

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный университет
Высшая школа менеджмента

**ТЕМА «ОЦЕНКА РОССИЙСКИМИ НЕФТЯНЫМИ КОМПАНИЯМИ
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ИНДОНЕЗИИ: МЕТОД РЕАЛЬНЫХ
ОПЦИОНОВ»**

Курсовая работа
студента 4 курса программы бакалавриата
по направлению «Менеджмент»,
профиль — Финансовый менеджмент
Ишмухаметова Феликса Руслвновича

(подпись)

Научный руководитель:
Заведующий кафедры финансов и учета,
доктор физико-математических наук
Бухвалов Александр Васильевич

(подпись)

Санкт-Петербург
2022

ЗАЯВЛЕНИЕ О САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ХАРАКТЕРЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Я, Ишмухаметов Феликс Русланович, студент 4 курса Высшей школы менеджмента СПбГУ (направление 38.03.02 — Менеджмент, профиль — Финансовый менеджмент), подтверждаю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «Анализ результативности долевого краудинвестинга», представленной в офис бакалаврской программы для публичной защиты, не содержится элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищённых ранее курсовых и выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Мне известно, что согласно п.12.4.14 «Правил обучения на бакалаврской программе ВШМ СПбГУ», «обнаружение в ВКР студента элементов плагиата (контекстуальное или прямое заимствование текста из печатных и электронных оригинальных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций без соответствующих ссылок) является основанием для выставления ГАК оценки «неудовлетворительно».

_____ (Подпись студента)

_____ (Дата)

Содержание

Введение	4
Обзор Литературы	7
Глава 1. Реальные опционы.....	11
1.1 История	11
1.2 Финансовые опционы и Реальные опционы.....	14
1.3 Реальные опционы	15
Практические кейсы использования реальных опционов.....	17
Отличие традиционных методов оценки проектов и метода реальных опционов	19
Виды реальных опционов.....	20
1.4 Моделирование опционов	23
1.5 Необходимые переменные при оценке реальных опционов.....	26
Моделирование и Метод наименьших квадратов Монте-Карло	30
Глава 2. Модель	36
2.1 Моделирование факторов неопределенности.....	36
2.2 Оценка инвестиций в зарубежные нефтяные проекты.....	40
2.3 Решение на основе модели LSM	43
Глава 3. Эмпирическое исследование.....	46
Результаты моделирования	50
Заключение	59
Источники.....	62

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы российские нефтяные и газовые компании проявляют интерес к зарубежным проектам. Это, по мнению экспертов, обусловлено экономическими мотивами, в частности, высоким уровнем рентабельности. Себестоимость нефтедобычи в ряде стран в разы ниже, чем в России. В Ираке, например, затраты на производство барреля нефти оказываются порой ниже \$1, а в Западной Сибири себестоимость может достигать \$12 за баррель. Еще одним плюсом для российских инвесторов при участии в зарубежных проектах является получение ими доступа к передовым технологиям. Кроме этого, более половины российского бюджета наполняется за счет нефтегазовых доходов. В результате рассчитывать на налоговые послабления компаниям не приходится. И даже самые перспективные проекты освоения месторождений проигрывают по сравнению с зарубежными аналогами. Также, важно отметить тот факт, что за последние 10 лет запасы нефти внутри страны сократились на 30%.

Исходя из вышеперечисленных факторов, отечественным компаниям как никогда выгодно вкладываться в нефтяные проекты за рубежом.

Основной проблемой является оценка зарубежных нефтяных инвестиционных проектов. При обычной оценке инвестиционных проектов неопределенность цены товара всегда используется для отражения неопределенности проекта. При оценке запасов нефти цена на нефть всегда используется для отражения неопределенности проекта, и в большинстве случаев это единственная неопределенность, которая учитывается при оценке подобных проектов. Учет только неопределенности цены на нефть не может полностью отразить всю сложность зарубежных нефтяных инвестиций. В целом, зарубежные нефтяные инвестиции имеют те же свойства, что и прямые иностранные инвестиции (ПИИ), поскольку разработка зарубежных нефтяных месторождений связана с большими капитальными бюджетами, длительным периодом строительства и высокой неопределенностью инвестиций. Однако процесс принятия решения по зарубежным нефтяным инвестициям является более сложным, чем процесс принятия решения о ПИИ. При оценке зарубежных нефтяных инвестиций необходимо учитывать ряд факторов неопределенности, поскольку разработка ведется в основном через международные или государственные нефтяные компании, это вызывает дополнительные сложности, связанные с инвестиционной средой, обменным курсом и системой налогообложения ресурсов страны-объекта инвестиций.

Несомненно, цена на нефть является одним из наиболее важных факторов, влияющих на инвестиции в нефтяную отрасль, поскольку нефть одновременно является фундаментальным ресурсом для экономического роста и международным товаром. В последние годы, поскольку зависимость от иностранной нефти в крупных развитых и развивающихся странах возрастает, а нефть эти страны получают в основном через прямую торговлю, колебания международных цен на нефть напрямую отражаются на стоимости импортируемой нефти. В будущем сокращение доказанных запасов нефти и истощение нефтяных ресурсов во всем мире приведет к тому, что цены на нефть будут колебаться сильнее, чем раньше.

Еще одним фактором, который необходимо учитывать, является стоимость инвестиций в нефтяные проекты. На начальном этапе разработки зарубежного месторождения нефтяная компания подписывает контракт с правительством или компанией страны-объекта инвестиций, чтобы определить размер нефтяного месторождения, сумму инвестиций (капитальный бюджет) и объем добычи нефти. Однако с точки зрения фактической деятельности по разработке нефтяных месторождений, как крупномасштабного проекта с последовательным инвестированием, существуют различные факторы неопределенности в строительстве нефтяного проекта, такие как неопределенная продолжительность строительства, неизвестные геологические условия нефтяных месторождений и разнообразие различных технологий разработки. Хотя эти факторы неопределенности должны быть отражены в инвестиционных затратах на завершение строительства зарубежного нефтяного проекта, их трудно оценить, что влияет на прогноз общих инвестиционных затрат.

Обменные курсы также имеют значение, поскольку обменные курсы являются связующим звеном между зарубежными инвестициями и отечественными инвесторами. Почти все зарубежные инвестиции номинированы в долларах США (U.S.). Для нефтяных компаний изменения в обменных курсах между долларом США и национальной валютой напрямую влияют на бюджет инвестируемого капитала и движение денежных средств в зарубежных нефтяных инвестициях. Исследование Fan et al. (2008) показывает, что существует побочный эффект между обменными курсами и ценами на нефть. Теоретически, когда доллар США падает, цена на сырую нефть, деноминированная в долларах, снижается по отношению к другим валютам, что в определенной степени толкает вверх цену на сырую нефть, и наоборот. В последние годы слабость доллара США увеличила риски снижения будущих обменных курсов доллара США, что заставляет нефтяные компании принимать на себя больший риск курсовых потерь при учете доходов

от продажи нефти за рубежом. Поэтому обменные курсы являются важным фактором при оценке инвестиций в зарубежную нефть.¹

Кроме того, учитывая, что проект по разработке зарубежных нефтяных месторождений длится 20 лет и более, инвестиционная среда страны-объекта инвестиций имеет еще большее значение для сотрудничества между инвестором в зарубежные нефтяные проекты и объектом инвестиций. В течение этого периода изменения в инвестиционной среде страны-объекта инвестиций влияют на риск и выгоду от зарубежных нефтяных инвестиций. И если инвестиционная среда страны-объекта инвестиций ухудшается, это вызывает дополнительные эксплуатационные расходы и может даже нивелировать эффект снижения стоимости импортной нефти за счет зарубежных инвестиций.

Таким образом, основными исследовательскими вопросами, которые возникли после изучения данной проблематики, являются: “Какие неопределенности необходимо учитывать при оценке зарубежных нефтяных проектов?” и “С помощью какой модели можно оценить зарубежный нефтяной инвестиционный проект?”

Целью данной работы является разработка методики оценки нефтяных инвестиционных проектов в Индонезии в условиях неопределенности с использованием имитационного моделирования на основе реальных опционов для Российских нефтяных компаний. Далее, исходя из результатов, полученных с помощью разработанной модели, ответить на вопрос: “Стоит ли российским компаниям инвестировать в зарубежные нефтяные проекты в Индонезии?”.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены следующие задачи:

1. Изучить научной литературы: учебники, научные статьи, исследования, связанных с производными финансовыми инструментами и моделями оценки экзотических опционов.
2. Составить методологию оценки зарубежных нефтяных инвестиционных проектов в условиях неопределенности с использованием имитационного моделирования на основе реальных для российских нефтяных компаний
3. Провести эмпирическое исследование факторов неопределенности
4. Определить параметры имитационной модели, провести эмпирическое исследование с целью оценки инвестиционного проекта и получить данные для анализа результатов

¹ Fan, Y., Zhang, Y.J., Tsai, H.T., Wei, Y.M. 2008. Estimating 'value at risk' of crude oil price and its spillover effect using the GED-GARCH approach. *Energy Economics*, 30 (6): 3156–3171.

5. Проанализировать результаты исследования и сделать соответствующие выводы

Предметом исследования выпускной квалификационной работы выступает оценка инвестиций в зарубежные нефтяные проекты в условиях неопределённости. Объектом исследования выступают инвестиции в зарубежные проекты.

Данная работа выполнена в формате эмпирического исследования, инструментом которого является имитационное моделирование с использованием языка программирования **Python**.

Структура работы состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Обзор Литературы

Майерс (1977) и Росс (1978) первыми представили подход к ценообразованию "реальных" финансовых опционов. В рамках этого подхода инвесторы используют гипотезу эффективного рынка, портфельную теорию и торговые стратегии для оценки потоков, генерируемых рискованными активами при имеющейся рыночной информации. Поскольку стоимость опционов является реальной, чем больше неопределенность будущего, тем больше должна быть стоимость проекта. Майерс (1984) отметил, что методы дисконтирования денежных потоков имеют недостатки в оценке инвестиций со значительной управленческой гибкостью, и поэтому люди склонны использовать либо анализ решений, либо подход к ценообразованию опционов при оценке такого рода инвестиций. Когда Макдональд и Сигел (1986) впервые разработали модель оценки реальных опционов, они предположили, что и стоимость проекта, и инвестиции следуют геометрическому броуновскому движению, и использовали для решения подход ценообразования опционов. Бреннан и Шварц (1985) впервые применили подход реальных опционов к инвестициям в природные ресурсы и представили способ оценки актива с большой волатильностью цены на сырье на выходе.²³⁴

Последние исследования реальных опционов направлены на изучение сложных опционных структур и взаимосвязи между инвестициями и неопределенностью. Кулатилака и Перотти (1998) дали стратегическое обоснование опционов роста в условиях

² Myers, S.C. 1977. Determinants of Cooperate Borrowing. *Journal of Financial Economics* 5: 147-175.

³ Ross, S. 1978. A simple approach to the valuation of risky streams. *Journal of Business* 51(3): 453-475.

⁴ McDonald, R., Siegel, D. 1986. The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics* 101(4): 707-727.

неопределенности и несовершенной конкуренции. Они отметили, что более высокая неопределенность означает больше возможностей, а не просто больший риск, их результаты опровергают мнение о том, что волатильность является сильным сдерживающим фактором для инвестиций. Саркар (2000) показал, что в определенных ситуациях рост неопределенности может фактически увеличить вероятность инвестирования и тем самым положительно повлиять на инвестиции. Смит и Тригеоргис (2004) представили подход, объединяющий реальные опционы и теорию игр для стратегических инвестиций. Их подход к стратегическим инвестициям расширил возможности реальных опционов, объединив их с теорией игр, чтобы отразить конкурентные аспекты и эндогенное взаимодействие стратегических решений между фирмой и ее конкурентами. Коупленд и Антикаров (2005) попытались заложить основу для достижения консенсуса по методологии. Они предложили набросок стандартной процедуры и представили пятиэтапный процесс решения (отказ от рыночных активов, подход MAD) для определения реальных опционов и оценки корпоративных проектов, в которых такие опционы являются важным источником ожидаемой стоимости.⁵⁶

На сегодняшний день многие исследования применяют подход реальных опционов для оценки инвестиций в природные ресурсы, но большинство из них сосредоточено на оценке отдельных проектов. Паддок и др. (1988) разработали модель морских нефтяных аренд и использовали ее для определения оптимальных правил инвестирования неразработанных морских запасов нефти. По их мнению, подход к ценообразованию опционов имеет следующие три преимущества перед методом дисконтирования денежных потоков: во-первых, он требует значительно меньше данных, поскольку эффективно использует рыночную информацию; во-вторых, он требует меньше вычислительных затрат и меньше подвержен ошибкам; в-третьих, он обеспечивает руководство по оптимальным срокам разработки. Основываясь на работе Smith и Nau (1995), Smith и McCardle (1998, 1999) использовали анализ решений на основе динамического программирования и теории ценообразования опционов для изучения вопроса оценки нефтяных ресурсов. Используя модель нефтяной собственности, они изучили оптимальную приостановку, принятие решений о разведке и разработке, а также оптимальное время для инвестирования. Они также рассмотрели другие факторы, влияющие на оценку нефтяных ресурсов, такие как контроль производства и отношение лиц, принимающих решения, к риску. Конрад и

⁵ Sarkar, S. 2000. On the investment-uncertainty relationship in a real options model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 24: 219-225.

⁶ Smit, H.T.J., Trigeorgis, L. 2004. *Strategic investment, real options and games*. New Jersey: Princeton University Press.

Котани (2005) рассмотрели социальную выгоду, применив метод реальных опционов для оценки чистой социальной выгоды Арктического национального заповедника.⁷ В своей модели они рассмотрели влияние двух процессов цен на нефть (геометрического броуновского движения и процесса средней реверсии) на оптимальное время разработки нефтяного проекта. Шварц и Тролле (2010) разработали модель ценообразования риска экспроприации в нефтяных проектах. Модель была использована для исследования, в условиях неопределенности цены на нефть, стоимости опциона, который правительство должно экспроприировать у нефтяной компании в период разработки нефтяного проекта. Модель решается методом наименьших квадратов Монте-Карло (LSM).⁸

Подход на основе реальных опционов хорошо подходит для оценки будущей неопределенности в инвестициях в природные ресурсы. Бреннан и Шварц (1985) и Пэддок и др. (1988) предположили, что цены на сырьевые товары следуют геометрическому броуновскому движению и что будущая волатильность проекта зависит только от волатильности цен на сырьевые товары. Смит и Маккардл (1998) предположили, что и цены на нефть, и производительность нефти следуют геометрическому броуновскому движению, поэтому будущая волатильность проекта включает интеграцию неопределенностей цен на нефть и производительности. Лима и Суслик (2006) показали, что среди всех входных параметров будущая волатильность, безусловно, является наиболее важным параметром в моделях ценообразования опционов.⁹ Однако они не считают, что будущую волатильность проекта можно считать эквивалентной колебаниям цены на его товарную продукцию. Вместо этого они оценили волатильность проекта, рассматривая цены на сырье и операционные затраты как геометрическое броуновское движение, и использовали свою модель для оценки гипотетического проекта по добыче золота. Результат показал, что волатильность проекта выше, чем волатильность цен на сырьевые товары, за исключением очень нереалистичных условий в отрасли.¹⁰

Для такого крупномасштабного инвестиционного проекта, как проект зарубежных нефтяных инвестиций, нефтяной компании потребуется время, чтобы завершить зарубежные нефтяные инвестиции. Таким образом, инвестиционное решение можно рассматривать как многоэтапную проблему принятия инвестиционного решения по

⁷ Paddock, J.L., Siegel, D.R., Smith, J.L. 1988. Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. *Quarterly Journal of Economics* 103: 479–508.

⁸ Schwartz, E.S., Trolle, A.B. 2010. Pricing expropriation risk in natural resource contracts – A real options approach. In William Hogan and Federico Sturzenegger (eds.), *The Natural Resource Trap*, MIT Press.

⁹ Smith, J.E., McCardle, K.F. 1996. Valuing oil properties: integrating option pricing and decision analysis approaches. *Operations Research* 46: 198–217.

¹⁰ Smith, J.E., McCardle, K.F. 1999. Options in the real world: lessons learned in evaluating oil and gas investments. *Operations Research* 47: 1–15.

