

УДК 622.32005.8:347.440.7

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Перелыгин Андрей Иванович,  
perelygin.andrey@gmail.com

Байкальский государственный университет,  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

**Перелыгин Андрей Иванович**, аспирант кафедры экономики предприятия и предпринимательской деятельности Байкальского государственного университета.

***Актуальность** исследования определяется значимостью нефтегазовой промышленности в экономическом развитии России. Инвестиционные проекты в данной отрасли особенно подвержены влиянию внешнеполитических факторов, колебанию цен на сырьевых и валютных рынках. Точность оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в таких условиях играет важную роль для определения вектора развития отрасли. **Цель:** обосновать важность и целесообразность применения реальных опционов для повышения качества оценки эффективности инвестиционных проектов на примере нефтегазовой отрасли. **Методы исследования:** теоретический анализ, метод дедукции и обобщения, а также метод системного анализа бизнес-процесса геолого-разведочной деятельности, построение дерева событий и дерева решений, а также математические расчеты радужных опционов на основе экспертной оценки рисков по отдельным элементам проекта. **Результаты.** Была показана и обоснована применимость метода реальных опционов для улучшения оценки эффективности инвестиционных проектов. Данный метод позволяет учесть риски, частично снизить их влияние на бизнес-процессы или же повысить доходность для высоко-рисковых проектов. В результате применения метода реальных опционов несколько сместились оценки ключевых показателей эффективности инвестиционного проекта. Тем не менее предложенная в работе методика применения радужных опционов позволяет точнее представить варианты реализации проекта и оценить потенциальные риски.*

***Ключевые слова:** Реальный опцион, оценка, инвестиционный проект, чистый дисконтированный доход, нефтегазовая отрасль.*

В настоящее время российская экономика характеризуется высоким уровнем инвестиционной активности промышленных предприятий. Нефтегазовая отрасль является хорошим примером, сочетающим в себе высокие объемы инвестиций и в то же время высокую степень неопределенности. Реализация проектов разведки и разработки нефтяных месторождений – это долгосрочный процесс, в котором управленческая гибкость и реакция на внешние изменения позволяют сохранять высокую экономическую эффективность. Учитывая специфику производственного процесса и инвестирования в данной отрасли, компании стремятся начать производство как можно быстрее, чтобы вернуть первоначальные затраты. Максимизация прибыли нефтегазодобывающей компании реализуется за счет инвестирования в проекты с положительным денежным потоком, чтобы создать акционерную стоимость. Ключевыми используемыми моделями оценки в данном случае являются чистый дисконтированный доход, норма отдачи ин-

вестиций и производные от них [1]. Необходимо понимать, что привлечение инвестиций основано на ранее осуществленных проектах и их ключевых показателях. При этом совокупное инвестирование во многом определяет фактическое предложение нефти и газа на рынок отдельно взятой компанией [2].

В большинстве случаев инвестиции в проект производятся поэтапно. На каждом этапе проекта анализируются ход выполнения работ по предыдущим этапам и произошедшие отклонения, также проводится корректировка планов с точки зрения дополнительной информации о проекте, полученной в ходе его реализации. На каждом этапе проекта формируется оптимальная структура декомпозиции работ, в которой менеджеры определяют сумму страхового резерва средств на случай удорожания стоимости работ с помощью экспертной оценки [3]. Поэтапное выделение средств дает возможность инвестору управлять уровнем риска вложений и, если он критически возрастает, есть возможность остановить финансирование работ или предпринять действия по снижению рисков [4].

Основной гипотезой автора является то, что традиционный метод чистого дисконтированного дохода и его производные слабо адаптированы к крупным долгосрочным проектам. Во многом данная ситуация обусловлена моделью чистого дисконтированного дохода и концепцией ее применения. В частности, она предполагает следующие важные допущения:

- точность сроков реализации проектов [5];
- предсказуемость нормы дисконтирования, инфляции, банковской ставки процента, ставки рефинансирования на всем сроке реализации проекта, включая инвестирование и период получения доходов [6];
- предсказуемость доходов и расходов по всем периодам [7];
- фактические расчеты могут быть пересмотрены только при возможности оценки трех вышеперечисленных пунктов в момент проведения перерасчетов [8];
- отсутствие экономического смысла в случае, если перерасчеты производятся слишком часто (существенный уровень неполноты и асимметричности информации) или же вносимые корректировки меняют чистую прибыльность проекта существенным образом [9].

С целью сглаживания указанных недостатков метода чистого дисконтированного дохода в настоящее время используются различные способы, базирующиеся на математических методах. Большая часть из них использует нейронные сети, нечеткие множества, а также большие данные. Основной целью применения решений подобного класса является повышение точности оценки будущего, а значит, фактическое снижение количества и объемов корректировок итоговых показателей на основе более глубокого изучения прошлых данных. В результате происходит вероятное улучшение точности оценки и повышения качества использования метода чистого дисконтированного дохода [10].

Ключевой проблемой в применении указанных математических методов является их обучение на основе ранее сформированного массива данных, основанного на событиях прошлого. В то время как на данный момент скорость развития и изменения ключевых показателей, определяющих фактическую прибыльность проекта, существенно возросла. Можно говорить о том, что все методы оптимизации, построенные на «назад смотрящих решениях» доказали свою низкую эффективность, которая, разумеется, повышается при существенной математической оптимизации [11].

