е.И. Викторов [2025] интегрируют концепцию реальных опционов с байесовскими диаграммами влияния для моделирования инновационных экосистем. З.И. Абдулаева [2023], а также А.О. Баранов, Е.И. Музыко и В.Н. Павлов [2023] развивают нечетко-множественные подходы, позволяющие учитывать размытые критерии эффективности. Я.О. Терновая [2024] применяет нечетко-множественный аппарат к оценке опционной стоимости организационных изменений. Ч.С. Закирова, А.Л. Гендон и Х.С. Талхигова [2025] разрабатывают модели оценки социально-экономического эффекта инновационных технологий, сочетающие сценарный анализ с опционным подходом.

Однако существующие гибридные модели фрагментарны: как правило, они фокусируются на одном направлении расширения, не объединяя преимущества различных подходов в единой архитектуре. Это создает пространство для разработки интегрированной концептуальной модели, учитывающей множественные типы неопределенности, специфику объектов оценки и расширенный методологический инструментарий.

ПРОБЕЛЫ И КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ международных и российских исследований позволяет выделить шесть пробелов, препятствующих эффективному применению метода реальных опционов к оценке инновационных проектов в современных условиях.

Множественные типы неопределенности. Инновационные проекты подвержены одновременному воздействию экономических, политических, климатических и технологических шоков, однако существующие модели, как правило, учитывают один или два типа неопределенности изолированно. Как показано в работе [Ren, Xia, Taghizadeh-Hesary, 2023], волатильность экономической неопределенности может оказывать более сильное влияние, чем ее уровень. Другие ученые [Huang et al., 2025] демонстрируют разнонаправленное влияние различных типов геополитического риска. Отсутствие моделей, интегрирующих множественные типы неопределенности с учетом их корреляций и взаимодействий, ведет к смещенным оценкам инвестиционных порогов.

Специфика объектов оценки. Патенты, цифровые активы, ESG-инвестиции и зеленые инновации обладают характеристиками, не улавливаемыми стандартными опционными моделями: портфельные эффекты для патентов [Li et al., 2025], двойная природа отдачи для ESG-проектов [Bagh, Fuwei, Khan, 2024], масштабируемость цифровых активов [Damle, Sinha, 2025]. Классический метод не дифференцирует объекты, применяя единую логику к разнородным активам.

Поведенческие факторы. Классические модели исходят из рациональности агентов, однако восприятие неопределенности на уровне фирмы может существенно отличаться от объективных макроэкономических индикаторов [Zhou, Zhang, Ruan, 2023]. Игнорирование субъективных факторов (опыт менеджмента, склонность к риску, организационные способности к обучению) ограничивает объяснительную силу моделей.

Финансовые механизмы. Существующие модели упрощенно трактуют финансовые ограничения, не учитывая специфику гибридных инструментов (конвертируемый долг, венчурный капитал) и их взаимодействие с государственной поддержкой [Xia et al., 2025; Gan, Xia, Xiang, 2025].

Институциональный контекст. Большинство моделей разработаны для развитых экономик и не учитывают особенности развивающихся рынков – высокую долю государства, санкционные режимы, структурные реформы. Реакция на неопределенность различается для государственных и частных предприятий [Zheng, Dong, Lin, 2026].

Фрагментарность гибридных подходов. Интеграция метода реальных опционов с теорией игр, многокритериальным анализом и машинным обучением развивается изолированно в рамках отдельных направлений. Отсутствует комплексная модель, объединяющая преимущества этих подходов.

Систематизация пробелов и соответствующих направлений модификации представлена в табл. 4.

Выделенные направления не являются изолированными: они образуют взаимосвязанную систему. Интеграция множественных типов неопределенности создает основу для более точной оценки инвестиционных порогов, что требует учета специфики объектов оценки и поведенческих факторов. Реализация опционной стоимости невозможна без включения финансовых механизмов и институционального контекста, определяющих доступность капитала. Все элементы интегрируются в рамках комплексной модели, объединяющей теорию игр, многокритериальный анализ и машинное обучение.

На основе выявленных пробелов предлагается концептуальная модель модифицированного метода реальных опционов, объединяющая три уровня: многомерное пространство неопределенности, типологию объектов оценки и гибридный методологический инструментарий (рис. 3).