проекту (Dixit and Pindyck, 1994). Майд и Пиндик (1987) считали, что выручка от строительства обычно гибкая и может корректироваться с поступлением новой информации. Они использовали анализ условных требований для выведения оптимальных правил принятия решений и оценки стоимости таких инвестиций. Бар-Илан и Стрэндж (1996) изучали влияние инвестиционных лагов на неопределенные, необратимые инвестиции. Они отметили, что традиционные результаты относительно влияния ценовой неопределенности на инвестиции ослабевают или меняются на противоположные при наличии лагов. Aguerrevere (2003) изучил влияние конкурентных взаимодействий на инвестиционные решения и на динамику цены дополнительных инвестиций с учетом времени на строительство и гибкость эксплуатации. Он обнаружил, что рост неопределенности может побуждать фирмы увеличивать свои мощности, а волатильность цен - увеличивать число конкурентов в отрасли.¹¹¹²

В данной работе создается модель оценки реальных опционов. Модель отличается от существующих исследований нефтяных инвестиций по нескольким причинам. Во-первых, модель хорошо применима для оценки зарубежных нефтяных инвестиций. Она основана на моделировании Монте-Карло и решается методом наименьших квадратов Монте-Карло (LSM), с помощью которого можно рассчитать как инвестиционный риск, так и стоимость проекта. В представленной ниже модели также легко моделировать различные системы налогообложения ресурсов. Во-вторых, структура имитационной модели реальных опционов позволяет легко учитывать несколько факторов неопределенности. Учитывая сложность инвестирования в зарубежные нефтяные проекты, модель учитывает четыре фактора неопределенности (цена на нефть, инвестиционные затраты, обменный курс и инвестиционная среда) и взаимосвязь между этими факторами неопределенности.

¹¹ Aguerrevere, F.L. 2003. Equilibrium Investment Strategies and Output Price Behavior: A Real-Options Approach. *Review of Financial Studies* 16 (4): 1239-1272.

¹² Bar-Ilan, A., Strange, W.C. 1996. Investment Lags. *American Economic Review* 86 (3), 610-622.

ГЛАВА 1. РЕАЛЬНЫЕ ОПЦИОНЫ

1.1 История

В эпоху Токугава в Японии, начиная примерно с 1600 года, японские купцы покупали опционы на рис. Они покупали купоны у землевладельцев - японских дворян, которые давали им право на урожай риса, точно указанный в купоне. Если ожидаемая потребность в рисе менялась, эти купцы могли свободно обменять купоны, а значит, и право на приобретение риса, на централизованном рынке - в сёгунате.¹³

Примерно в то же время, в 1630-х годах, голландцы из среднего класса торговали опционами на реальные тюльпаны. Эти цветы, привезенные в Голландию из Турции, к началу XVII века были усовершенствованы и переработаны во множество вариантов. Экзотические и очень дорогие растения вызывали восхищение своей красотой, но были доступны только очень богатым людям. Тюльпаны вскоре стали дефицитным товаром, спрос на них значительно превышал поставки, что еще больше повысило их статус. Непредсказуемая погода и климат - в отсутствие теплиц, удобрений или передачи генов - во многом определяли урожай. Эти факторы также породили тот уровень неопределенности, который в конце концов способствовал пониманию того, что на самом деле должен был появиться совершенно новый рынок: рынок будущих тюльпанов. Люди заключали контракты, которые давали им право купить тюльпаны в следующем сезоне по определенной цене, когда луковицы были еще в земле и никто не видел цветения. Если урожай окажется плохим, цены на тюльпаны вырастут еще больше, что даст владельцу контракта право купить по указанной цене, продать по преобладающей рыночной цене и получить прибыль на разнице - стоимость опциона. Опционные контракты на тюльпаны продавались не только в Нидерландах, но и в Англии. В Нидерландах тюльпаны стали самым горячим товаром в начале XVII века. Цены выросли до запредельного уровня (двадцатикратное увеличение в январе 1637 года), а вскоре после этого, в феврале 1637 года, тюльпановый пузырь лопнул. Цены были настолько высоки, что люди начали продавать их,

¹³ Marrison A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2003.

и началась лавина продаж луковиц тюльпанов, что привело к одному из первых в истории рыночных крахов.¹⁴

В 1688 году, вскоре после открытия биржи в Амстердаме, началась торговля "временными сделками", к которым относились как опционы, так и фьючерсы. В США более формализованная торговля фьючерсами и опционами началась только в середине 19 века. Chicago Board of Trade (CBOT), первая официальная фьючерсная и опционная биржа, открылась в 1848 году и начала торговать фьючерсными и опционными контрактами в 1870-х годах. 26 апреля 1973 года на Чикагской бирже опционов началась торговля опционами на акции. Торговля первыми опционами на акции в 1973 году совпала с публикацией фундаментальной работы Блэка и Шоулза. В этой работе Блэк и Шоулз вывели математическую формулу, которая позволила определить цену опционов колл на акции. Появление этой формулы способствовало росту опционных рынков и стало основой для оценки и ценообразования. Позднее эта формула и ее вариации нашли еще более широкое применение на финансовых рынках. В 1975 году другие биржи начали предлагать опционы колл, а с 1977 года стали торговать и опционами пут. Сегодня биржи во множестве стран, охватывающие более 95% мирового рынка акций, предлагают опционы на фондовые индексы.¹⁵

В то же время, когда началась торговля финансовыми опционами, академические исследователи также начали рассматривать корпоративные ценные бумаги как опционы "колл" или "пут" на активы фирмы. Фактически, именно Стюарт Майерс стал пионером концепции, согласно которой финансовые инвестиции порождают реальные опционы, а также ввел термин "реальные опционы" в 1977 году. Стюарт Майерс утверждал, что оценка возможностей финансовых инвестиций с использованием традиционного подхода DCF игнорирует стоимость опционов, возникающих в неопределенных и рискованных инвестиционных проектах. Десятилетие спустя Майерс вывел анализ опционов на новый уровень, применив эту концепцию для оценки не только корпоративных ценных бумаг, но и корпоративного бюджета и инвестиционных решений. Он писал: "Стандартные методы дисконтирования денежных потоков будут иметь тенденцию занижать стоимость опционов, связанных с развитием прибыльных направлений бизнеса. Другими словами,

¹⁴ Marrion A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом "John Wiley & Son", 2003.

¹⁵ Marrion A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом "John Wiley & Son", 2003.

инвестиции, которые не окупаются сразу, но закладывают важную основу для будущих возможностей роста, не учитываются в системе NPV. Их NPV отрицательна, но эти инвестиции покупают право на будущие денежные потоки, и эти будущие денежные потоки должны быть включены в оценку проекта. Это исследование заложило концептуальную основу для применения анализа ценообразования опционов за пределами мира финансов.

Работа Майера вызвала бурное обсуждение, и в начале 1980-х годов все чаще стали появляться сомнения в применимости традиционного DCF для инвестиционных решений, связанных с рискованными проектами. Было признано, что в инвестициях в НИОКР не учитывается ценность непредвиденных побочных результатов. Возврат на инвестиции (ROI) и DCF обвиняли в том, что пороговые ставки превышают стоимость капитала. Такие высокие пороговые ставки привели к снижению расходов на НИОКР, что поставило под угрозу конкурентные преимущества многих отраслей. В частности, корпоративные инвестиционные решения основывались на одной и той же ставке риска, используемой во всем бизнесе, несмотря на то, что риски могли различаться между исследованиями, разработкой и коммерциализацией. Неправильное использование DCF стало причиной упадка американской промышленности.

Истинная популярность теории реальных опционов началась со статьи [Brennan, Schwartz, 1985], посвященной применению реальных опционов к оцениванию природных ресурсов (добыча нефти и меди и т. п.). Ответ давался в терминах стратегии, указывающей правила определения времени начала разработки месторождения, его консервации и возобновления добычи в зависимости от случайного фактора — цены на добываемый ресурс. В том же году появилась работа [Titman, 1985], посвященная оцениванию свободного участка городской земли на основе опциона ожидания, где в качестве неопределенности выступает цена городской недвижимости. Экономической оценке времени как стратегического ресурса (при возможности отложить начало инвестиций) была посвящена другая пионерная работа [McDonald, Siegel, 1986].¹⁶

Важным этапом в становлении теории реальных опционов явилась публикация монографии [Dixit, Pindyck, 1994], в которой впервые рассмотрена общая аналитическая теория в рамках финансовой экономики с учетом положения компании на рынке.¹⁷

¹⁶ А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

¹⁷ А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

1.2 Финансовые опционы и Реальные опционы

Ниже приведена таблица №1, в которой сравниваются финансовые опционы с реальными опционами:

Таблица 1. Финансовые опционы VS Реальные опционы¹⁸

	Финансовые опционы	Реальные опционы
Цена опциона	Цена, уплачиваемая за приобретение опциона, которая устанавливается финансовыми рынками	Цена, уплаченная за приобретение или создание опциона, его поддержание и устранение неопределенности (например, цена, уплаченная за приобретение патента, его поддержание и проведение маркетинговых исследований для определения его потенциала). Цена опциона не является фиксированной (например, цена покупки патента является предметом переговоров).
Цена исполнения	Цена, уплаченная за покупку/продажу базовой акции; фиксированная стоимость, определенная в опционном контракте	Стоимость покупки/продажи базового реального актива (например, стоимость коммерциализации новой технологии - это цена исполнения опциона колл, базовым активом является прибыль от коммерциализации; цена продажи заброшенных производственных активов - это цена исполнения опциона пут, базовым активом являются производственные активы).
Дата экспирации	Определена в опционном контракте и ясно известна	Четко известны в одних случаях (например, на нефтяных месторождениях могут быть подписаны договоры аренды с опционами на бурение) и не очень в других (например, для технологических проектов, это зависит от условий рынка и конкуренции).
Сроки выплаты	Сразу же после исполнения опциона	Часто не раньше, чем через некоторое время после исполнения опциона. Может быть распределена на длительный период времени. Например, после принятия решения о коммерциализации новой технологии сама коммерциализация занимает несколько месяцев, а прибыль от продаж распределяется на многие годы.
Владелец опциона имеет контроль над его стоимостью в течение срок действия опциона	Нет контроля	Правильные действия руководства могут увеличить стоимость опциона, одновременно ограничивая потенциал снижения стоимости. Например, владелец опциона на новую, новаторскую технологию может инвестировать в разработку других дополнительных технологий, увеличивая стоимость первоначального опциона.

¹⁸ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it) (дата обращения: 29.10.2020).

1.3 Реальные опционы

Для того чтобы дать определение реальным опционам, которое и будет использоваться в данной работе, рассмотрим несколько формулировок, данных в учебниках и научных статьях.

В учебнике Муна «MR» сказано, что методология реальных опционов - это систематический подход и комплексное решение с использованием финансовой теории, экономического анализа, науки управления, науки о принятии решений, статистики и эконометрического моделирования при применении теории опционов для оценки реальных физических активов, в отличие от финансовых активов, в динамичной и неопределенной бизнес-среде, где бизнес-решения являются гибкими в контексте принятия стратегических решений о капитальных вложениях, оценки инвестиционных возможностей и проектных капитальных затрат.¹⁹

В статье «Реальные опционы как инструменты управления проектными рисками» дается следующее определение: Реальные опционы – это возможности изменить управленческое решение в соответствии с новой информацией.²⁰

В статье Бухвалова А.В. «Real Options in Management» говорится, что Реальный опцион (real option) является возможностью менеджера использовать гибкость (flexibility), встроенную в инвестиционный проект или, более общим образом, в любые решения компании. Использование реальных опционов является современным активным способом управления риском. Гибкость, встроенную в проекты, надо специально конструировать, и проекты со встроенной гибкостью имеют большую ценность.

Реальный опцион одновременно представляет собой:

1. Фактически существующий феномен, используемый менеджерами подчас чисто интуитивно;
2. Мощный понятийный аппарат разработки и принятия стратегических решений;
3. Способ уточнения чистой приведенной ценности проекта (NPV) при его анализе, позволяющий в ряде случаев более адекватно оценивать реальные активы и управлять ими.

¹⁹ Johnathan Mun. Modeling Risk – 2-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2006

²⁰ Марина Владимировна Грачева, Екатерина Андреевна Петренева Реальные опционы как инструменты управления проектными рисками // Финансовая аналитика; проблемы и решения, 2015.

Таким образом, проанализировав различные трактовки термина Реальные Опционы, я пришел к выводу, что RO - это право сделать выбор или отказаться от него, которое доступно менеджерам компании, часто в отношении бизнес-проектов или инвестиционных возможностей. Он называется "реальным", поскольку обычно относится к проектам, связанным с материальными активами (такими как машины, земля и здания, а также запасы), а не к финансовым инструментам.

Реальные опционы могут рассматриваться с двух различных позиций²¹:

1. Как чрезвычайно мощный и универсальный инструментарий решения различных задач — прежде всего, обоснования проектов капиталовложений и оценивания. В этом случае о реальных опционах говорят как о приложении теории финансовых опционов к реальным активам. Это традиционный подход. Но при таком подходе пропасть между реальными опционами и реальным менеджментом может так и остаться не преодоленной.
2. Реальные опционы являются объективно существующим универсальным управленческим процессом, эквивалентным пониманию стратегии в ее динамике, которым необходимо научиться *осознанно* управлять. Если мы *не замечаем* реальные опционы, то мы не только теряем альтернативную прибыль, но и несем прямые издержки.

Условия ведения бизнеса сопряжены с неопределенностью и рисками. Эти неопределенности несут в себе ценную информацию. Когда по прошествии времени неопределенность рассеивается, менеджеры могут внести соответствующие коррективы в середине пути путем изменения бизнес-решений и стратегий.

Таким образом, для дальнейшей работы необходимо ввести определения неопределенности и риска, которое будет в дальнейшем использоваться в данной работе.

Неопределенность – неполнота и неточность информации об условиях управления экономической системой. Неопределенность отражает объективное наличие факторов

²¹ А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

недетерминированной природы, оказывающих существенное влияние на итоговый результат принимаемого решения;

Неопределенность, связанная с возможностью отклонения от цели, ради достижения которой принималось субъективное решение, характеризуется понятием *риск*. В большинстве случаев такой риск выражается через свою количественную оценку, которая называется вариационным риском, учитывающую волатильность вокруг среднего, или ожидаемого, значения целевого параметра.²²²³

Практические кейсы использования реальных опционов

Отрасли, использующие реальные опционы в качестве инструмента для принятия стратегических решений, начались с нефтегазовых и горнодобывающих компаний, затем распространились на коммунальные услуги, биотехнологии, фармацевтику, а теперь - на телекоммуникации, высокие технологии и все отрасли промышленности. Следующие примеры рассказывают о том, как реальные опционы использовались или должны использоваться в различных компаниях.

Нефтегазовая отрасль

В нефтегазовой промышленности компании тратят миллионы долларов на реконструкцию своих нефтеперерабатывающих заводов и добавление новых технологий, чтобы создать опцион на изменение состава выпускаемой продукции: мазута, дизельного топлива и других нефтехимических продуктов в качестве конечного продукта, используя реальные опционы как средство принятия капитальных и инвестиционных решений. Этот вариант позволяет нефтеперерабатывающему заводу переключить конечный продукт на тот, который является более прибыльным в зависимости от преобладающих рыночных цен, чтобы учесть цикличность спроса и цен на рынке.²⁴

²² А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

²³ Е.М. Королькова Риск-менеджмент: Управление проектными рисками 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательство ФГБОУ ВПО «ГГТУ», 2013

²⁴ Johnathan Mun Real Option Analysis – 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2002.

Авиационная отрасль

В авиационной отрасли компания Boeing тратит миллиарды долларов и несколько лет, чтобы решить, стоит ли вообще строить ту или иную модель самолета. Если в рамках этой продуманной стратегии будет испытана не та модель, конкуренты Boeing могут сравнительно быстро получить конкурентное преимущество. Поскольку в процесс принятия решения вовлечено так много технических, инженерных, рыночных и финансовых неопределенностей, компания Boeing может создать возможность выбора путем параллельной разработки нескольких проектов самолетов одновременно, прекрасно зная о растущей стоимости одновременной разработки нескольких проектов с единственной целью устранить все, кроме одного, в ближайшем будущем. Дополнительная стоимость - это премия, выплачиваемая за опцион. Однако Boeing сможет решить, от какой модели отказаться или продолжить, когда эти неопределенности и риски станут известны с течением времени. В конце концов, все модели будут отменены, кроме одной. Таким образом, компания сможет застраховать себя от принятия неправильного первоначального решения и воспользоваться знаниями, полученными в ходе параллельных разработок.²⁵

Компьютерная отрасль

В компьютерной индустрии компания HP-Compaq прогнозировала продажи в зарубежных странах на месяцы вперед. Затем она конфигурировала, собирала и отправляла в эти страны принтеры с весьма специфической конфигурацией. Однако, учитывая, что спрос быстро меняется, а прогнозы редко бывают верными, предварительно сконфигурированные принтеры обычно страдают от более высокой стоимости хранения запасов или стоимости технологического устаревания. HP Compaq может создать возможность подождать и отложить принятие слишком ранних решений путем строительства сборочных заводов в этих зарубежных странах. Затем детали могут быть отправлены и собраны в определенные конфигурации, когда будет известен спрос, возможно, за несколько недель, а не месяцев. Эти детали могут быть отправлены в любую точку мира и собраны в любой необходимой конфигурации, а избыточные детали

²⁵ Johnathan Mun Real Option Analysis – 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2002.

взаимозаменяемы в разных странах. Премией в этом варианте является строительство сборочных заводов, а потенциал роста - экономия на ошибочных прогнозах спроса.²⁶

Отличие традиционных методов оценки проектов и метода реальных опционов

Реальные опционы полезны не только для оценки стоимости фирмы через ее стратегические бизнес-опционы, но и как стратегический бизнес-инструмент при принятии решений о капиталовложениях. Например, должна ли фирма инвестировать миллионы в новую инициативу в области электронной коммерции? Как фирма выбирает между несколькими кажущимися безналичными, дорогостоящими и убыточными проектами инфраструктуры информационных технологий? Стоит ли фирме вкладывать свои миллиарды в рискованную инициативу в области исследований и разработок? Последствия неправильного решения могут быть катастрофическими или даже смертельными для некоторых фирм. В традиционной модели дисконтированных денежных потоков на эти вопросы нельзя ответить с полной уверенностью. На самом деле, некоторые из ответов, полученных с помощью традиционной модели дисконтированных денежных потоков, являются ошибочными, поскольку модель предполагает статичный, одноразовый процесс принятия решений, в то время как подход реальных опционов учитывает стратегические управленческие возможности, которые создают определенные проекты в условиях неопределенности, и гибкость руководства в использовании или отказе от этих возможностей в различные моменты времени, когда уровень неопределенности уменьшился или стал известен с течением времени.²⁷

Таким образом, основной отличительной особенностью концепции реальных опционов от концепции чистого дисконтированного дохода является фокусировка на определении источников неопределенности, а также планировании проектов таким образом, чтобы достигнуть максимальной гибкости при его осуществлении. Гибкость управления позволяет менеджерам в процессе осуществления проекта и в зависимости от сложившихся обстоятельств принимать конкретные решения, которые способны изменить дальнейший ход реализации проекта. То есть, действуя в соответствии с целями проекта и тем самым повышая его эффективность, менеджер может: сокращать влияние негативных факторов, обнаруженных в процессе реализации проекта; развивать и увеличивать эффект

²⁶ Johnathan Mun Real Option Analysis – 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2002.

²⁷ Johnathan Mun. Modeling Risk – 2-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2006.

от положительных моментов; изменять инвестиционную или финансовую стратегию компании в зависимости от новых условий на рынке; минимизировать выявленные риски проекта; оперативно изменять стоимость и структуру капитала, используя новые способы финансирования; находить новых контрагентов с более выгодными условиями для осуществления проекта; влиять на величину денежного потока.²⁸

Виды реальных опционов

Есть несколько классификаций опционов: классификация по действию; классификация по типу неопределенности; комбинации опционов; классификация по стороне баланса. Далее подробнее рассмотрим каждую классификацию.

Классификация по действию:

Последовательные инвестиции

Последовательные инвестиции представляют собой серию взаимосвязанных проектов, осуществляемых последовательно. При этом предполагается, что каждый предыдущий проект создает необходимую среду (внутреннюю и внешнюю) для проведения следующего. При этом решение о каждом следующем проекте обладает гибкостью: мы можем выбирать подходящий момент для его начала, а также можем навсегда отказаться от реализации.²⁹

Опцион роста

Компания приобретает опцион роста, инвестируя в новый рынок, новую линию продукции или новую технологию. Такие инвестиции часто требуют больших первоначальных затрат, что оправдывает ожидаемый доход. Другими словами, NPV дает отрицательный результат. Однако ценность этой инвестиционной возможности обусловлена созданием будущих возможностей роста. Например: если новая линейка продукции окажется успешной в пилотной области рынка, производство и запуск можно расширить; если первоначальный опыт использования новой технологии производства на экспериментальном заводе снижает затраты и повышает эффективность, технология может быть внедрена на всем предприятии.

²⁸ Алиев Э.Э. Современные методы анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов // Санкт-Петербургский государственный университет, 2018.

²⁹ А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

Опционы роста создают инфраструктуру и возможности для будущего расширения и, следовательно, имеют стратегическую ценность. Данный тип опционов существуют в любой отрасли, но они могут быть особенно важны для высокотехнологичных компаний.³⁰

Опцион прекращения

Опцион прекращения - это опцион "пут", право на продажу акций или активов и возмещение ликвидационной стоимости после изменения рыночных условий или несбывшихся ожиданий рынка. По сути, опцион "пут" - это хедж против экономического спада. Опцион на отказ от проекта и ликвидацию его активов был одним из первых реальных опционов, к которым была применена теория ценообразования опционов. Продажа актива компенсирует потери и позволяет инвестировать в новые активы или более ценные реальные опционы.³¹

Опцион варьирования объемами и разнообразием продукции

Варьирование объемами и разнообразием продукции, как в большую, так и в меньшую сторону, является важной гибкостью, которую надо специально встраивать в технологии. Возможность расширения или сокращения признает, что руководство изменяет масштаб и темпы расходования ресурсов при изменении рыночных условий. Возможность роста подразумевает, что инвестиции могут быть разбиты на последовательность постепенных шагов, которые развиваются друг за другом, причем каждый шаг способствует росту.³²

Классификация по типу неопределенности

Радужный опцион

Радужным (rainbow option) называется опцион [Copeland, Antikarov, 2001], зависящий от нескольких видов неопределенности. Моделирование радужных опционов является технически достаточно сложной задачей. Теоретически все опционы являются

³⁰ Marrison A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2003.

³¹ Johnathan Mun Real Option Analysis – 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2002.

³² Marrison A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2003.

радужными, но всегда целесообразно постараться выделить основной вид неопределенности, влияющий на задачу.³³

Комбинации опционов

Опционы переключения

Реальный опцион переключения отражает управленческую гибкость, позволяющую изменять методы работы любого конкретного предприятия. Это включает в себя изменение входных или выходных параметров, объема, процессов и глобального местоположения. Бреннер и Шварц впервые применили опцион на переключение в горнодобывающей промышленности, проанализировав закрытие и открытие шахты как две крайние точки переключения операций. Аналогичным образом, Диксит рассматривает ценность управленческой гибкости для входа или выхода на любой рынок в качестве варианта переключения. Кулатилака исследует возможность переключения между двумя различными видами энергии при эксплуатации предприятия. Часто переключение относится к технологии; например, одна технология может быть более экономически эффективной в странах с высоким спросом, а другая - в странах с низким спросом. Наличие гибкости для обмена или переключения между технологиями создает ценность, поскольку позволяет руководству оптимально реагировать на будущие неопределенности. Интеграция гибкости в развитие недвижимости, например, позволяет в будущем переключаться между различными видами использования, такими как аренда квартир и кондоминиумов, офисные и торговые помещения. Создание операционной гибкости, способствующей широкому использованию имеющихся активов, создает реальную возможность переключения. Ценность такой гибкости возрастает по мере того, как уменьшается соотношение доходов от различных видов использования, а также затраты на перепланировку и смену вида использования. Ценность опции перехода снижает критический порог для инвестиций, а также влияет на время принятия инвестиционного решения.³⁴

³³ Marrion A. Brach REAL OPTIONS IN PRACTICE. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2003.

³⁴ Марина Владимировна Грачева, Екатерина Андреевна Петренева Реальные опционы как инструменты управления проектными рисками // Финансовая аналитика; проблемы и решения, 2015.

Составные опционы

Составной опцион – это опцион, который имеет в качестве базисной неопределенности другой опцион. Если подходить к вопросу очень строго, то почти все опционы являются составными. Однако явное использование составных опционов при анализе бизнес-стратегий пока является экзотикой.³⁵

1.4 Моделирование опционов

Как уже говорилось, анализ реальных опционов не заменяет, а скорее расширяет метод дисконтирования денежных потоков. Создавая "карту", на которой обозначены условные решения, эта методика помогает аналитику очертить возможные пути развития проекта и в любой момент подсказывает правильное решение для максимизации отдачи от проекта. Она гораздо более гибкая, чем детерминированный метод дисконтирования денежных потоков, который предусматривает только один путь для принятия инвестиционных решений.

Первое, что необходимо оценить, это неопределенность, связанную с проектом: если неопределенности нет, руководство может принять решение сегодня и стоимость опциона отсутствует, в то время как более высокая неопределенность создает возможности для принятия управленческих решений в будущем, что отражается в более высокой стоимости опциона. После того как вы убедились, что подход на основе реальных опционов может повысить ценность проекта, вы можете выполнить расчет чистой приведенной стоимости, используя традиционный метод дисконтирования денежных потоков (используется ставка дисконтирования с поправкой на риск). Затем вы можете выбрать один из различных методов, чтобы включить в расчет инвестиционные затраты (которые становятся ценой исполнения опциона) и стоимость, создаваемую неопределенностью стоимости актива и гибкостью, обусловленной условным решением.

Решения по реальным опционам основаны на моделях, разработанных для ценообразования финансовых опционов. Прорыв, отмеченный Нобелевской премией тремя экономистами Массачусетского технологического института - Фишером Блэком, Робертом Мертоном и Майроном Скоулзом - проложил путь к простому и элегантному решению проблем финансовых опционов, что, в свою очередь, стало основой для применения реальных опционов. Для расчета стоимости опционов существует несколько методов, и в рамках каждого метода есть множество альтернативных вычислительных техник для

³⁵ А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.

работы с математикой. Выбор зависит от желаемой простоты, доступных исходных данных и обоснованности метода для конкретного приложения.

Модель Блэка-Шоулза-Мертон: Этот сложный метод расчета стоимости опциона колл/пут был разработан в 1973 году профессорами Фишером Блэком и Майроном Шоулзом и основан на результатах предшествующего исследования Роберта Мертона и Пола Самуэльсона. Математическая основа модели сложна; вывод окончательных уравнений частного дифференциала включает решение уравнения частного дифференциала с заданными граничными условиями (тип опциона, стоимость опциона в известных точках и экстремумах и т.д.), которые описывают изменение стоимости опциона в зависимости от измеримых изменений определенных переменных на рынке. В закрытой форме аналитического решения дифференциального уравнения стоимость опциона задается только одним уравнением, называемым уравнением Блэка-Шоулза, которое для опциона колл имеет вид³⁶

$$C = N(d_1)S_0 - N(d_2)X^{(-rT)}$$

где C = стоимость опциона колл, S_0 = текущая стоимость базового актива, X = стоимость инвестиций или цена исполнения, r = безрисковая норма доходности, T = время до истечения срока, $d_1 = [\ln(S_0/X) + (r + 0.5\sigma^2)T] / \sigma\sqrt{T}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$, σ = годовая волатильность будущих денежных потоков базового актива, а $N(d_1)$ и $N(d_2)$ - значения стандартного нормального распределения при d_1 и d_2 (мы обсудим все эти входные параметры позже), в то время как для опциона пут:³⁷

$$P = N(-d_2)X^{(-rT)} - N(-d_1)S_0$$

где P = стоимость опциона пут, а все остальные параметры такие же, как и выше.

Уравнение Блэка-Шоулза просто в использовании и широко применяется в оценке финансовых опционов; однако его применение в анализе реальных опционов ограничено. Прежде всего, Блэк и Шоулз разработали свою модель для европейских финансовых опционов, что означает, что опцион исполняется только на фиксированную дату и в течение срока действия опциона дивиденды не выплачиваются; несоответствие с моделью реальных опционов очевидно, поскольку реальные опционы могут быть исполнены в любое время в течение срока их действия и могут иметь место утечки, которые эквивалентны дивидендам по финансовой ценной бумаге. Существуют корректировки, которые могут быть сделаны

³⁶ Брейли М., Майерс С. 1997. Принципы корпоративных финансов. Пер. с 4-го англ. издания. М.: Олимп_Бизнес.

³⁷ Там же

для учета этих утечек, но только если они равномерны, и в любом случае это приводит к усложнению использования формулы.³⁸

В формуле Блэка-Шоулза предполагается логнормальное распределение стоимости базового актива, что может не соответствовать действительности в случае денежных потоков, связанных с реальными активами; он также предполагает, что рост стоимости базового актива происходит непрерывно, что диктуется его волатильностью, и не учитывает резких взлетов и падений. Он допускает только одну цену исполнения опциона, которая может меняться для реального опциона в течение срока его действия. Хотя некоторые из этих ограничений могут быть преодолены путем внесения корректировок в подход Блэка-Шоулза, и без того сложная модель становится еще более сложной.

Решетки: Решетки выглядят как деревья решений и, по сути, представляют собой ветвящееся дерево, в котором в форме дерева представлена эволюция возможных значений базового актива в течение срока действия опциона. Подход аналогичен анализу дерева решений: просчитав все возможные исходы, оптимизируйте будущие решения, исполняющие опцион, где это уместно, а затем рекурсивно объедините результаты, возвращаясь к корню дерева, чтобы получить стоимость опциона. Наиболее часто используемыми решетками являются биномиальные деревья. Биномиальная модель может быть представлена биномиальным деревом, показанным на рисунке №2. S_0 - это начальная стоимость актива. На первом временном интервале она либо повышается, либо понижается, а затем продолжает повышаться или понижаться на последующих временных интервалах. Движения вверх и вниз представлены коэффициентами u и d , где $u > 1$, а $d < 1$, и мы принимаем $u = 1/d$. Величина этих коэффициентов зависит от волатильности базового актива.³⁹

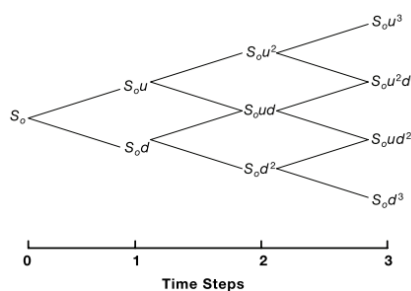


Рис. 1. Биномиальное дерево

³⁸ Брейли М., Майерс С. 1997. Принципы корпоративных финансов. Пер. с 4-го англ. издания. М.: Олимп_Бизнес.

³⁹ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: [Project Valuation Using Real Options Analysis \(unipd.it\)](http://Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it)) (дата обращения: 29.10.2021).

Первый временной шаг биномиального дерева имеет два узла, показывающих возможные значения актива (S_{0u} , S_{0d}) в конце этого временного периода.

Второй временной шаг дает три узла и значения активов (S_{0u^2} , S_{0ud} , S_{0d^2}), третий временной шаг - четыре (S_{0u^3} , S_{0u^2d} , S_{0ud^2} , S_{0d^3}) и так далее. Последние узлы в конце биномиального дерева представляют собой диапазон возможных стоимостей активов в конце срока жизни опциона.⁴⁰

Общая временная длина решетки является сроком жизни опциона и может быть представлена сколь угодно большим количеством временных шагов. В то время как диапазон (минимум и максимум) значений результатов в конце решетки может существенно не измениться с увеличением количества временных шагов, количество возможных исходов увеличивается экспоненциально, и их кривая распределения частот станет более гладкой. Чем больше количество временных шагов, тем выше уровень точности оценки опционов.

1.5 Необходимые переменные при оценке реальных опционов

Стоимость базового актива (S_0): Стоимость базовой ценной бумаги в нулевой момент времени представляет собой стоимость базового актива и легко известна для финансового опциона, поскольку это торгуемая ценная бумага. Однако в случае реальных опционов стоимость актива оценивается на основе денежных потоков, которые, как ожидается, актив будет генерировать в течение производственной фазы жизненного цикла проекта. Приведенная стоимость ожидаемых свободных денежных потоков на основе расчета DCF считается стоимостью базового актива. В рамках этого стандартного расчета аналитик должен спрогнозировать доходы на основе предполагаемой доли рынка, количества единиц продукции, которые предполагается продать, цены за единицу, затрат, связанных с этими продажами, и так далее. Скорее всего, с этими оценками будет связана большая неопределенность, поэтому при расчете дисконтированного денежного потока вы будете использовать соответствующую ставку дисконтирования с учетом риска.⁴¹

При расчете стоимости базового актива, если вы работаете с долгосрочными опционами, возникает несколько проблем: в процессе изменения стоимости могут происходить скачки, резкие подъемы и спады, обычно из-за неожиданного поворота событий, совершенно не поддающихся контролю. Такие скачки трудно учесть с помощью

⁴⁰ Там же

⁴¹ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: [Project Valuation Using Real Options Analysis \(unipd.it\)](http://Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it)) (дата обращения: 29.10.2021).