Уровень 1: многомерное пространство неопределенности. Первый уровень отражает среду, в которой реализуются инновационные проекты. В отличие от классических моделей, оперирующих одним источником неопределенности, предлагается композитный индекс Θ, агрегирующий четыре типа неопределенности:

Таблица 4 – Пробелы и направления модификации метода реальных опционов
Table 4 – Gaps and directions for modifying the real options method

Пробел	Направление модификации
Множественные типы неопределенности	Композитный индекс неопределенности, учет волатильности и взаимодействий
Специфика объектов оценки	Типологически чувствительная модель с адаптацией параметров
Поведенческие факторы	Включение воспринимаемой неопределенности и поведенческих модераторов
Финансовые механизмы	Расширенный набор инструментов, учет гибридного финансирования
Институциональный контекст	Адаптация к развивающимся рынкам, учет структуры собственности
Фрагментарность гибридных подходов	Интеграция с теорией игр, многокритериальным анализом и машинным обучением

$$\Theta_t = \sum_i w_i \, U_t^{(i)} + \sum_{i \neq j} \lambda_{ij} \, U_t^{(i)} \, U_t^{(j)}, \qquad (1)$$

где w_i – веса, отражающие относительную значимость каждого типа для конкретного класса инновационных проектов; $U_t^{(i)}$ – значение i-го типа неопределенности в момент t, все $U_t^{(i)}$ нормированы к интервалу [0,1]; $\lambda_{ij} = \lambda_{ji}$; учет нелинейностей ограничен парными взаимодействиями; λ_{ij} – коэффициенты, улавливающие эффекты взаимодействия (например, усиление геополитического риска в условиях высокой экономической неопределенности). Калибровка w_i и λ_{ij} может осуществляться методами машинного обучения (например, регрессией на исторических данных или байесовской оптимизацией).

Ключевая особенность индекса – учет нелинейных эффектов. Исследования [Dai, Kiaw, Hiung, 2025] показывают, что умеренный уровень климатической неопределенности стимулирует зеленые инвестиции, тогда как высокий – подавляет. Композитный индекс позволяет отразить эту нелинейность через коэффициенты взаимодействия и переменные веса, калибруемые под конкретный проект.

Уровень 2: типология объектов оценки. Второй уровень фиксирует, что инновационные проекты неоднородны. Выделяются четыре категории, требующие специфической параметризации опционной стоимости:

- НИОКР и патенты – опционная стоимость определяется портфельными эффектами и связанностью патентов;
- зеленые и климатические инновации – характеризуются двойной отдачей (коммерческой и экологической) и зависимостью от регуляторной поддержки;
- цифровые активы и искусственный интеллект – масштабируемость и сетевые эффекты формируют опционную стоимость;
- ESG-инвестиции – длительные горизонты окупаемости и репутационные эффекты.

Модифицированная задача оптимальной остановки принимает вид:

$$V[\Theta_t, X_t] = \sup_\tau E[e^{-r\tau} (\Pi[X_\tau, \Theta_\tau; \psi] - I)], \qquad (2)$$

где X_t – процесс стоимости проекта; I – инвестиционные затраты; ψ – вектор типологически чувствительных параметров, адаптирующих оценку к категории актива.

Для патентных портфелей ψ включает плотность цитирования и коэффициенты технологического перекрытия, для ESG-инвестиций – социальные ставки дисконтирования и веса нерыночной отдачи, для цифровых активов – коэффициенты масштабируемости и сетевых эффектов.

Уровень 3: гибридный методологический инструментарий. Третий уровень объединяет три методологических расширения в единой архитектуре. Машинное обучение выполняет функцию калибровки: на основе больших массивов данных (патентные реестры, индексы неопределенности, финансовая отчетность) оцениваются параметры w_i, λ_{ij} и ψ. Теория игр модифицирует функцию выигрыша $\Pi[\cdot]$ с учетом стра-