метода Блэка-Шоулза, но биномиальный метод позволяет легко внести поправки. Базовая модель Блэка-Шоулза предполагает, что в течение срока действия опциона дивиденды (отрицательные денежные потоки) не выплачиваются, а стоимость базового актива изменяется так, как диктует только фактор волатильности. В реальных опционах как отрицательные денежные потоки, эквивалентные дивидендам, так и положительные денежные потоки могут повлиять на стоимость базового актива, и эти "утечки" должны быть скорректированы соответствующим образом. Эти изменения не связаны с волатильностью стоимости актива, диктуемой рыночными условиями или процессами скачков, упомянутыми выше. Примерами положительных утечек денежных потоков являются доходы от роялти и проценты, а оттоками денежных средств могут быть платежи за роялти, расходы на хранение и т.д. Утечка может быть постоянной или изменяться в течение срока действия опциона. Поправки на утечку могут быть включены как в модель Блэка-Шоулза, так и в биномиальную модель, хотя последняя обеспечивает большую гибкость и делает результаты более прозрачными.⁴²

Волатильность стоимости базового актива и коэффициент волатильности (σ):

Волатильность является важной входной переменной, которая может оказать значительное влияние на стоимость опциона и, вероятно, является самой сложной переменной для оценки в проблемах реальных опционов. Она представляет собой меру изменчивости общей стоимости базового актива в течение его срока службы, как неопределенность, связанную с денежными потоками, составляющими стоимость базового актива. Фактор волатильности σ , используемый в моделях опционов, представляет собой волатильность норм доходности, которая измеряется как стандартное отклонение натурального логарифма доходности денежных потоков, которые представляют собой отношение денежного потока определенного временного периода к предыдущему. В любой модели опционов используемый коэффициент волатильности должен соответствовать временному шагу, используемому в соответствующих уравнениях. Например, если временные шаги годовые, то коэффициент волатильности должен быть годовым. Коэффициент волатильности, основанный на одном временном интервале, может быть преобразован в другой с помощью следующего уравнения:

$$\sigma(T_2) = \sigma(T_1) * \sqrt{T_2 / T_1}$$

где $\sigma(T_2)$ и $\sigma(T_1)$ - коэффициенты волатильности на временных шагах T_2 и T_1 , соответственно.

⁴² Там же

Волатильность является функцией неопределенности, связанной с несколькими переменными, которые контролируют денежные потоки: цена единицы продукции, количество, ожидаемое к продаже, маржа и т. д. Вы можете разделить вариации, если считаете, что контролируемые переменные независимы друг от друга, по-разному изменяются с течением времени и по-разному влияют на стоимость актива. Если эти источники неопределенности некоррелированы, разделение вариаций и использование радужной стоимости опциона делает ее лучшей оценкой и дает вам более полезное понимание проблемы. Когда таких независимых источников неопределенности больше двух, вы можете провести предварительный анализ, чтобы определить, какие две из переменных оказывают наибольшее влияние на стоимость актива, и сосредоточиться на них. В качестве альтернативы вы можете решить объединить все неопределенности в одну совокупную величину и использовать ее при решении модели опционов.⁴³

Поскольку историческая информация по реальным опционам обычно недоступна, оценка волатильности представляет собой сложную задачу. Вот некоторые из часто используемых методов:

1. Моделирование методом Монте-Карло позволяет получить множество профилей денежных средств, которые моделируются в течение срока реализации проекта; коэффициент волатильности рассчитывается для каждого профиля с использованием метода логарифмической доходности денежных потоков. Таким образом, этот метод позволяет получить столько коэффициентов волатильности, сколько симуляций, тем самым обеспечивая распределение этих коэффициентов, а не только один. Исходные данные (ожидаемое среднее значение и дисперсия входных переменных, таких как доходы, затраты и коэффициент дисконтирования) могут быть получены на основе исторической информации или оценок руководства. Хотя многие входные переменные вносят вклад в стоимость актива, обычно только некоторые из них оказывают наибольшее влияние. Специалисты-практики обычно определяют такие переменные, выполняя первоначальный анализ чувствительности, и сосредотачиваются на них в имитационном моделировании для расчета коэффициента волатильности. Этот метод дает наиболее глубокую информацию о волатильности стоимости базового актива, поскольку он предлагает распределение коэффициента волатильности, которое можно использовать при оценке чувствительности

⁴³ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).

стоимости реальных опционов анализируемого проекта к коэффициенту волатильности.

2. Подход с использованием проектных прокси - это косвенный подход к оценке коэффициента волатильности базового актива. Он использует в качестве косвенного показателя данные исторического проекта, который, как предполагается, имеет рыночные показатели и профиль денежных потоков, аналогичные рассматриваемому проекту. Это означает использование коэффициента волатильности предыдущего проекта, который имеет реальную рыночную информацию.
3. Рыночный подход аналогичен подходу проектного подхода, за исключением того, что вместо информации о денежных потоках от аналогичного исторического проекта используется цена акций на момент закрытия публично торгуемой компании, которая имеет профиль денежных потоков и риски, сопоставимые с рассматриваемым проектом.

Цена исполнения: В то время как в финансовых опционах исполнение происходит мгновенно, в мире реальных опционов исполнение опциона обычно включает такие действия, как разработка продукта или запуск крупной маркетинговой кампании, которые не происходят мгновенно, а занимают длительное время. Это сокращает истинный срок жизни опциона по сравнению с заявленным сроком. Например, реальный срок действия опциона на превращение патента в товарный продукт меньше заявленного срока действия из-за длительного времени разработки и коммерциализации продукта.

Цена исполнения или инвестиционная стоимость, чувствительность которой необходимо оценить, непосредственно влияют на стоимость опциона. Возможно, что цена исполнения может измениться в течение срока действия опциона, поэтому уравнения оценки опциона должны быть скорректированы соответствующим образом.

Срок действия опциона: Если для финансового опциона время до погашения четко известно, то для реального опциона в большинстве случаев это не так. Часто вы не знаете точно, как долго будет существовать возможность исполнить опцион, и обычно не существует крайнего срока, к которому должно быть принято решение. Срок действия опциона должен быть достаточно долгим, чтобы неопределенность рассеялась, но не настолько долгим, чтобы стоимость опциона стала бессмысленной из-за появления конкурентов за это время. В случае финансового опциона стоимость опциона

увеличивается со временем до срока погашения, поскольку диапазон возможных значений выплат увеличивается при длительных сроках, тем самым повышая потенциал роста. В случае реальных опционов эта зависимость не столь прямая, за исключением случаев, когда речь идет о собственных или запатентованных активах. Проблемы, связанные с потерей доли рынка из-за позднего выхода на рынок, потерей преимущества первенства, конкурентными угрозами и так далее, могут снизить стоимость опциона даже при увеличении времени до погашения.⁴⁴

Безрисковая процентная ставка: Безрисковая годовая процентная ставка, используемая в моделях реальных опционов, обычно определяется на основе спотовой ставки доходности Казначейства США, а срок ее погашения эквивалентен сроку до погашения опциона. В моделях Блэка-Шоулза и биномиальной модели используются непрерывно компаундируемые ставки дисконтирования в отличие от дискретно компаундируемых ставок. Непрерывная ставка может быть рассчитана на основе дискретно компаундированной ставки следующим образом:

$$r_f = \ln(1 + r_d)$$

где r_f и r_d - непрерывно и дискретно компаундированные безрисковые ставки, соответственно.⁴⁵

Моделирование и Метод наименьших квадратов Монте-Карло

Моделирование: Метод моделирования для решения проблем реальных опционов похож на метод Монте-Карло для анализа дисконтированных денежных потоков. Он предполагает моделирование тысяч путей, по которым может двигаться стоимость базового актива в течение срока действия опциона, учитывая границы конуса неопределенности (рисунок 1), определяемые волатильностью стоимости актива.⁴⁶

⁴⁴ Брейли М., Майерс С. 1997. Принципы корпоративных финансов. Пер. с 4-го англ. издания. М.: Олимп_Бизнес.

⁴⁵ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).

⁴⁶ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).

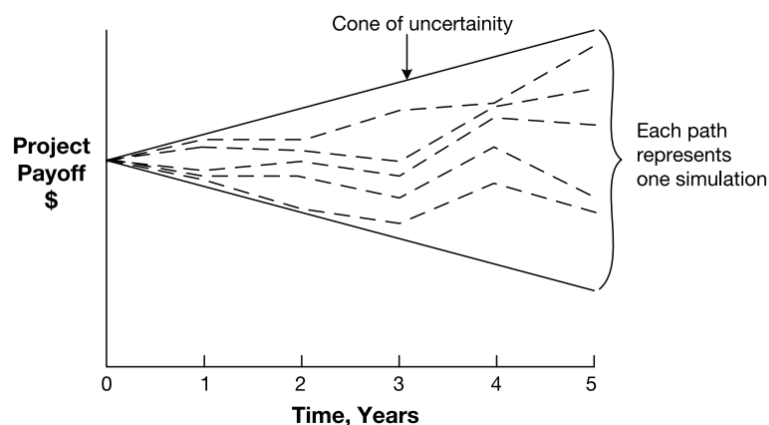


Рис. 2. Моделирование по методу Карло и конус неопределенности

В методе имитационного моделирования срок жизни опциона делится на выбранное количество временных шагов, и проводятся тысячи имитаций для определения стоимости актива на каждом шаге каждой имитации. В момент времени = 0, для каждой симуляции, вы начинаете с ожидаемой стоимости базового актива (S_0). На следующем шаге стоимость актива, которая может расти или падать, рассчитывается с помощью следующего уравнения с функцией случайной переменной:⁴⁷

$$S_t = S_{t-1} + S_{t-1}(r * \delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\delta t})$$

где S_t и S_{t-1} - стоимость базового актива в момент времени t и $t - 1$ соответственно: σ - волатильность стоимости базового актива, а ϵ - смоделированное значение из стандартного нормального распределения, обычно принимаемого со средним нулевым и дисперсией 1. Стоимость активов рассчитывается для каждого временного шага до конца срока действия опциона. Каждая полученная стоимость проекта затем дисконтируется до сегодняшнего дня с использованием безрисковой ставки; среднее значение этих величин из всех имитаций является стоимостью опциона для проекта.⁴⁸

Моделирование легче применяется к европейским опционам, где существует фиксированная дата исполнения. Вычисления, однако, становятся утомительными при моделировании всех возможных дат исполнения для американского опциона. Это становится еще более сложной задачей, когда речь идет о последовательных опционах,

⁴⁷ Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: Project Valuation Using Real Options Analysis (unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).

⁴⁸ Там же

поскольку каждое решение приводит к новому пути. Это может потребовать миллионов симуляций, что может быть огромной вычислительной задачей даже на современных быстрых компьютерах.

Метод Наименьших квадратов Монте-Карло (LSM): В данной работе для оценки зарубежных инвестиционных проектов будет использоваться метод наименьших квадратов или же Least Squares Monte Carlo (LSM).

Моделирование Монте-Карло имеет одно существенное преимущество перед другими методами: оно может быть использовано для оценки условных требований, значения переменных состояния которых могут быть обусловлены различными стохастическими процессами. Однако в данной работе внимание ограничивается условными требованиями по активам, цены которых следуют (коррелированному) геометрическому броуновскому движению:

$$dX_t = (\mu - \delta)X_t dt + \sigma X_t dW \quad (1.1)$$

где $X_t > 0$, μ и σ - соответственно, параметр дрейфа и мгновенная волатильность, δ - дивидендная или удобная доходность, которая может быть, в контексте реальных опционов, ставкой потерянных денежных потоков. Наконец, dW - это приращение винеровского процесса.⁴⁹

Если предположить полноту рынка, то существует единственная риск-нейтральная вероятностная мера, при которой стохастический процесс цены актива имеет вид:

$$dX_t = (r - \delta)X_t dt + \sigma X_t dW \quad (1.2)$$

где r - безрисковая процентная ставка.

Стоимость американского опциона с выплатой $\Pi(t, X_t)$, который может быть исполнен с момента t до момента T , составляет:

$$F(t, X_t) = \max_{\tau} \left\{ E_t^* \left[e^{-r(\tau-t)} \Pi(\tau, X_{\tau}) \right] \right\} \quad (1.3)$$

⁴⁹ Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.

где τ - оптимальное время остановки ($\tau \in [t, T]$), а $E_{t_n}^* [\cdot]$ обозначает нейтральное ожидание риска, обусловленное информацией, доступной в момент t .⁵⁰

Лонгстафф и Шварц (2001) предложили алгоритм моделирования Монте-Карло для оценки американских опционов, описываемый уравнением 1.3, которое можно аппроксимировать, разделив время до погашения (T) на N интервалов с длиной равной $\Delta t = \frac{T}{N}$. Затем базовые переменные состояния (X) моделируются с помощью K путей. Предполагая, что опцион может быть исполнен только в дискретное время, в интервале $[0, T]$, оптимальное время остановки может быть получено с помощью следующего уравнения Беллмана⁵¹:

$$F(t_n, X_{t_n}) = \max \left\{ \Pi(t_n, X_{t_n}), e^{-r(t_{n+1}-t_n)} E_{t_n}^* \left[F(t_{n+1}, X_{t_{n+1}}) \right] \right\} \quad (1.4)$$

Обозначим значение продолжения через:

$$\Phi(t_n, X_{t_n}) = e^{-r(t_{n+1}-t_n)} E_{t_n}^* \left[F(t_{n+1}, X_{t_{n+1}}) \right] \quad (1.5)$$

Где $\Phi(T, X_T) = 0$

Оптимальное время остановки для каждого пути ($\tau(\omega)$) вычисляется, начиная с T и двигаясь назад, применяя следующее правило:

$$\text{если } \Phi(t_n, X_{t_n}(\omega)) \leq \Pi(t_n, X_{t_n}), \text{ то } \tau(\omega) = t_n \quad (1.6)$$

На дату погашения стоимость продолжения равна нулю, поскольку опцион больше не доступен. В момент t_n , предшествующий моменту T , держатель опциона должен сравнить доход от немедленного исполнения, который известен ($\Phi(t_n, X_{t_n})$), со стоимостью продолжения, которая неизвестна и является ожидаемой условной стоимостью будущих денежных потоков. Когда условие 1.6 выполняется, время остановки, $\tau(\omega)$, обновляется. Стоимость американского опциона рассчитывается в среднем по всем путям⁵²:

⁵⁰ Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.

⁵¹ Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.

⁵² Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.

$$F(0, x) = \frac{1}{K} \sum_{\omega=1}^K e^{-r\tau(\omega)} \Pi(\tau(\omega), X_{\tau(\omega)}(\omega)) \quad (1.7)$$

Основной вклад подхода LSM заключается в расчете стоимости продолжения (Φ), которая представляет собой ожидаемую стоимость будущих денежных потоков от оптимального исполнения, обусловленную информацией, доступной на текущую дату. Пусть $\Pi(t, s, \tau, \omega)$ - это денежный поток для ω -го пути, возникающий в результате оптимального исполнения опциона на s ($t < s \leq T$), предполагая, что он не был исполнен в момент t или ранее.

Таким образом, значение стоимости продолжения в момент t_n равно:

$$\Phi(t_n, X_{t_n}) = E_{t_n}^* \left[\sum_{i=n+1}^N e^{-r(t_i - t_n)} \Pi(t_n, t_i, \tau, \cdot) \right] \quad (1.8)$$

Где

$$\Pi(t, s, \tau, \omega) = \begin{cases} \Pi(s, X_s(\omega)); & \text{if } \tau(\omega) = s \\ 0 & \end{cases}$$

Поскольку Φ принадлежит гильбертовому пространству Ω^2 , оно может быть представлено счетным ортонормальным базисом, и условное ожидание может быть вытеснено линейной комбинацией элементов базиса, $\Phi(t, X_t) = \sum_{j=1}^{\infty} \phi(t) L_j(t, X_t)$. Значение стоимости продолжения может быть аппроксимировано с помощью первого базиса $J < \infty$: $\Phi^J(t, X_t) = \sum_{j=1}^J \phi(t) L_j(t, X_t)$, где $\phi(t)$ рассчитывается с помощью регрессии по методу наименьших квадратов, предложенной Лонгстаффом и Шварцем, или любым другим подходящим методом регрессии. Значение стоимости продолжения, оцененное с помощью регрессии, затем используется для расчета оптимального времени остановки:

$$\hat{\Phi}^J(t_n, X_{t_n}) = \sum_{j=1}^J \hat{\phi}(t) L_j(t_n, X_{t_n}) \quad (1.9)$$

Лонгстафф и Шварц утверждают, что использование в регрессии только путей, где опцион в деньгах дает, помимо более быстрого алгоритма, оценки стоимости опциона с меньшими стандартными ошибками.⁵³

⁵³ Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.