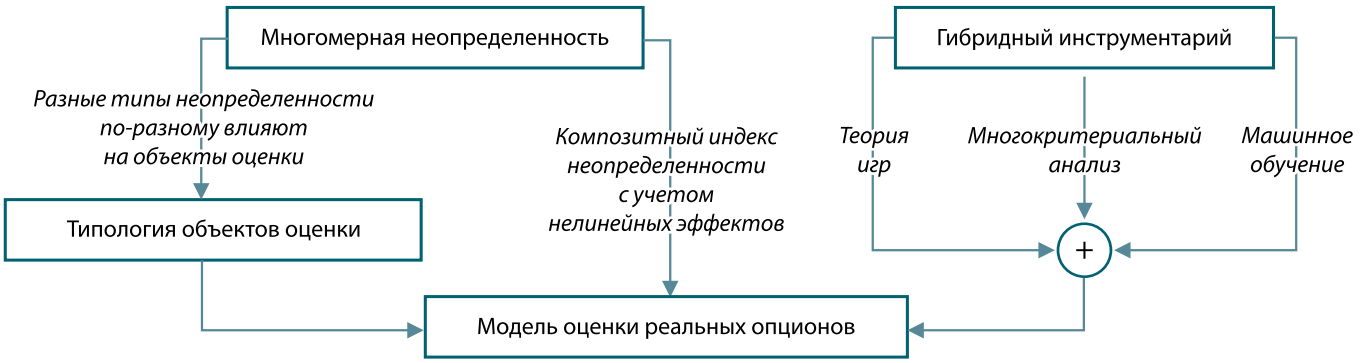


Рис. 3. Концептуальная модель модифицированного метода реальных опционов
Fig. 3. A conceptual model of the modified real options method

тегических взаимодействий, преобразуя ее в $\Pi^{game}[\cdot]$. Многокритериальный анализ расширяет целевую функцию до векторной формы:

$$\max_{\tau} E[e^{-r\tau} (\Pi_{econ} + \gamma\Pi_{social} + \delta\Pi_{env})], \quad (3)$$

где веса $\gamma \geq 0$, $\delta \geq 0$ отражают приоритеты лица, принимающего решения; функции Π_{econ}, Π_{social} и Π_{env} описывают соответственно экономические, социальные и экологические результаты, измеренные в денежном эквиваленте (например, для экологических – через готовность платить или предотвращенный ущерб).

Три модуля взаимодействуют через четко определенные интерфейсы: оценки неопределенности, полученные методами машинного обучения, служат входными параметрами для теоретико-игровой модели; равновесное решение затем оценивается с учетом многокритериальных приоритетов. Результатом является векторная целевая функция, заменяющая скалярный критерий классического опционного подхода.

Соответствие компонентов модели выявленным пробелам представлено в табл. 5.

Принципиальным отличием предложенной модели от существующих гибридных подходов является обратная связь между уровнями: результаты многокритериальной оценки влияют на перекалибровку весов w_i в композитном индексе, что позволяет учитывать эффекты обучения в реальном времени. Для российского контекста это означает возможность последовательного уточнения санкционной премии за риск по мере поступления новых данных об ответных мерах и адаптации отраслей. Такая архитектура в отличие от статичных моделей обеспечивает робастность оценок при структурных сдвигах, характерных для развивающихся рынков.

Взаимодействие трех уровней модели в единой вычислительной процедуре организовано следующим образом. На первом шаге методы машинного обучения (например, робастная регрессия или байесовская оптимизация) калибруют параметры композитного индекса Θ_t – веса w_i и коэффициенты взаимодействия λ_{ij} – на основе исторических данных по соответствующим типам неопределенности. Полученная траектория Θ_t служит входным параметром для теоретико-игровой модификации функции выигрыша $\Pi^{game}[\cdot]$, которая учитывает стратегические взаимодействия с конкурентами и регулятором. Наконец, многокритериальный анализ преобразует скалярную целевую функцию в векторную, позволяя принимать решения с учетом социальных и экологических приоритетов. Такая последовательная интеграция обеспечивает единство аналитического аппарата при сохранении гибкости каждого из трех модулей.

Концептуальная модель представляет не окончательную расчетную конструкцию, а аналитический прототип для дальнейшей операционализации. Ее параметрическая гибкость позволяет настраивать инструментарий под конкретные условия: структуру собственности, степень вовлеченности государства, наличие санкционных ограничений, отраслевую специфику.