ГЛАВА 2. МОДЕЛЬ

В данной работе делается акцент на оценке зарубежных нефтяных инвестиций и не рассматриваются барьеры для входа нефтяных компаний в страны-объекты инвестиций (ресурсы). Оценка включает период строительства нефтяного проекта и период разработки (эксплуатации). Период разведки не рассматривается. Во время строительства нефтяного проекта нефтяная компания может принять решение о продолжении инвестиций или отказе от проекта в соответствии с новой информацией на каждом инвестиционном этапе. Она имеет право использовать опцион на отказ от проекта для прекращения нефтяного проекта на любом инвестиционном этапе. Как правило, на начальном этапе нефтяная компания подписывает контракт с местными органами власти, в котором указываются годы разработки нефтяного месторождения и общая сумма инвестиций. Предполагая, что общий период разработки нефтяного месторождения составляет T лет, для целей оценки мы разделим T лет на N периодов, каждый из которых имеет продолжительность $\Delta t = T / N$ и определяется $t_n = n\Delta t$, $n=0,1,\dots,N$.

2.1 Моделирование факторов неопределенности

Цена на нефть

Изменения цен на нефть напрямую влияют на выгоду от инвестиций в зарубежные месторождения, поэтому они оказывают значительное влияние на принятие решений по нефтяным проектам. Здесь предполагается, что международная цена на нефть следует геометрическому броуновскому движению (Pindyck, 1997)⁵⁴:

$$dP_{Oil} = \alpha_p P_{Oil} dt + \sigma_p P_{Oil} dz_p \quad (2.1)$$

Где P_{Oil} - цена на нефть в доллар США/баррель; dz_p - независимые приращения винеровского процесса $dz_p = \varepsilon_p \sqrt{dt}$, где ε_p - нормально распределенная случайная величина с 0 математическим ожиданием и стандартным отклонением 1; а α_p , σ_p и σ_p -

⁵⁴ Pindyck, R.S. 1999. The long-run evolution of energy prices. MIT-CEEPR working papers, available at: <http://mit.dspace.org/handle/1721.1/45087>.

параметры дрейфа и дисперсии цены на нефть, соответственно. При моделировании дискретная аппроксимация процесса цены на нефть:

$$P_{Oil}(t_{t+1}) = P_{Oil}(t_i) \exp(\alpha_p \Delta t + \sigma_p (\Delta t)^{1/2} \varepsilon_p) \quad (2.2)$$

Обменный курс

Как цены на нефть, так и зарубежные инвестиции деноминированы в долларах США. Изменение курса доллара США в определенной степени повлияет на цену на нефть и оценку зарубежных месторождений. Здесь предполагается, что обменный курс следует геометрическому броуновскому движению (Fan and Zhu, 2010)⁵⁵:

$$dS_E = \alpha_S S_E dt + \sigma_S S_E dz_S \quad (2.3)$$

Где S_E - обменный курс между валютой страны-инвестора и долларом США; dz_S - независимые приращения винеровского процесса $dz_S = \varepsilon_S \sqrt{dt}$, где ε_S - нормально распределенная случайная величина с 0 математическим ожиданием и стандартным отклонением 1; а α_S и σ_S - параметры дрейфа и дисперсии обменного курса, соответственно. При моделировании дискретная аппроксимация процесса обменного курса имеет вид:

$$S_E(t_{t+1}) = S_E(t_i) \exp(\alpha_S \Delta t + \sigma_S (\Delta t)^{1/2} \varepsilon_S) \quad (2.4)$$

Инвестиционная среда

Инвестиционная среда является необходимым внешним условием для зарубежной инвестиционной деятельности. В нашей работе добавлен фактор инвестиционной среды в стоимость добычи нефти. Нордал (2001) использовал метод реальных опционов для изучения влияния риска в странах с развивающимися рынками на прямые иностранные инвестиции, добавив страновой риск к оценке проекта. Он определил переменную "страна-

⁵⁵ Fan, Y., Zhu, L. 2010. A Real Options Based Study on Overseas Oil Investment and its application in China's Overseas Oil Investment. *Energy Economics* 32: 627-637.

государство" и предположил, что эта переменная следует геометрическому броуновскому движению. Инвестиционная среда, как важный аспект странового риска, должна учитываться при оценке зарубежных инвестиций с длительным периодом эксплуатации. В работе предполагается, что инвестиционная среда в основном влияет на стоимость добычи нефти, и мы используем неопределенность стоимости добычи нефти для представления неопределенности инвестиционной среды. Такой подход подразумевает, что, с одной стороны, стоимость добычи нефти может в некоторой степени отражать качество нефти разных стран и географическое разнообразие, а с другой стороны, что неопределенность будущей стоимости добычи нефти вызвана изменениями в инвестиционной среде. Поскольку мы используем неопределенность стоимости добычи нефти для отражения влияния инвестиционной среды на оценку инвестиций в зарубежную нефть, здесь предполагается, что инвестиционная среда следует геометрическому броуновскому движению⁵⁶:

$$dC_{oil} = \alpha_C C_{oil} dt + \sigma_C C_{oil} dz_C \quad (2.5)$$

Где C_{oil} - стоимость добычи нефти в единицах доллара США/баррель; dz_C - независимые приращения винеровского процесса $dz_C = \varepsilon_C \sqrt{dt}$, где ε_C - нормально распределенная случайная величина с 0 математическим ожиданием и стандартным отклонением 1; а α_C и σ_C - параметры дрейфа и дисперсии инвестиционной среды (стоимости добычи нефти), соответственно. При моделировании дискретная аппроксимация процесса затрат на добычу нефти имеет вид:

$$C_{oil}(t_{i+1}) = C_{oil}(t_i) \exp(\alpha_C \Delta t + \sigma_C (\Delta t)^{1/2} \varepsilon_C) \quad (2.6)$$

Инвестиционные затраты

Как только нефтяная компания начинает инвестировать в зарубежное нефтяное месторождение, на начальном этапе, предполагая, что K_{Inv} - это ожидаемые общие инвестиционные затраты на строительство проекта, общие инвестиции, остающиеся в

⁵⁶ Nordal, K.B. 2001. Country risk, country risk indices and valuation of FDI: a real options approach. *Emerging Markets Review* 2: 197–217.

момент времени t_i , составляют $K_{Inv}(t_i)$. Инвестиционные расходы каждого временного периода определяются как I_{Inv} . Поскольку зарубежные нефтяные инвестиции сильно связаны с международными ценами на нефть, здесь I_{Inv} задается как линейная функция цены на нефть, $I_{Inv}(t_i) = iP_{Oil}(t_i)$, где i - ставка инвестиций в нефтяной проект. Это означает, что инвестиционные расходы каждого периода будут увеличиваться по мере роста цен на нефть, что может ускорить завершение проекта.

Поскольку капитальный бюджет зарубежных нефтяных инвестиций довольно велик, такие крупные инвестиции неизбежно сталкиваются с неопределенностью (например, неопределенностью технологии разведки и геологического состояния нефтяного месторождения). Эти неопределенности будут вызывать изменения в оставшихся инвестициях в каждом периоде, что приведет к тому, что фактическая сумма инвестиций будет отличаться от бюджета капиталовложений, указанного в контракте. Здесь предполагается, что оставшийся общий объем инвестиций K_{Inv} является неопределенным, чтобы отразить неопределенность стоимости инвестиций в зарубежную нефть (Dixit и Pindyck, 1994), K_{Inv} следует управляемому процессу диффузии⁵⁷:

$$dK_{Inv} = -I_{Inv} dt + \beta [I_{Inv} K_{Inv}]^{0,5} dx \quad (2.7)$$

Где β - это масштабный параметр, представляющий неопределенность, окружающую K_{Inv} ; dx - независимые приращения винеровского процесса $dx = \varepsilon \sqrt{dt}$, где ε - нормально распределенная случайная величина с 0 математическим ожиданием и стандартным отклонением 1. Дисперсия K_{Inv} равна $Var(K_{Inv}) = \left(\frac{\beta^2}{2 - \beta^2} \right) K_{Inv}^2$, таким образом, неопределенность стоимости нефтяных инвестиций снижается по мере уменьшения K_{Inv} (Dixit and Pindyck, 1994). При моделировании дискретная аппроксимация процесса остаточных инвестиционных затрат имеет вид⁵⁸:

⁵⁷ Dixit, A.K., Pindyck, R.S. 1994. *Investment Under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton NJ.

⁵⁸ Dixit, A.K., Pindyck, R.S. 1994. *Investment Under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton NJ.

$$K_{Inv}(t_{t+1}) = K_{Inv}(t_i) - iP_{Oil}(t_i)\Delta t + \beta[iP_{Oil}(t_i)K_{Inv}(t_i)]^{1/2}(\Delta t)^{1/2}\varepsilon_x \quad (2.8)$$

Данная модель предполагает, что расходы каждого временного периода I_{Inv} являются линейной функцией цены на нефть P_{Oil} . Поскольку не существует никаких затрат на корректировку или других затрат, связанных с изменением инвестиционных расходов I_{Inv} , инвестиционное правило имеет решение в виде "bang-bang" в любой момент времени до завершения нефтяных инвестиций (Majd and Pindyck, 1987). Поэтому оптимальная сумма инвестиционных расходов будет либо $I_{Inv} = 0$, либо $I_{Inv} = I_{Invmax}$ (Majd and Pindyck, 1987, Dixit and Pindyck, 1994, Schwartz, 2004)⁵⁹. На начальном этапе нефтяная компания либо примет максимальную скорость переключения i_{max} для осуществления инвестиций в нефтяное месторождение, либо откажется от проекта. Таким образом, при условии оптимального инвестиционного правила, $i = i_{max}$. Поскольку K_{Inv} является неопределенным, время, необходимое для завершения инвестиций в нефтяной проект, также является неопределенным. Фактическая стоимость инвестиций в нефтяное месторождение может быть известна только после завершения инвестиций,

$\sum_{i=0}^{\tau} I_{Inv}(t_i)$, где τ фактическое время, необходимое для завершения инвестиций в зарубежную нефть.⁶⁰

2.2 Оценка инвестиций в зарубежные нефтяные проекты

Предполагается, что в период разработки зарубежного нефтяного месторождения добыча сырой нефти в период t_n составляет $Q_{Oil}(t_n)$, и вся сырая нефть, добытая в период t_n , может быть продана в тот же период. Предполагается, что мощность производства сырой нефти постоянна в каждом периоде. r - процентная ставка, различающаяся в разных

⁵⁹ Schwartz, E.S. 2004. Patents and R&D as Real Options. Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, 33: 23-54.

⁶⁰ Majd, S., Pindyck., R.S. 1987. Time to build, option value, and investment decisions. *Journal of Financial Economics* 18 (1): 7-27.

странах. В оценку добавлена система налогообложения ресурсов страны-инвестора. Системы налогообложения нефтяных ресурсов можно разделить на две основные категории, включая роялти на ресурсы и контракт на раздел продукции (PSC). Кроме того, некоторые страны также взимают налог на сверхприбыль на внутреннем нефтяном месторождении в зависимости от изменения цен на нефть. Эти три системы налогообложения ресурсов были смоделированы в наших расчетах денежных потоков.

Операционная стоимость зарубежного нефтяного проекта

После завершения зарубежных нефтяных инвестиций проект начинает добывать нефть. В любой момент времени t_i в период разработки нефти, $CF(t_i)$ - это денежный поток, который нефтяная компания может получить в результате добычи и продажи нефти. Денежные потоки при трех системах налогообложения ресурсов моделируются следующим образом:

1. При системе роялти на ресурсы денежный поток $CF_1(t_i)$, который может получить нефтяная компания, представлен в виде:

$$CF_1(t_i) = [P_{oil}(t_i) \cdot Q_{oil}(t_i) \cdot (1 - Tax_1) - C_{oil}(t_i) \cdot Q_{oil}(t_i)] \cdot (1 - Tax_2) \cdot S_E(t_i) \quad (2.9 - 1)$$

Где Tax_1 и Tax_2 - роялти на ресурсы и ставка подоходного налога в стране-инвесторе, соответственно.

2. При системе раздела продукции денежный поток $CF_2(t_i)$ может быть представлен как:

$$CF_2(t_i) = [P_{oil}(t_i) \cdot (Q_{oil}(t_i) - (Q_{oil}(t_i) - cl_{oil}) \cdot g_{Gov}) - C_{oil}(t_i) \cdot Q_{oil}(t_i)] \cdot (1 - Tax_2) \cdot S_E(t_i) \quad (2.9 - 2)$$

Где cl_{oil} - предельная стоимость нефти по PSC; g_{Gov} - доля государства страны-инвестора в прибыли от нефти в каждом периоде.

3. Если страна-инвестор взимает налог на сверхприбыль, то при существующей системе раздела продукции денежный поток $CF_3(t_i)$ может быть представлен в виде:

$$CF_3(t_i) = \begin{cases} \text{if } P_{Oil}(t_i) > P_{Tax3}, CF_2(t_i) - \left[(P_{Oil}(t_i) - P_{Tax3}) \cdot Q_{Oil}(t_i) \right] \\ \text{if } P_{Oil}(t_i) > P_{Tax3}, CF_2(t_i) \end{cases} \quad (2.9 - 3)$$

Где Tax_3 - налог на сверхприбыль страны-объекта инвестиций в зависимости от изменения цен на нефть, который равен специальному налогу на доходы от нефти, взимаемому некоторыми нефтедобывающими странами (например, Венесуэлой). Правительство будет взимать налог только в том случае, если цена на нефть больше пороговой цены P_{Tax3} налога на сверхприбыль.

После завершения зарубежных нефтяных инвестиций, в любой момент времени t в период разработки нефти, операционная стоимость для нефтяной компании, которая продолжает эксплуатировать нефтяной проект, должна представлять собой сумму дисконтированных денежных потоков от t до конца периода разработки, что можно представить как:

$$V_{Oil}(t_i) = \sum_{n=i}^N e^{-r(t_n - t_i)} CF(t_n) \quad (2.10)$$

Инвестиционная стоимость зарубежного нефтяного проекта

Нефтяной проект не будет генерировать денежные потоки в период строительства. Поэтому денежные потоки, рассчитанные в период строительства, в определенной степени можно рассматривать как ожидаемые денежные потоки. В рамках опционного анализа, в период строительства нефтяного проекта нефтяная компания владеет опционом на отказ от проекта. В момент завершения нефтяных инвестиций инвестиционная стоимость нефтяного проекта равна операционной стоимости:

$$F_{Oil}(\tau) = V_{Oil}(\tau) \quad (2.11)$$

В любой период до завершения нефтяных инвестиций, если необходимые инвестиции превышают ожидаемую стоимость нефтяного проекта, нефтяная компания реализует опцион на отказ от проекта, чтобы прекратить его во избежание больших потерь. Инвестиционная стоимость нефтяного проекта может быть обозначена как $F_{Oil}(t_i)$, которая зависит от ожидаемых денежных потоков после завершения нефтяных инвестиций и затрат, необходимых для завершения инвестиций в нефтяной проект. Таким образом, в период t_i до завершения нефтяных инвестиций стоимость нефтяных инвестиций составляет:

$$F_{Oil}(t_i) = \max \left\{ 0, E_{t_i} \left[e^{-r(t_{i+1}-t_i)} F_{Oil}(t_{i+1}) \right] - I_{Inv}(t_i) \right\} \quad (2.12)$$

Где $E_{t_i} [^*]$ означает, что в период t_i ожидаемая стоимость для нефтяной компании, продолжающей удерживать опцион на отказ от проекта. Как уже упоминалось выше, правительство страны-объекта инвестиций может наложить штраф на нефтяную компанию за отказ от проекта на инвестиционной стадии. Это также будет убытком по умолчанию, который компания должна понести. С учетом штрафа, в период t_i до завершения нефтяных инвестиций, стоимость нефтяных инвестиций может быть переписана как:

$$F_{Oil}(t_i) = \max \left\{ -Pen, E_{t_i} \left[e^{-r(t_{i+1}-t_i)} F_{Oil}(t_{i+1}) \right] - I_{Inv}(t_i) \right\} \quad (2.13)$$

Где Pen - штраф, который нефтяная компания должна заплатить за отказ от инвестиционного проекта. Этот штраф может иметь место в некоторых контрактах на разработку нефтяных месторождений. Однако из-за ограниченности данных, хотя этот параметр и включен в модель, в эмпирическом исследовании он не рассматривался.