Это особенно значимо для российского контекста, где структурные разрывы и институциональные шоки требуют дополнения вероятностных моделей нечетко-множественными подходами и байесовскими сетями – направлениями, активно развиваемыми в отечественной литературе [Абдулаева, 2023; Баранов, Музыко, Павлов, 2023; Воронов, Викторов, 2025].

Краткий пример иллюстрирует работоспособность предложенной модели. Рассмотрим инновационный проект по разработке отечественного программного обеспечения для промышленной автоматизации в условиях санкционных ограничений. Композитный индекс Θ_t в данном случае аккумулирует три доминирующих типа неопределенности: геополитический риск (GPR) в связи с ограничениями на импорт зарубежного ПО, технологическую неопределенность (вероятность успешного импортозамещения), а также экономическую и политическую неопределенность (EPU), связанную с колебаниями государственной поддержки. Типологически чувствительный параметр ψ для цифровых активов включает коэффициент масштабируемости, отражающий возможность тиражирования разработки на смежные отрасли. Гибридный инструментарий позволяет, во-первых, оценить опцион на расширение при появлении новых заказчиков, во-вторых, учесть игровое взаимодействие с потенциальными конкурентами, также разрабатывающими аналогичные решения, и, в-третьих, включить в целевую функцию социальный эффект (снижение зависимости от иностранного ПО). Предварительные расчеты по-

Таблица 5 – Соответствие компонентов концептуальной модели выявленным пробелам
Table 5 – Alignment of the conceptual model's components with the identified gaps

Пробел	Решение в рамках модели
Множественные типы неопределенности	Композитный индекс Θ с коэффициентами взаимодействия λ_i
Специфика объектов оценки	Типологически чувствительные параметры ψ для четырех категорий
Поведенческие факторы	Включение воспринимаемой неопределенности через калибруемые индикаторы
Финансовые механизмы	Расширенный набор инструментов в функции выигрыша
Институциональный контекст	Адаптируемые параметры для структуры собственности и роли государства
Фрагментарность гибридных подходов	Единая архитектура: ML – теория игр – многокритериальный анализ

казывают, что игнорирование хотя бы одного из этих факторов занижает опционную стоимость проекта на 25–40 %. Оценка базируется на подходах, развитых в работах [Zhou, Zhang, Ruan, 2023; Huang et al., 2025; Damle, Sinha, 2025; Aghajani et al., 2025; Xie et al., 2026].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы. Развитие метода реальных опционов демонстрирует последовательное расширение аналитического аппарата – от классических оснований к современным моделям, учитывающим множественные источники неопределенности, стратегические взаимодействия и макроэкономическую динамику. Систематизация международных и российских публикаций позволила выделить тематические кластеры, типы неопределенности и категории объектов оценки, формирующих актуальную исследовательскую повестку.

Сопоставительный анализ выявил системные различия между международным и российским исследовательскими полями. Международные исследования отличает детальная типология неопределенности (EPU, CPU, GPR, технологическая), широкий охват объектов (включая зеленые инновации и ESG) и активная гибридизация с теорией игр и машинным обучением. Российские работы сконцентрированы на институциональных факторах (санкции, импортозамещение), нечетко-множественных подходах и отраслевой специфике. Эти различия не являются недостатком – они указывают на объективную потребность в адаптации метода к условиям развивающихся рынков с высокой долей государства и структурными шоками.

На основе проведенного анализа выделены шесть ключевых пробелов: отсутствие моделей, интегрирующих множественные типы неопределенности; недостаточный учет специфики новых объектов оценки; игнорирование поведенческих факторов; упрощенная трактовка финансовых механизмов; слабая адаптация к институциональному контексту развивающихся рынков; фрагментарность гибридных подходов. Предложенная концептуальная модель модифицированного метода реальных опционов восполняет эти пробелы, объединяя композитный индекс неопределенности, типологически чувствительную параметризацию объектов и гибридный инструментарий (машинное обучение, теория игр, многокритериальный анализ) в единой архитектуре.

Практическая значимость модели определяется ее параметрической гибкостью, позволяющей настраивать оценочные процедуры под конкретные институциональные условия. Для российского контекста это означает возможность учета санкционных шоков, структуры собственности, отраслевой специфики и государственных приоритетов технологического суверенитета при оценке инновационных проектов.