2.3 Решение на основе модели LSM

Нам необходимо оценить значение уравнения (12), чтобы рассчитать стоимость нефтяного проекта. Поскольку ожидаемое значение $E_{t_i} \left[e^{-r(t_{i+1}-t_i)} F_{Oil}(t_{i+1}) \right]$ трудно определить, применяем метод наименьших квадратов Монте-Карло (LSM) для расчета ожидаемого значения и стоимости нефтяного проекта.

Метод LSM был разработан для оценки американских опционов и основан на моделировании Монте-Карло и регрессии наименьших квадратов (Longstaff and Schwartz, 2001; Schwartz, 2004).⁶¹⁶² В разработанной здесь модели нефтяная компания имеет возможность отказаться от опциона до завершения инвестиций в зарубежное месторождение. И нефтяная компания будет оценивать решение об отказе от нефтяных инвестиций в каждый дискретный момент времени. Детально процедура решения выглядит следующим образом.

Возьмем G в качестве количества путей моделирования, для любого пути g , при условии, что нефтяной проект не был завершен до того, тогда в конечную дату эксплуатационного периода (время N , последний этап эксплуатационного периода), стоимость нефтяного проекта задается граничным условием:

$$W_{Oil}(g, t_N) = CF(g, t_N) \quad (2.14)$$

В любой период t_i , для тех путей, на которых инвестиции были завершены, стоимость нефтяного проекта вычисляется рекурсивно:

$$W_{Oil}(g, t_i) = e^{-r(t_{i+1}-t_i)} \cdot W_{Oil}(g, t_{i+1}) + CF(g, t_i) \quad (2.15)$$

Для тех путей, на которых инвестиции не завершаются, условная ожидаемая стоимость продолжения оценивается с помощью регрессии. Зависимой переменной является дисконтированная стоимость нефтяного проекта в t_{i+1} период, $e^{-r(t_{i+1}-t_i)} \cdot W_{Oil}(g, t_{i+1})$, а независимой переменной является ожидаемый денежный поток от нефтяного проекта в период t_i . Сравнивая условную ожидаемую стоимость нефтяного проекта $\hat{W}_{Oil}(g, t_i)$ с инвестиционными расходами $I_{Inv}(t_i)$, то:

$$W_{Oil}(g, t_i) = \begin{cases} 0, \hat{W}_{Oil}(g, t_i) < I_{Inv}(g, t_i) \\ \hat{W}_{Oil}(g, t_i) - I_{Inv}(g, t_i), \hat{W}_{Oil}(g, t_i) \geq I_{Inv}(g, t_i) \end{cases} \quad (2.16)$$

⁶¹ Longstaff, F.A., Schwartz, E.S. 2001. Valuing American Options by Simulation: A Simple Least Square Approach. *Review of Financial Studies* 14(1): 113-147.

⁶² Schwartz, E.S. 2004. Patents and R&D as Real Options. Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, 33: 23-54.

Рекурсия продолжается путем отката назад во времени и повторения процедуры до тех пор, пока не будут определены решения об исполнении в каждое возможное время исполнения на каждом пути. Затем рассчитывается стоимость нефтяного проекта, начиная с нулевого момента времени, продвигаясь вперед по каждому пути до конечной даты наблюдения данного периода или до наступления первого момента остановки, дисконтируя полученные денежные потоки к нулевому моменту времени и беря среднее значение по всем путям, чтобы получить стоимость проекта зарубежного нефтяного месторождения с опционом на отказ. Более подробное обсуждение используемого здесь метода см. в Schwartz (2004).⁶³

$$V_{Oil}^{Exp}(t_0) = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G \begin{cases} \sum_{n=\tau_g+1}^N e^{-r(t_n-t_0)} CF(g, t_n) - \sum_{n=1}^{\tau_g} e^{-r(t_n-t_0)} I_{Inv}(g, t_n), \\ \text{if path } g \text{ is not abandoned} \\ \text{or} \\ \sum_{n=\tau_g+1}^N e^{-r(t_n-t_0)} I_{Inv}(g, t_n), \text{ if path } g \text{ is abandoned} \end{cases} \quad (2.17)$$

Где на любом пути g , если нефтяной проект завершен, то τ_g - период отказа от проекта на пути g , в противном случае τ_g - период завершения инвестиций на пути g .

⁶³ Schwartz, E.S. 2004. Patents and R&D as Real Options. Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, 33: 23-54.

ГЛАВА 3. ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В данной работе описанная ранее модель оценки реальных опционов будет рассмотрена на примере Российской нефтяной компании, которая будет выступать в качестве страны-инвестора. Индонезия была выбрана в качестве объекта инвестиций в нефтяные ресурсы. Выбор был сделан в пользу Индонезии по нескольким причинам:

- Индонезия хочет развивать свои связи с РФ в нефтяной отрасли (В условиях стремительного энергоперехода на Западе, нефтегазовое сотрудничество властей РФ и Индонезии может стать обоюдовыгодным)
- В Индонезии быстро сокращаются запасы нефти, а потребление - растет, и российские нефтяные компании, включая Роснефть и ЛУКОЙЛ, могли бы увеличить свое присутствие в Индонезии;
- Индонезия заинтересована в совместной разведке месторождений на территории Индонезии
- Активное развитие нефтегазовой отрасли
- Небольшая стоимость добычи одного барреля нефти в Индонезии, относительно России

Модель применяется для того чтобы ответить на вопрос: “Стоит ли Российской компании инвестировать в зарубежный нефтяной проект в Индонезии, учитывая цену на нефть, обменный курс, инвестиционную среду, неопределенность стоимости нефтяных инвестиций а также влияние различных систем налогообложения?”.

На рисунке 3.1 приведены значения параметров модели. Переменные оценены на дату начала инвестиций в нефтяной проект в Индонезии, сентябрь 2022 года. В данной работе Индекс Потребительских Цен (ИПЦ) используется в качестве отражения степени стабильности страны инвестора. Данный подход был применен в статье Fan and Zhu (2010). Некоторые страны-инвесторы нефтяного сектора проводят крайне нестабильную политику, что часто приводит к резким колебаниям цен и ухудшению инвестиционной среды. Поэтому волатильность ИПЦ страны-инвестора используется в качестве косвенной переменной, отражающей изменения в ее инвестиционной среде.

Так как собрать релевантные данные о зарубежных нефтяных инвестициях достаточно сложно, из-за их отсутствия, в работе взяты данные из исследования Блейка и Робертса (2006). Они предложили оценивать три типичных нефтяных месторождения: крупные, средние, мелкие. На рисунке 3.1 оценены все параметры модели.

Параметр	Символ в модели	Единица измерения	Значение (Страна-объект инвестиций)	Комментарий
Извлекаемое кол-во нефти для крупных по величине месторождений (O-L)	R_{Oil}	Миллионы баррелей	300	Данные по трем нефтяным месторождениям типичного размера основаны на работе Blake и Roberts (2006).
Извлекаемое кол-во нефти для средних по величине месторождений (O-M)		Миллионы баррелей	150	
Извлекаемое кол-во нефти для малых по величине месторождений (O-S)		Миллионы баррелей	75	
Производственная мощность нефтяного месторождения - крупного	Q_{Oil}	Миллионы баррелей/Год	12	Данные по трем нефтяным месторождениям типичного размера основаны на работе Blake и Roberts (2006).
Производственная мощность нефтяного месторождения - среднего		Миллионы баррелей/Год	6	
Производственная мощность нефтяного месторождения - малого		Миллионы баррелей/Год	3	
Цена на нефть	P_{Oil}	Американский доллар/баррель	71,19	Среднегодовая спотовая цена фьючерсов на нефть марки "Brent" за 2021 год
Дрифт "Цена на нефть"	α_P	/Год	0,02	Данные основаны на статье An Evaluation of Overseas Oil Investment Projects Under Uncertainty Using a Real Options Based Simulation Model, авторами которой являются Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Стандартное отклонение "Цена на нефть"	σ_P	/Год	41%	Стандартное отклонение цены на нефть рассчитан историческим способом за период с 31 декабря 2015 по 31 декабря 2021
Обменный курс	$S_{\$/\text{RUB}}$	USD/RUB	173,65	Средний обменный курс между американским долларом и российским рублем
Дрифт "Обменный курс"	α_S	/Год	0,8	Данные основаны на статье An Evaluation of Overseas Oil Investment Projects Under Uncertainty Using a Real Options Based Simulation Model, авторами которой являются Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Стандартное отклонение "Обменный курс"	σ_S	/Год	7,78%	Стандартное отклонение обменного курса рассчитан историческим способом за период с 31 декабря 2015 по 31 декабря 2021
Себестоимость добычи нефти	C_{Oil}	Американский доллар/баррель	6,87	Данные по себестоимости добычи нефти основаны из данных основанных на новостных ресурсах, в том числе KatskaMedia
Дрифт "Себестоимость добычи нефти"	α_C	/Год	0,01	Данные основаны на статье An Evaluation of Overseas Oil Investment Projects Under Uncertainty Using a Real Options Based Simulation Model, авторами которой являются Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Стандартное отклонение "Себестоимость добычи нефти"	σ_C	/Год	17,85%	Данные относятся к оценке волатильности индекса потребительских цен из работы Fan and Zhu (2010)
Общие инвестиционные затраты для крупного по величине месторождения	K_{Inv}		2290	Данные по инвестициям в три типичных по размеру нефтяных месторождения основываются на работе Blake and Roberts (2006). В данной работе инвестиционные затраты были скорректированы на 2021 год с учетом инфляции, равной 16,56% в период с 2011 - 2021 г.г. При эквивалентной мощности добычи нефти инвестиционные затраты, необходимые для малых и средних месторождений, больше, чем для крупных месторождений, которые увеличатся на 66,47% и 147,40% по сравнению с крупными месторождениями.
Общие инвестиционные затраты для среднего по величине месторождения		Миллионы американских долларов	1906	
Общие инвестиционные затраты для малого по величине месторождения			1416	
Первоначальные годовые инвестиции для крупного по величине месторождения	I_{Inv}		728	Данные по первоначальным годовым инвестициям в три типичных по размеру нефтяных месторождения основываются на работе Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011). В данной работе инвестиционные затраты были скорректированы на 2021 год с учетом инфляции, равной 16,56% в период с 2011 - 2021 г.г.
Первоначальные годовые инвестиции для среднего по величине месторождения		Миллионы американских долларов/Год	622	
Первоначальные годовые инвестиции для малого по величине месторождения			476	
Инвестиционная неопределенность	β		0,5	Данные основаны на установках в исследованиях Шварца (2003), Диксита и Пиндикы (1994).
Роялти на ресурсы	r_{Oil}		0	Страна-объект инвестиций не взимает роялти на ресурсы при разработке нефтяных месторождений.
Подоходный налог	r_{Tax}		40%	Из интервью с сотрудником нефтяной компании
Налог на сверхприбыль	r_{Tax}		0	Страна-инвестор не взимает налог на сверхприбыль при разработке нефтяных месторождений.
Предельная добыча нефти для крупного по величине месторождения	cl_{Oil}	Миллионы баррелей/Год	8	В данной работе установлена предельная стоимость добычи нефти в размере 2/3 от общего объема добычи нефти, основываясь на работе Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Предельная добыча нефти для среднего по величине месторождения		Миллионы баррелей/Год	4	В данной работе установлена предельная стоимость добычи нефти в размере 2/3 от общего объема добычи нефти, основываясь на работе Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Предельная добыча нефти для малого по величине месторождения		Миллионы баррелей/Год	2	В данной работе установлена предельная стоимость добычи нефти в размере 2/3 от общего объема добычи нефти, основываясь на работе Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Доля правительства для крупного по величине месторождения	g_{gov}		80%	Доля государства в размере 80% от выручки основывается на работе Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan (2011).
Доля правительства для среднего по величине месторождения			80%	
Доля правительства для малого по величине месторождения			80%	
Ставка безрисковой доходности	r	/Год	12%	Процентная ставка по долгосрочным депозитам страны-инвестора используется в качестве безрисковой
Цена на нефть, с которой начисляется налог на сверхприбыль	P_{oil}	Американский доллар/баррель	0	Страна-инвестор не взимает налог на сверхприбыль при разработке нефтяных месторождений.
Период разработки	T	Год	2022-2047	В данной работе установлен период разработки в 25 лет, который можно разделить на периоды строительства нефтяного проекта и эксплуатации нефтяного месторождения.
Размер временного шага для симуляций	Δt	Год	1	
Количество симуляций	G		5000	В среднем, результаты моделирования начинают сходиться, когда количество путей превышает 1000, поэтому количество путей, моделируемых в различных сценариях, установлено на 5000.

Рис. 3. Переменные модели

В данной работе решение модели находится с использованием метода LSM, описанным ранее, и программированием на языке Python. В начале необходимо смоделировать траектории движения цены на нефть, обменного курса, стоимости добычи нефти (инвестиционной среды) и инвестиционных затрат. На рисунках 3.3 – 3.7 показаны изменения этих факторов неопределенности в 500 из 5000 траекторий моделирования. Благодаря методу Монте-Карло можно имитировать результат каждого возможного фактора неопределенности в большой выборке случайных маршрутов.