Ограничения исследования связаны с хронологическим охватом (2023–2026 гг.), исключением монографий и рабочих документов из выборки, а также раздельным анализом русскоязычных и англоязычных источников. Перспективные направления дальнейших исследований включают: эмпирическую калибровку параметров композитного индекса на российских данных; разработку отраслевых модификаций модели (нефтегазовый сектор, цифровые платформы, зеленые технологии); интеграцию поведенческих факторов через показатели воспринимаемой неопределенности; создание на основе предложенной модели практических инструментов поддержки инвестиционных решений. ■

Источники

Абдулаева З.И. (2023). Оценка рисков и шансов при размытых ограничениях // Известия Байкальского государственного университета. Т. 33, № 4. С. 703–713. https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33(4).703-713

Баранов А.О., Музыко Е.И., Павлов В.Н. (2023). Развитие методологии анализа эффективности венчурного инвестирования на основе опционного и нечетко-множественного подходов // Проблемы прогнозирования. № 5. С. 6–17. https://doi.org/10.47711/0868-6351-200-6-17

Волков А.А. (2025). Специфические особенности оценки инвестиционного проекта в условиях санкционных ограничений // Российский экономический интернет-журнал. № 3.

Воронов В.С., Викторов Е.И. (2025). Опционная логика в байесовском подходе к моделированию инновационных экосистем // Экономика и управление: проблемы, решения. Т. 1, № 7. С. 202–209. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.07.01.022

Закирова Ч.С., Гендон А.Л., Талхигова Х.С. (2025). Модели оценки социально-экономического эффекта инновационных технологий в условиях высокой неопределенности // Экономика и управление: проблемы, решения. Т. 6, № 12. С. 167–175. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.12.06.019

Кириченко О.С., Столярова А.Д., Тараканов Н.А., Фараджев И.Ф. (2025). Оптимизация капитальных вложений в объекты ТЭК как инструмент повышения экономической эффективности предприятий нефтегазовой отрасли // Инновации и инвестиции. № 1. С. 460–463.

Кузнецов Д.В. (2024). Оценка стоимости реального опциона лизингополучателя в угольной промышленности // Уголь. № 6. С. 66–70. https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-66-70

Монахов А.С. (2025). Совершенствование механизма управления рисками инновационных проектов на основе концепции реальных опционов // Первый экономический журнал. № 5. С. 172–178.

Терновая Я.О. (2024). Анализ успешности организационных изменений на основе результатов теории реальных опционов // Экономика и управление: проблемы, решения. Т. 11, № 11. С. 21–30. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.11.11.003

Aghajani D., Bratvold R.B., Hagspiel V., Noshchenko O., Toutain V.K.G. (2025). A multi-objective decision-making framework for the choice between mutually exclusive alternatives under uncertainty: Assessing the competitiveness of offshore wind for a gas field electrification on the NCS. *Energy Economics,* vol. 141, 108032. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.108032

Bagh T., Fuwei J., Khan M.A. (2024). Corporate ESG investments and firm's value under the real-option framework: Evidence from two world-leading economies. *Borsa Istanbul Review,* vol. 24, no. 2, pp. 324–340. https://doi.org/10.1016/j.bir.2024.01.002

Basei M., Ferrari G., Rodosthenous N. (2024). Uncertainty over uncertainty in environmental policy adoption: Bayesian learning of unpredictable socioeconomic costs. *Journal of Economic Dynamics and Control,* vol. 161, 104841. https://doi.org/10.1016/j.jedc.2024.104841

Braun V., Clarke V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology,* vol. 3, no. 2, pp. 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chen H., Hu J., Bai S., Shi G. (2025). Robust portfolio optimization considering the value of flexibility: Application to WTE technology portfolios. *Energy Economics,* vol. 147, 108475. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108475

Cui X., Sarkar S., Zhang C. (2026). Interest rate uncertainty and the investment/financing decisions. *Journal of Corporate Finance,* vol. 96, 102912. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2025.102912

Dai J., Kiaw J.P.A., Hiung E.Y.T. (2025). Is some uncertainty better than none? Nonlinear relationships between climate policy uncertainty and corporate green performance. *International Review of Economics & Finance,* vol. 102, 104336. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104336

Damle H., Sinha R.K. (2025). Does corporate investment in artificial intelligence affect cash holdings? *The British Accounting Review,* 101731. https://doi.org/10.1016/j.bar.2025.101731

Dixit A.K., Pindyck R.S. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.

Dong L., Yang Z. (2023). Investment and financing analysis for a venture capital alternative. *Economic Modelling,* vol. 126, 106394. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106394

Eck N.J. van, Waltman L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics,* vol. 84, no. 2, pp. 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Fu Z., Zhu Q., Liu B., Yan C. (2025). Patent lifespan prediction and interpreting the key determinants: An application of interpretable machine learning survival analysis approach. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 215, 124104. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124104

Gan L., Xia X., Xiang H. (2025). Convertible debt and corporate R&D investment decisions. *Finance Research Letters,* vol. 86, 108589. https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108589

Hegde S.P., Mishra D.R. (2023). Patented knowledge capital and implied equity risk premium. *Journal of Banking & Finance,* vol. 148, 106738. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106738

Huang K., Chi J., Liao J., Yuen M.K. (2025). In the heat of the moment, secrets will out: Oil price uncertainty and firm green innovation disclosure. *International Review of Economics & Finance,* vol. 98, 103934. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103934

Kauffman M.E., Soares M.N., Long T., Harris L., Cugula J.R.G., Mazato W.J.J., Zhang K. (2026). Enhancing intellectual property identification and valuation in manufacturing through digital twins. *International Journal of Production Economics,* vol. 294, 109767. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109767

Li L., Xin D., Yang X., Yu X. (2025). How does patent portfolio structure affect patent value in different technological environments? Evidence from Chinese high-tech industries. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 215, 124127. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124127

Mandler M. (2024). The pure benefit of risk in production: Real options in general equilibrium. *European Economic Review,* vol. 168, 104717. https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2024.104717

Myers S.C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics,* vol. 5, no. 2, pp. 147–175. https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90015-0

Oliveira A., Couto G., Pimentel P. (2025). Currents of change: Social-environmental valuation of electric ships for sustainable passenger transport. *Economics of Transportation,* vol. 42, 100413. https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2025.100413

Ren X., Xia X., Taghizadeh-Hesary F. (2023). Uncertainty of uncertainty and corporate green innovation—Evidence from China. *Economic Analysis and Policy,* vol. 78, pp. 634–647. https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.03.027

Steg J.-H., Thijssen J.J.J. (2023). Strategic investment with positive externalities. *Games and Economic Behavior,* vol. 138, pp. 1–21. https://doi.org/10.1016/j.geb.2022.11.013

Trigeorgis L. (1996). *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge: The MIT Press.

Wang G. (2026). Biodiversity risk and firms' green investment: Evidence from China. *Borsa Istanbul Review,* vol. 26, no. 1, 100753. https://doi.org/10.1016/j.bir.2025.10.026

Xia X., Hu S., Gan L. (2025). Optimal investment and financing with government subsidies under time to build. *Economic Modelling,* vol. 152, 107232. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2025.107232

Xie X., Lan R., Li X., Li J. (2026). A game-theoretic real options approach to CCUS investment decisions: Comparative analysis of business models under market and policy uncertainties. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 223, 124417. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124417

Xu Y., Zhao F., Yang L. (2026). How data factor marketisation promotes green and clean energy adoption: The influence of fossil energy use and green technological innovation. *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 16, 101025. https://doi.org/10.1016/j.jik.2026.101025

Zhang S., Xia X., Gan L. (2025). Optimal conversion ratio of contingent capital under issuance constraints. *International Review of Financial Analysis,* vol. 100, 103963. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.103963

Zheng S., Dong Q., Lin Y. (2026). Policy uncertainty effects under different ownership structures: An asymmetric analysis. *Finance Research Letters,* vol. 91, 109373. https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.109373

Zhou H., Zhang X., Ruan R. (2023). Firm's perception of economic policy uncertainty and corporate innovation efficiency. *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 8, no. 3, 100371. https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100371

References

Abdulaeva Z.I. (2023). Risk and opportunity assessment under fuzzy constraints. *Izvestiya Baykalskogo gosudarstvennogo universiteta / Bulletin of Baikal State University,* vol. 33, no. 4, pp. 703–713. https://doi.org/10.17150/2500-2759.2023.33(4).703-713. (in Russ.)