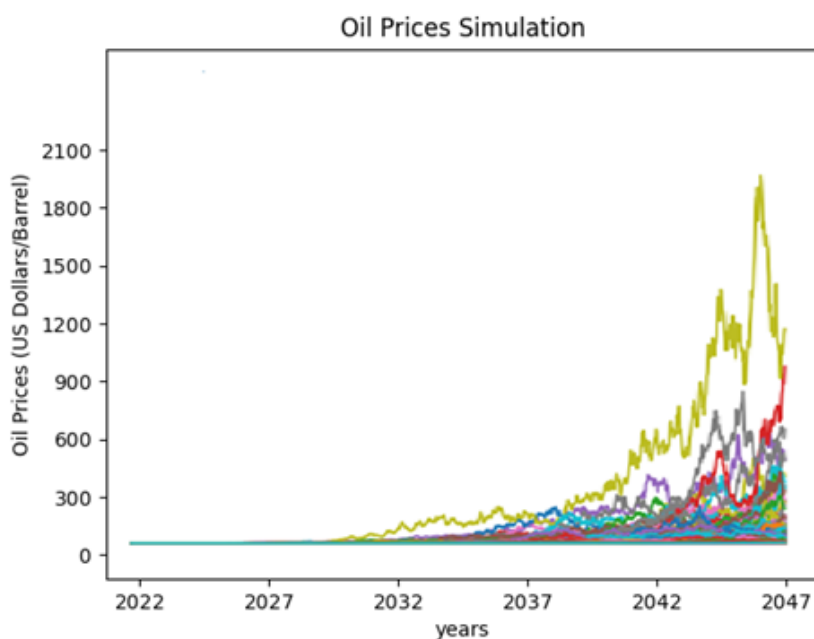


Рис. 4. Моделирование цен на нефть

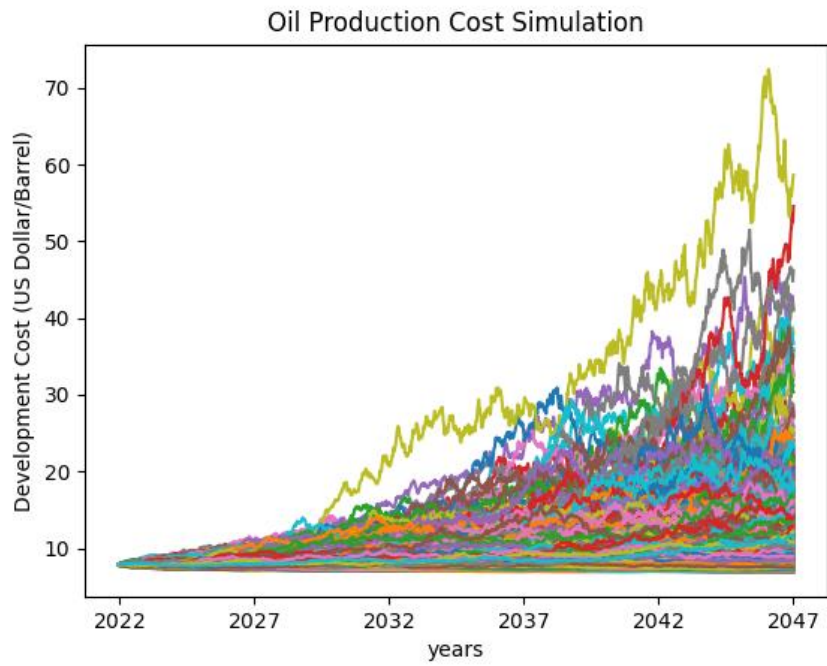


Рис. 5. Моделирование стоимости добычи нефти

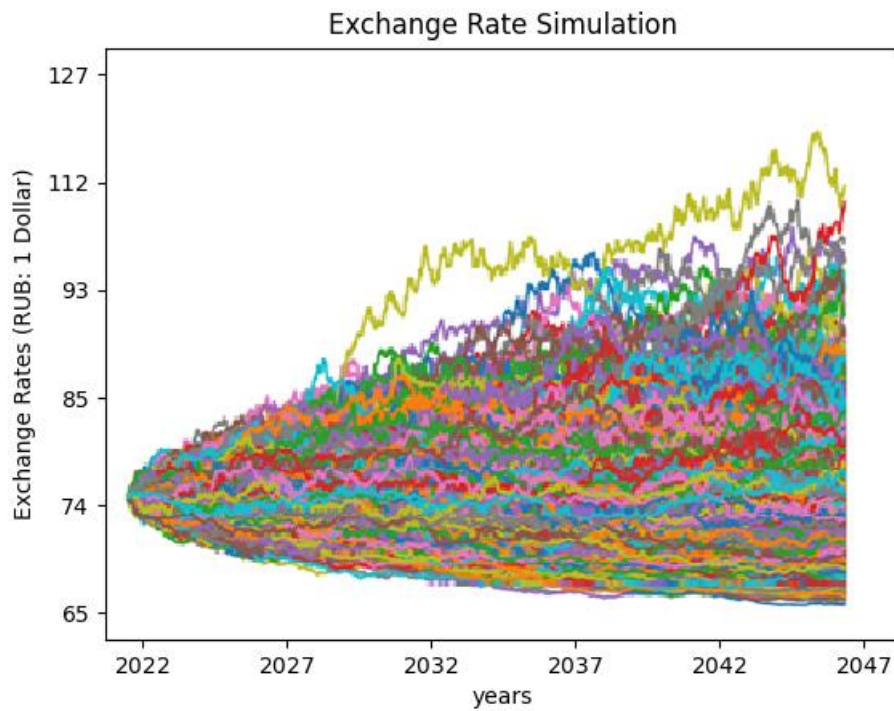


Рис. 6. Моделирование обменного курса

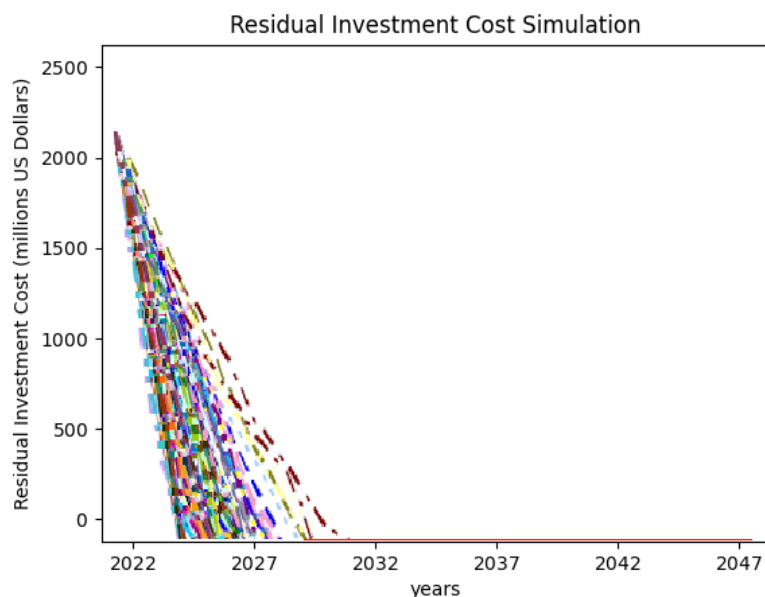


Рис. 7. Моделирование остаточных инвестиционных затрат

Результаты моделирования

Для того чтобы рассчитать стоимость различных по величине зарубежных нефтяных инвестиционных проектов можно использовать метод LSM. Стоит отметить, что необходимо учесть заданные значения параметров модели, а далее смоделировать изменения для каждого фактора неопределенности на основе их начальных значений. Как уже упоминалось ранее, в данной работе используется классификация Блейка и Робертса (2006) для обозначения нефтяных месторождений в зависимости от количества извлекаемых запасов нефти. Выделяют месторождения с большими (O-L), средними (O-M) и малыми (O-S) извлекаемыми запасами.

При использовании метода Монте-Карло необходимо было рассчитать пять “Seeds” для O-L, O-M и O-S с учетом различных параметров с целью получение наиболее точного результата. Результат каждого “Seed” получен на основе моделирования 5000 путей с использованием метода LSM. Среднее значение всех пяти “Seeds” является стоимостью инвестиций в зарубежные нефтяные проекты с учетом заданных параметров. Рассмотрим O-L в качестве примера. Как показано в таблице 3.1 стоимость нефтяного проекта O-L, учитывая четыре фактора неопределенности, находится в диапазоне 998 989 до 1 101 137 миллионов рублей, при среднем значении 1 052 126 миллионов рублей и сроком строительства практически 5 лет. Кроме того, опцион на отказ от проекта используется только в 5.16% случаев, что показывает небольшой инвестиционный риск O-L.

Таблица 2. Стоимость крупного месторождения при различных Seeds

Страна-инвестор: Россия	Размер нефтяного месторождения: Крупное (O-L)					
	Seed 1	Seed 2	Seed 3	Seed 4	Seed 5	Среднее
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 056 674.51	1 005 783.39	1 101 137.25	1 098 045.12	998 989	1 052 125.9
Проектная стоимость эквивалентной мощности добытой нефти (млн. рублей/млн. баррелей в год)	104 674.67	99 389.59	100 378.99	97 879.61	103 786.43	101 221.86
Процент отказа от проекта (%)	5.15	5.136	5.143	5.223	5.149	5.1602
Период завершения проекта (Года)	5.2	5.1	5.16	4.97	5.09	5.1

Базовый случай: без учета факторов неопределенности

В начале необходимо рассчитать стоимость проекта для различных размеров месторождений (O-L, O-M, O-S) в базовом варианте, по сравнению с которым оцениваются другие случаи, учитывающие вышеупомянутые факторы неопределенности. Для сравнения также рассчитывается значения NPV (O-L, O-M, O-S). При расчете NPV предполагается, что четыре фактора неопределенности являются постоянными, т.е. такими же, как и их начальные значения, а стоимость нефтяного проекта представляет собой сумму дисконтированных денежных потоков и инвестиционных затрат.

В таблице 3.2 представлены результаты вычислений. Стоит отметить, что стоимости проектов для O-L и O-M намного больше, чем для O-S. Стоимость эквивалентной мощности добычи нефти O-S равняется 10,76% и 20,99% от стоимости эквивалентной мощности добычи нефти O-L и O-M, соответственно. Это можно объяснить следующими факторами: во-первых, для эквивалентной мощности добычи нефти инвестиции необходимые в случае O-S намного больше, нежели чем для O-L и O-M; во-вторых, инвестиционные риски в O-L и O-M ниже, чем в O-S. Процент путей, в которых компания использует опцион на отказ от проекта в случаях O-L и O-M составляет 5,15% и 5,25%, соответственно, что гораздо меньше случая O-S – 36,45%. Таким образом, O-L и O-M являются более предпочтительными вариантами инвестирования в зарубежную нефть, чем O-S с гораздо большим риском.

Таблица 3. Стоимость нефтяных проектов для трех размеров нефтяных месторождений
в базовом варианте

Базовый случай (без учета неопределенностей)	Размер месторождения		
	Страна-инвестор: Россия	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 056 674.51	418 381.89	107 371.7
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	104 476.46	53 532.19	11 238.59
Процент отказа от проекта (%)	5.15	5.25	36.45
Период завершения проекта (Года)	5.6	5.23	5.17
Метод NPV	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Стоимость проекта без опциона на отказ (миллионы рублей)	489 927.76	9 734.87	-97 847.67
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	109 568.8	1 689.451	-19 411

Более того, сравнивая результаты анализа реальных опционов и метода NPV, мы видим, что значения NPV для трех различных по размеру нефтяных месторождений намного меньше, чем проектные значения реальных опционов. Инвестиции в зарубежную нефть - это сложный процесс. Однако метод NPV не может учесть ни влияние факторов неопределенности на стоимость, ни гибкость нефтяных инвестиций. Поэтому при использовании метода NPV стоимость может быть недооценена, в результате чего нефтяная компания может упустить возможность инвестирования в зарубежные нефтяные проекты. При анализе реальных опционов, хотя инвестиционный риск в O-S намного выше, чем в O-L и O-M, компания может принять положительное решение об инвестициях, так как стоимость проекта положительна. При использовании метода NPV, O-S имеет отрицательную стоимость проекта, что указывает на то, что в него не стоит инвестировать. Таким образом, анализ реальных опционов позволяет лучше учесть влияние факторов неопределенности на стоимость инвестиций в зарубежную нефть, что может увеличить оценочную стоимость нефтяного проекта. Также опцион на отказ в анализе реальных опционов добавляет некоторую гибкость в оценку проекта. Эти дополнительные возможности модели реальных опционов предоставляют более подробную информацию для компаний при принятии решений об инвестициях в зарубежную нефть, позволяя им выносить более точные суждения.

С учетом фактора неопределенности: цена на нефть

Поскольку цена на нефть является одним из наиболее важных факторов, влияющих на решение об инвестициях в зарубежные нефтяные проекты, ниже рассмотрено влияние различных уровней цен на нефть на стоимость зарубежного нефтяного проекта. В базовом случае был установлен начальный уровень цены на нефть равный 71,19 долларов США за баррель. В первом примере установлен уровень цен на нефть на треть ниже, на треть и две трети выше базового уровня, что соответствует ценам на нефть US\$ 47,5, US\$ 94,92 и US\$ 118.65 за баррель, затем было рассчитано их влияние на стоимость зарубежного нефтяного проекта.

Из результатов, представленных в таблице 3.3, видно, что изменения уровня цен на нефть оказывают значительное влияние на стоимость трех различных по размеру нефтяных месторождений. Инвестиционные риски O-M и O-S демонстрируют большую чувствительность к изменению уровня цен на нефть по сравнению с O-L. Уровень цен на нефть также оказывает симметричное воздействие на стоимость проектов O-L и O-M. Когда уровень цен на нефть увеличивается на одну треть, стоимость проектов O-L и O-M возрастает на 73,46% и 108%, соответственно, по сравнению с базовым случаем. Когда уровень цен на нефть снижается на одну треть, проектные значения O-L и O-M уменьшаются на 57,3% и 95,6%, соответственно, по сравнению с базовым случаем. Очевидно, что результаты показывают одинаковую величину изменения стоимости проекта при увеличении или уменьшении цены на нефть на одинаковые проценты. Однако уровень цен на нефть оказывает асимметричное влияние на стоимость проекта O-S, причем величина изменения стоимости проекта при повышении цены на нефть больше, чем при снижении цены на нефть (при повышении цены на нефть на одну треть стоимость проекта O-S увеличивается на 289%, что практически в 3 раза больше, чем при снижении цены на нефть на одну треть - 99%). После 2020 года уровень цен на нефть оставался на высоком уровне (уровень цен на нефть не падал ниже 65 долларов США за баррель в течение длительного времени). Результаты показывают, что если уровень цен на нефть будет выше 94 долларов США за баррель, инвестиционные риски трех различных по размеру нефтяных месторождений очень малы (инвестиционные риски O-S составляют 12,9% и 11,38% при уровне цен на нефть 95 долларов США за баррель и 119 долларов США за баррель, соответственно). Однако инвестиционные риски O-M и O-S резко возрастают, когда уровень цен на нефть падает до \$US47,5 за баррель: инвестиционный риск O-M составляет 70,5% по сравнению с 5,25% в базовом варианте, а инвестиционный риск O-S составляет

100.146%. Это означает, что при низком уровне цен на нефть компании не следует инвестировать в O-S из-за высокого инвестиционного риска.

Таблица 4. Стоимость нефтяных проектов при различных уровнях цен на нефть

Кейс 1: Влияние цен на нефть на стоимость проекта	Размер месторождения		
Цена нефти: 47.5 Американских доллара за баррель	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	458 698.62	22 891.2	1 578.92
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	105 219.721	3 625.78	315.27
Процент отказа от проекта (%)	5.37	70.458	100.146
Период завершения проекта (Года)	5.53	4.93	4.02
Цена нефти: 94.92 Американских доллара за баррель	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 832 971.64	872 106.19	417 299.39
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	216 028.8	102 783.9	97 692.75
Процент отказа от проекта (%)	5.68	5.75	12.9
Период завершения проекта (Года)	5.67	4.62	4.1
Цена нефти: 118.65 Американских доллара за баррель	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	2 756 789.5	1 329 659.77	752 531.2
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	330 171.91	234 478.31	181 126.19
Процент отказа от проекта (%)	5.89	5.57	11.38
Период завершения проекта (Года)	5.86	5.61	5.39

С учетом факторов неопределенности: инвестиционная среда

В базовом случае уже учтено влияние неопределенности инвестиционной среды и обменного курса, исходя из исторических данных по этим двум факторам. Чтобы изучить влияние волатильности этих двух факторов неопределенности, рассчитывается стоимость нефтяного проекта с учетом изменений этих факторов неопределенности. Во втором примере сначала рассчитывается стоимость нефтяного проекта с учетом изменения неопределенности инвестиционной среды, волатильность (уровень стандартного отклонения) стоимости добычи нефти была установлена на уровне 20% и 40%.

Таблица 5. Стоимость нефтяных проектов в условиях неопределенности инвестиционной среды

Кейс 2: Влияние неопределенности инвестиционной среды на стоимость проекта	Размер месторождения		
	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Волатильность себестоимости добычи нефти: 20%			
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 000 756.45	379 179.72	39 476.17
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	90 157.573	40 240.73	3 095.50
Процент отказа от проекта (%)	5.32	5.46	59.54
Период завершения проекта (Года)	5.1	5	4.55
Волатильность себестоимости добычи нефти: 40%			
Стоимость проекта (миллионы рублей)	969 571.5	311 791.32	27 370.7
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	86 143.93	24 448.96	6 851.13
Процент отказа от проекта (%)	5.41	5.81	73.72
Период завершения проекта (Года)	5.4	5.29	4.97

Как показано в таблице 3.4, при увеличении волатильности инвестиционной среды стоимость нефтяных проектов во втором примере для всех трех размеров нефтяных месторождений меньше, чем в базовом случае. В случае, если установить волатильность инвестиционной среды на уровне 20%, то стоимость проектов O-L, O-M и O-S уменьшается на 5,3%, 9,94% и 63,23%, соответственно, по сравнению с базовым вариантом. При увеличении волатильности до 40% стоимость проектов O-L, O-M и O-S сокращается на 8,24%, 25,47% и 74,5% по сравнению с базовым случаем. Во втором примере процент путей, когда компания принимает решение о прекращении проекта в O-L и O-M, незначительно отличается от базового случая, в то время как процент путей, когда компания использует опцион на отказ в O-S, значительно увеличивается (59,54% и 73,72% при волатильности инвестиционной среды 20% и 40%, по сравнению с 36,45% в базовом варианте). Поскольку неопределенность инвестиционной среды отражается в стоимости добычи нефти в модели, неопределенность инвестиционной среды вызывает волатильность стоимости добычи нефти, поэтому ее влияние на стоимость проекта отличается от влияния неопределенности цен на сырьевые товары. Повышение волатильности затрат на добычу нефти увеличит неопределенность в расходах зарубежного нефтяного проекта и, следовательно, может оказать негативное влияние на оценку зарубежного нефтяного проекта.

С учетом факторов неопределенности: обменный курс

Затем мы рассчитываем стоимость нефтяного проекта с учетом изменения неопределенности обменного курса. В частности, в третьем примере волатильность (уровень стандартного отклонения) обменного курса устанавливается на уровне 15% и 30%. Коэффициенты корреляции между обменным курсом доллара США и другими факторами неопределенности установлены на тех же значениях, что и в базовом варианте.