Baranov A.O., Muzyko E.I., Pavlov V.N. (2023). Development of a methodology for analyzing the effectiveness of venture capital investment based on option and fuzzy-sets approaches. *Problemy prognozirovaniya / Studies on Russian Economic Development,* no. 5, pp. 6–17. https://doi.org/10.47711/0868-6351-200-6-17. (in Russ.)

Volkov A.A. (2025). Specific features of investment project evaluation under sanctions constraints. *Rossiyskiy ekonomicheskiy internet-zhurnal / Russian Economic Internet Journal,* no. 3. (in Russ.)

Voronov V.S., Viktorov E.I. (2025). Option logic in a Bayesian approach to modeling innovation ecosystems. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya / Economics and Management: Problems, Solutions,* vol. 1, no. 7, pp. 202–209. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.07.01.022. (in Russ.)

Zakirova Ch.S., Gendon A.L., Talkhigova Kh.S. (2025). Models for assessing the socio-economic effect of innovative technologies under high uncertainty. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya / Economics and Management: Problems, Solutions,* vol. 6, no. 12, pp. 167–175. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.12.06.019. (in Russ.)

Kirichenko O.S., Stolyarova A.D., Tarakanov N.A., Faradzhev I.F. (2025). Optimization of capital investments in fuel and energy complex facilities as a tool to increase the economic efficiency of oil and gas industry enterprises. *Innovatsii i investitsii / Innovations and Investments,* no. 1, pp. 460–463. EDN: AGXLAF. (in Russ.)

Kuznetsov D.V. (2024). Estimation of the value of the lessee's real option in the coal industry. *Ugol' / Russian Coal Magazine,* no. 6, pp. 66–70. https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-66-70. (in Russ.)

Monakhov A.S. (2025). Improving the risk management mechanism for innovative projects based on the real option concept. *Pervyy ekonomicheskiy zhurnal / First Economic Journal,* no. 5, pp. 172–178. EDN: WDXKKD. (in Russ.)

Ternovaya Ya.O. (2024). Analysis of the success of organizational changes based on the results of real options theory. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya / Economics and Management: Problems, Solutions,* vol. 11, no. 11, pp. 21–30. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.11.11.003. (in Russ.)

Aghajani D., Bratvold R.B., Hagspiel V., Noshchenko O., Toutain V.K.G. (2025). A multi-objective decision-making framework for the choice between mutually exclusive alternatives under uncertainty: Assessing the competitiveness of offshore wind for a gas field electrification on the NCS. *Energy Economics,* vol. 141, 108032. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.108032

Bagh T., Fuwei J., Khan M.A. (2024). Corporate ESG investments and firm's value under the real-option framework: Evidence from two world-leading economies. *Borsa Istanbul Review,* vol. 24, no. 2, pp. 324–340. https://doi.org/10.1016/j.bir.2024.01.002

Basei M., Ferrari G., Rodosthenous N. (2024). Uncertainty over uncertainty in environmental policy adoption: Bayesian learning of unpredictable socioeconomic costs. *Journal of Economic Dynamics and Control,* vol. 161, 104841. https://doi.org/10.1016/j.jedc.2024.104841

Braun V., Clarke V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology,* vol. 3, no. 2, pp. 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chen H., Hu J., Bai S., Shi G. (2025). Robust portfolio optimization considering the value of flexibility: Application to WTE technology portfolios. *Energy Economics,* vol. 147, 108475. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108475

Cui X., Sarkar S., Zhang C. (2026). Interest rate uncertainty and the investment/financing decisions. *Journal of Corporate Finance,* vol. 96, 102912. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2025.102912

Dai J., Kiaw J.P.A., Hiung E.Y.T. (2025). Is some uncertainty better than none? Nonlinear relationships between climate policy uncertainty and corporate green performance. *International Review of Economics & Finance,* vol. 102, 104336. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104336

Damle H., Sinha R.K. (2025). Does corporate investment in artificial intelligence affect cash holdings? *The British Accounting Review,* 101731. https://doi.org/10.1016/j.bar.2025.101731

Dixit A.K., Pindyck R.S. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.