Таблица 6. Стоимость нефтяных проектов в условиях неопределенности обменного курса

Кейс 3: Влияние неопределенности обменного курса на стоимость проекта	Размер месторождения		
	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)	Малое (O-S)
Волатильность обменного курса: 15%			
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 084 498.2	445 036.7	57 351.71
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	93 137.093	34 784.7	11 795.81
Процент отказа от проекта (%)	5.13	5.84	47.8
Период завершения проекта (Года)	5.17	5.01	4.89
Волатильность обменного курса: 30%			
Стоимость проекта (миллионы рублей)	1 921 751.2	996 283.3	412 143.79
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	208 006.24	141 631.9	103 718.4
Процент отказа от проекта (%)	5.43	5.26	23.1
Период завершения проекта (Года)	5.39	5.16	4.87

Результаты в таблице 6 показывают, что при увеличении волатильности обменного курса проектная стоимость O-L и O-M в третьем примере больше, чем в базовом кейсе. По сравнению с базовым вариантом, когда устанавливается волатильность обменного курса на уровне 15%, проектные значения O-L и O-M увеличиваются на 2,63% и 6,3%. А когда устанавливается волатильность на уровне 30%, стоимость проектов O-L и O-M резко возрастает, увеличиваясь на 81,86% и 138,12% по сравнению с базовым случаем. С увеличением стоимости проекта инвестиционные риски O-L и O-M в примере 3 увеличиваются по мере роста волатильности обменного курса (инвестиционные риски O-L и O-M составляют 5,13% и 5,84% при волатильности обменного курса 15% и 5,43% и 5,26% при волатильности обменного курса 30%, что больше, чем в базовом примере). Необходимо обратить особое внимание на стоимость проекта O-S, которая в примере 3 сначала уменьшается, а затем увеличивается по мере роста волатильности обменного курса

(стоимость O-S уменьшается на 47% при волатильности обменного курса 15% и увеличивается на 283,84% по сравнению с базовым вариантом при волатильности обменного курса 30%). Поскольку в базовом варианте устанавливается курс доллара США предполагая тенденцию к снижению в долгосрочной перспективе, эта тенденция к снижению приводит к уменьшению денежного потока, конвертируемого в национальную валюту нефтяной компании, что может оказать негативное влияние на оценку зарубежного нефтяного проекта. Однако рост волатильности обменного курса также увеличит стоимость нефтяных проектов, и это влияние отличается от влияния волатильности инвестиционной среды.

С учетом факторов неопределенности: система налогообложения

Системы налогообложения нефтяных ресурсов можно разделить на две основные категории: система роялти и система PSC. При системе роялти фиксированный процент, согласованный между правительством и нефтяной компанией, взимается с валовой добычи нефти. Система PSC похожа на систему роялти, за исключением того, что ставка применяется после учета производственных затрат. Система PSC преобладает в Индонезии, стране-объекте инвестиций в данной работе. В последние годы страны, инвестирующие в нефтяные ресурсы, ввели различные ставки раздела продукции в зависимости от производственной мощности нефтяных месторождений, чтобы стимулировать иностранные нефтяные компании к разработке средних или малых месторождений. Некоторые страны также взимают налог на сверхприбыль в зависимости от уровня цен на нефть. В этом разделе мы смоделируем влияние ставок раздела продукции и налога на сверхприбыль на стоимость зарубежного нефтяного проекта.

Влияние ставок раздела продукции

Сначала необходимо было смоделировать ставки раздела продукции (кейс 4). Поскольку ставка раздела продукции (предельная стоимость нефти) связана с качеством месторождения, нефтяная компания будет вести переговоры со страной-инвестором для определения предельной стоимости нефти в PSC на начальном этапе. В примере 4 сохраняется лимит себестоимости нефти страны-объекта в O-M без изменений, но изменяется ставку в O-S с 2,00 до 2,40 млн баррелей в год (увеличение) и в O-L с 8,00 до 6,00 млн баррелей в год (уменьшение). Результаты в таблице 7 показывают, что при

увеличении ставки предельной стоимости нефти стоимость проекта O-S увеличивается на 90%.

Таблица 7. Стоимость нефтяных проектов со Ставкой раздела продукции

Кейс 4: Совместное использование ресурсов	Размер месторождения		
	Страна-инвестор: Россия	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	892 451.05	521 751.72	204 251.24
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	56 515.283	33 040.41	6 095.20
Процент отказа от проекта (%)	5.21	5.67	20.84
Период завершения проекта (Года)	5.45	5.36	5

При включении в модель различных ставок раздела продукции проектная стоимость O-L значительно снижается, при этом проектная стоимость эквивалентной добычи нефти в O-L лишь немного больше, чем в O-M. Таким образом, различные ставки раздела продукции могут уменьшить разнообразие между различными нефтяными месторождениями, обеспечивая большую выгоду стране-инвестору с крупными нефтяными месторождениями.

Влияние налога на сверхприбыль

Затем мы смоделируем налог на сверхприбыль. В примере 5 пороговая цена налога на сверхприбыль установлена на уровне \$US82 за баррель, а ставка налога - 20%.

Таблица 8. Стоимость нефтяных проектов в условиях сверхприбыли

Кейс 5: Налог на сверхприбыль	Размер месторождения		
	Страна-инвестор: Россия	Крупное (O-L)	Среднее (O-M)
Стоимость проекта (миллионы рублей)	959 893.87	397 791.72	10 789.26
Проектная стоимость эквивалентной мощности по добыче нефти (млн. рублей/ млн. баррелей в год)	78 301.43	32 449.067	1 031.97
Процент отказа от проекта (%)	5.71	5.57	93.1
Период завершения проекта (Года)	5.15	5.02	4.79

Результаты, приведенные в таблице 3.7, показывают, что налог на сверхприбыль также оказывает негативное влияние на стоимость нефтяного проекта. Стоимость проектов трех размеров нефтяных месторождений снижается, особенно O-S, процент путей, в которых компания использует опцион на отказ, увеличивается до 93,1%. Таким образом, при инвестициях в зарубежную нефть взимание налога на сверхприбыль больше всего повлияет на нефтяные месторождения малого размера.

Поскольку модель основана на моделировании Монте-Карло с использованием большой выборки, она может лучше описать сложные системы налогообложения нефтяных ресурсов в различных странах-инвесторах. Поэтому модель хорошо применима для оценки зарубежных нефтяных инвестиций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях, когда потребление нефти в мире продолжает увеличиваться, а цены на нефть растут, добавление новых мощностей к мировым запасам нефти через зарубежные инвестиции рассматривается как выгодное для всех дело, и поэтому должно поощряться и цениться. Однако инвестирование в зарубежные нефтяные проекты - это сложный процесс, и ряд факторов неопределенности играют важную роль в деятельности по разработке нефтяных месторождений. Таким образом, при оценке зарубежного нефтяного проекта необходимо учитывать не только неопределенность цены на нефть и инвестиционных затрат, но и неопределенность инвестиционной среды и обменного курса. Для того чтобы помочь инвесторам принять обоснованное решение об инвестициях в зарубежные нефтяные проекты, в данной работе сначала создается модель оценки инвестиций в зарубежные нефтяные проекты. В модели применяется анализ реальных опционов, который решается методом наименьших квадратов Монте-Карло. Данный способ лучше отражает гибкость и влияние факторов неопределенности на стоимость зарубежных нефтяных инвестиций, чем метод NPV. Далее с помощью разработанной модели сравниваются инвестиционные стоимости трех типичных нефтяных месторождений (крупных, средних и малых) в зарубежных нефтяных инвестициях.

Можно сделать вывод, что поставленная в работе цель, была достигнута. Была разработана методика оценки нефтяных инвестиционных проектов в Индонезии в условиях неопределенности с использованием имитационного моделирования на основе реальных опционов для Российских нефтяных компаний. С помощью разработанной методики Российские нефтяные компании смогут оценивать нефтяные проекты различного размера в Индонезии. Для достижения цели была изучена научная литература, составлена методология оценки зарубежных нефтяных инвестиционных проектов в условиях неопределенности с использованием имитационного моделирования на основе реальных для российских нефтяных компаний, проведено эмпирическое исследование факторов неопределенности, определены параметры имитационной модели, проведено эмпирическое

исследование с целью оценки инвестиционного проекта и получены данные для анализа результатов.

Результаты показывают, что изменения цены на нефть, обменного курса и инвестиционной среды оказывают различное влияние на нефтяные месторождения разного размера. В целом, инвестиционная стоимость проекта и инвестиционный риск O-S более чувствительны к изменениям факторов неопределенности, чем в случаях O-L и O-M. Например, когда цена на нефть составляет 47,5 долларов США за баррель, инвестировать в O-S не стоит. Инвестиционный риск O-L очень мал. В отличие от O-S, изменения факторов неопределенности оказывают лишь ограниченное влияние на инвестиционную стоимость проекта и инвестиционный риск O-L. Таким образом, O-L является предпочтительным выбором для инвестиций в зарубежные нефтяные проекты.

Также было обнаружено, что инвестиционный риск зарубежных нефтяных инвестиций может быть недооценен, если не учитывать влияние обменного курса и инвестиционной среды. Ранее инвестор уделял большое внимание ценам на сырьевые товары, налоговой ставке и процентной ставке, которые имеют прямую связь с инвестиционной оценкой. Но результаты эмпирического исследования показывают, что неопределенность инвестиционной среды оказывает негативное влияние на оценку зарубежного нефтяного проекта и снижает его инвестиционную стоимость.

Рост неопределенности обменного курса может увеличить стоимость зарубежного нефтяного проекта, однако стоит учесть, что инвестиционный риск также увеличится. Таким образом, при значительных колебаниях обменного курса инвестору может понадобиться рассмотреть некоторые валютные операции для хеджирования риска обменного курса. Кроме этого, оценка стоимости O-S, в некоторой степени, является более сложной и чувствительной из-за изменений в инвестиционной среде и неопределенности обменного курса, поэтому, осуществляя зарубежные инвестиции в небольшие месторождения, следует учитывать не только цены на нефть, налоговые ставки и процентные ставки, которые напрямую связаны с оценкой инвестиций, но и инвестиционную среду и обменные курсы при принятии инвестиционных решений.

Анализ показывает, что существует важный компромисс между страной-объектом инвестиций в нефтяные ресурсы и зарубежным инвестором. С одной стороны, чтобы стимулировать иностранные нефтяные компании к разработке средних или мелких месторождений, страны-объекты предпочитают корректировать свои системы налогообложения ресурсов, чтобы сбалансировать разнообразие оценки ресурсов для различных по размеру месторождений, в частности, с помощью ставок раздела продукции.

С другой стороны, в условиях колебания цен на нефть в последние годы, чтобы получить больше выгод от разработки месторождений, некоторые страны-объекты также взимают налог на сверхприбыль, чтобы больше доходов от продажи нефти оставалось в их стране. Таким образом, можно сделать вывод, что в переговорах по инвестициям в нефтяные месторождения между компанией и страной-объектом инвестиций, нефтяная компания должна в первую очередь попытаться, насколько это возможно, увеличить возмещение затрат в PSC для O-M и O-S, чтобы получить больше выгод при разработке таких месторождений. Исходя из полученных результатов, был сделан вывод, что при увеличении лимита себестоимости нефти стоимость проекта O-S возрастает. Необходимо отметить, что небольшие нефтяные месторождения более чувствительны к налогу на сверхприбыль, нефтяной компании также необходимо избегать условия налога на сверхприбыль в контракте на разработку нефти, чтобы еще больше снизить инвестиционный риск зарубежных небольших нефтяных месторождений.

Модель включает в себя ряд факторов неопределенности, чтобы лучше отразить реальность зарубежных нефтяных инвестиций. Хотя модель реальных опционов, созданная в данной работе, добавляет дополнительную функциональность по сравнению с существующими моделями, такими как метод NPV, существуют некоторые ограничения. Во-первых, модель не учитывает неопределенность мощности добычи нефти. В целом, почти на всех нефтяных месторождениях в той или иной степени будет наблюдаться снижение добычи. Во-вторых, многие нефтяные компании занимаются разведкой нефти за рубежом. Поэтому вопрос о том, как включить процесс разведки в разработанную модель, также является важным. Эти вопросы являются примерами интересных проблем, которые необходимо рассмотреть в будущей работе.

ИСТОЧНИКИ

1. Fan, Y., Zhang, Y.J., Tsai, H.T., Wei, Y.M. 2008. Estimating 'value at risk' of crude oil price and its spillover effect using the GED-GARCH approach. *Energy Economics*, 30 (6): 3156–3171.
2. Myers, S.C. 1977. Determinants of Cooperate Borrowing. *Journal of Financial Economics* 5: 147-175.
3. Ross, S. 1978. A simple approach to the valuation of risky streams. *Journal of Business* 51(3): 453-475.
4. McDonald, R., Siegel, D. 1986. The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics* 101(4): 707-727.
5. Sarkar, S. 2000. On the investment-uncertainty relationship in a real options model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 24: 219-225.
6. Smit, H.T.J., Trigeorgis, L. 2004. *Strategic investment, real options and games*. New Jersey: Princeton University Press.
7. University Press.
8. Paddock, J.L., Siegel, D.R., Smith, J.L. 1988. Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. *Quarterly Journal of Economics* 103: 479–508.
9. Schwartz, E.S., Trolle, A.B. 2010. Pricing expropriation risk in natural resource contracts – A real options approach. In William Hogan and Federico Sturzenegger (eds.), *The Natural Resource Trap*, MIT Press.
10. Smith, J.E., McCardle, K.F. 1996. Valuing oil properties: integrating option pricing and decision analysis approaches. *Operations Research* 46: 198–217.
11. Smith, J.E., McCardle, K.F. 1999. Options in the real world: lessons learned in evaluating oil and gas investments. *Operations Research* 47: 1–15.
12. Aguerrevere, F.L. 2003. Equilibrium Investment Strategies and Output Price Behavior: A Real-Options Approach. *Review of Financial Studies* 16 (4): 1239-1272.
13. Bar-Ilan, A., Strange, W.C. 1996. Investment Lags. *American Economic Review* 86 (3), 610-622.
14. Marrion A. Brach *REAL OPTIONS IN PRACTICE*. – 1-е изд. – Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2003.
15. Johnathan Mun. *Modeling Risk* – 2-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2006.
16. Johnathan Mun *Real Option Analysis* – 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательский дом “John Wiley & Son”, 2002.

18. А. В. Бухвалов Real Options in management // Российский журнал менеджмента №1, 2004. – Р. 3-32.
19. Lei Zhu, ZhongXiang Zhang and Ying Fan An Evaluation of Overseas Oil Investment Projects Under Uncertainty Using a Real Options Based Simulation Model // East-West Center, 2011.
20. Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: [Project Valuation Using Real Options Analysis \(unipd.it\)](http://unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).
21. Брейли М., Майерс С. 1997. Принципы корпоративных финансов. Пер. с 4-го англ. издания. М.: Олимп_Бизнес.
22. Алиев Э.Э. Современные методы анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов // Санкт-Петербургский государственный университет, 2018.
23. Марина Владимировна Грачева, Екатерина Андреевна Петренива Реальные опционы как инструменты управления проектными рисками // Финансовая аналитика; проблемы и решения, 2015.
24. Е.М. Королькова Риск-менеджмент: Управление проектными рисками 1-е изд. - Нью-Йорк: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013
25. Брейли М., Майерс С. 1997. Принципы корпоративных финансов. Пер. с 4-го англ. издания. М.: Олимп_Бизнес.
26. Francesco Anderloni and Prof. Lorenzo Vangelista Project Valuation Using Real Options Analysis [Электронный ресурс] // Testi.cub – Режим доступа: [Project Valuation Using Real Options Analysis \(unipd.it\)](http://unipd.it) (дата обращения: 29.10.2021).
27. Pindyck, R.S. 1999. The long-run evolution of energy prices. MIT-CEEPR working papers, available at: <http://mit.dspace.org/handle/1721.1/45087>.
28. Fan, Y., Zhu, L. 2010. A Real Options Based Study on Overseas Oil Investment and its application in China's Oversea Oil Investment. Energy Economics 32: 627-637
29. Nordal, K.B. 2001. Country risk, country risk indices and valuation of FDI: a real options approach Emerging Markets Review 2: 197–217.
30. Dixit, A.K., Pindyck, R.S. 1994. Investment Under Uncertainty. Princeton University Press, Princeton NJ.
31. Schwartz, E.S. 2004. Patents and R&D as Real Options. Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, 33: 23-54.
32. Majd, S., Pindyck., R.S. 1987. Time to build, option value, and investment decisions. Journal of Financial Economics 18 (1): 7-27

33. Longstaff, F.A., Schwartz, E.S. 2001. Valuing American Options by Simulation: A Simple Least Square Approach. *Review of Financial Studies* 14(1): 113-147.
34. Artur Rodrigues, Manuel J. Rocha Armada 2010. The valuation of Real Options with the Least Squares Monte Carlo Simulation Method. *Management Research Unit – University of Minho*.