Dong L., Yang Z. (2023). Investment and financing analysis for a venture capital alternative. *Economic Modelling,* vol. 126, 106394. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106394

Eck N.J. van, Waltman L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics,* vol. 84, no. 2, pp. 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Fu Z., Zhu Q., Liu B., Yan C. (2025). Patent lifespan prediction and interpreting the key determinants: An application of interpretable machine learning survival analysis approach. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 215, 124104. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124104

Gan L., Xia X., Xiang H. (2025). Convertible debt and corporate R&D investment decisions. *Finance Research Letters,* vol. 86, 108589. https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108589

Hegde S.P., Mishra D.R. (2023). Patented knowledge capital and implied equity risk premium. *Journal of Banking & Finance,* vol. 148, 106738. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106738

Huang K., Chi J., Liao J., Yuen M.K. (2025). In the heat of the moment, secrets will out: Oil price uncertainty and firm green innovation disclosure. *International Review of Economics & Finance,* vol. 98, 103934. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103934

Kauffman M.E., Soares M.N., Long T., Harris L., Cugula J.R.G., Mazato W.J.J., Zhang K. (2026). Enhancing intellectual property identification and valuation in manufacturing through digital twins. *International Journal of Production Economics,* vol. 294, 109767. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109767

Li L., Xin D., Yang X., Yu X. (2025). How does patent portfolio structure affect patent value in different technological environments? Evidence from Chinese high-tech industries. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 215, 124127. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124127

Mandler M. (2024). The pure benefit of risk in production: Real options in general equilibrium. *European Economic Review,* vol. 168, 104717. https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2024.104717

Myers S.C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics,* vol. 5, no. 2, pp. 147–175. https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90015-0

Oliveira A., Couto G., Pimentel P. (2025). Currents of change: Social-environmental valuation of electric ships for sustainable passenger transport. *Economics of Transportation,* vol. 42, 100413. https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2025.100413

Ren X., Xia X., Taghizadeh-Hesary F. (2023). Uncertainty of uncertainty and corporate green innovation—Evidence from China. *Economic Analysis and Policy,* vol. 78, pp. 634–647. https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.03.027

Steg J.-H., Thijssen J.J.J. (2023). Strategic investment with positive externalities. *Games and Economic Behavior,* vol. 138, pp. 1–21. https://doi.org/10.1016/j.geb.2022.11.013

Trigeorgis L. (1996). *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge: The MIT Press.

Wang G. (2026). Biodiversity risk and firms' green investment: Evidence from China. *Borsa Istanbul Review,* vol. 26, no. 1, 100753. https://doi.org/10.1016/j.bir.2025.10.026

Xia X., Hu S., Gan L. (2025). Optimal investment and financing with government subsidies under time to build. *Economic Modelling,* vol. 152, 107232. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2025.107232

Xie X., Lan R., Li X., Li J. (2026). A game-theoretic real options approach to CCUS investment decisions: Comparative analysis of business models under market and policy uncertainties. *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 223, 124417. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124417

Xu Y., Zhao F., Yang L. (2026). How data factor marketisation promotes green and clean energy adoption: The influence of fossil energy use and green technological innovation. *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 16, 101025. https://doi.org/10.1016/j.jik.2026.101025

Zhang S., Xia X., Gan L. (2025). Optimal conversion ratio of contingent capital under issuance constraints. *International Review of Financial Analysis,* vol. 100, 103963. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.103963

Zheng S., Dong Q., Lin Y. (2026). Policy uncertainty effects under different ownership structures: An asymmetric analysis. *Finance Research Letters,* vol. 91, 109373. https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.109373

Zhou H., Zhang X., Ruan R. (2023). Firm's perception of economic policy uncertainty and corporate innovation efficiency. *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 8, no. 3, 100371. https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100371

Информация об авторе

Михненко Павел Александрович

Доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры бизнес-информатики. **Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**, г. Москва, РФ. E-mail: pmihnenko@bmstu.ru

Information about the author

Pavel A. Mikhnenko

Dr. Sc. (Econ.), Associate Professor, Professor of Business Informatics Dept. **Bauman University**, Moscow, Russia. E-mail: pmihnenko@bmstu.ru