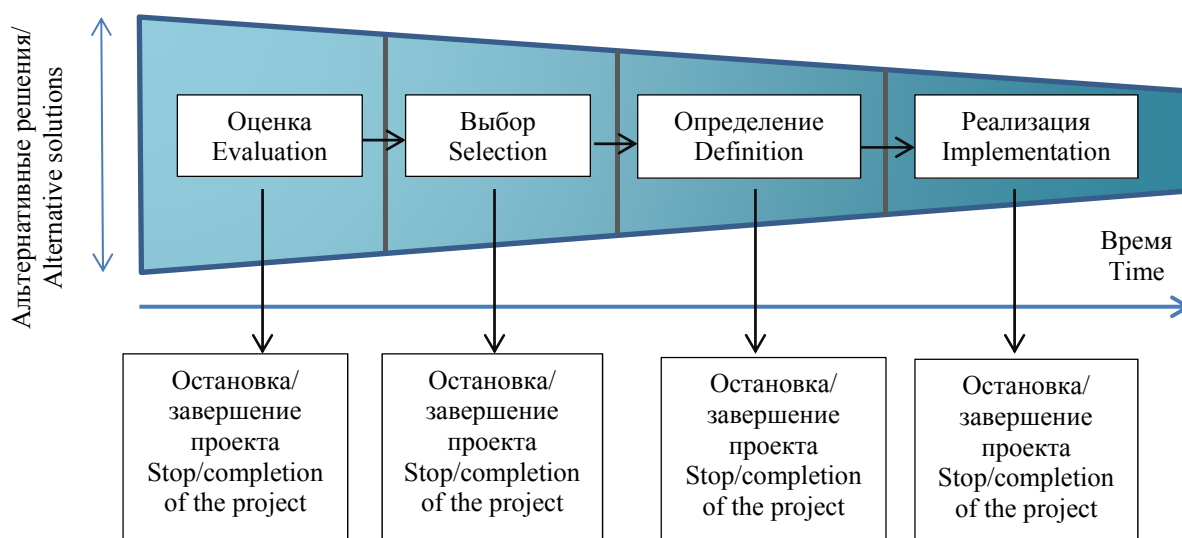
Автор предлагает дополнить модель расчета чистого дисконтированного дохода чистого дисконтированного дохода иными финансовыми инструментами, основанными

на текущей оценке и предсказании будущих изменений, позволяющих частично скорректировать будущие риски, в частности методом реальных опционов.

Данный метод наиболее востребован в отраслях с долгим сроком реализации инвестиционных проектов, как, например, в нефтегазовой и строительной отрасли [12]. Последние две наиболее актуальны в России в связи со структурой российской экономики [13], а значит, с высокой ролью инвестиционных проектов в нефтяной и газовой отраслях для финансовой стабильности и безопасности страны, а также для повышения прибыльности ключевых производств.

Нефтегазовым компаниям сложно планировать инвестиции в масштабные проекты, срок окупаемости которых минимум 10 лет. Стандартный анализ чистого дисконтированного дохода представляет собой экономический расчет наиболее вероятных значений производственных параметров, внешних факторов и сценарных условий, которые определяются экспертно или статистически. Традиционный метод не учитывает рыночные возможности для хеджирования проектных рисков, торговые ценные бумаги, хотя эти возможности могут влиять на стоимость проекта и вырабатывать оптимальные инвестиционные стратегии [14].

Успешность реализации любого проекта будет зависеть прежде всего от качества планирования, детальной проработки мероприятий по снижению рисков и неопределенностей в динамично изменяющихся условиях. Определение базового сценария развития на разных этапах реализации проекта можно представить в виде конуса управленческих альтернатив (Рис. 1).



**Рис. 1.** Конус управленческих альтернатив на разных этапах инвестиционного проекта

**Fig. 1.** Management alternatives cone at different stages of investment project

На каждом этапе проекта в руках менеджмента компании находится набор альтернативных сценариев, каждый из которых имеет собственную стратегию и степень риска, влияющие на экономическую эффективность. По мере развития проекта и уточнения технических решений появляется базовая стратегия, которая определяется путем технико-экономических расчетов и политики компании. Чем ближе месторождение к началу разработки, тем сложнее внести изменения в базовую стратегию, учитывая объем накопленных затрат [15].

На пути реализации инвестиционного проекта стоит большое количество точек принятия управленческих решений, каждая из которых корректирует сценарий проекта и несет за собой изменения экономической эффективности. Теория реальных опционов, о которой пойдет речь в данной статье, рассматривает возможность инвестирования в отдельные фазы бизнеса как в момент инициации проекта, так и по достижении ключевых точек. В результате возможно осуществление корректирующих воздействий без пересчета ключевых показателей прибыльности проекта. Более того, реальные опционы позволяют принимать решения, привязанные к ключевым точкам реализации инвестиционного проекта, а не только к ожидаемой прибыли.

Термин «реальный опцион» был впервые введен в обращение Стюартом Майерсом в 1977 г. Внедрение метода реальных опционов тесно связано с развитием финансовых инструментов в промышленной сфере. Основы теории реальных опционов были разработаны такими авторами, как Ф. Блэк, М. Шоулз, Р. Мертон, М. Бреннан, Ф.Т. Кинан, Е. Копелэнд, С. Майерс, Р. Пиндайк, А. Диксита и других [16]. Реальный опцион дает право, однако не накладывает обязанность на принятие управляющего решения относительно проекта. При этом решения могут быть привязаны к формальным показателям времени или же к стадиям реализации проекта.

Реальные опционы являются вспомогательным инструментом как для инвестора, так и для собственника актива. Реальные опционы позволяют ограничить убытки, не исключая возможности получать дополнительную прибыль. С экономической точки зрения это означает, что высокорисковые проекты дают больше шансов на дополнительную прибыль. В биржевой торговле термин «опцион» означает контракт между двумя сторонами, в котором определяется право одной стороны купить или продать базовый актив (акции, облигации) по цене, зафиксированной в контракте, когда условия тому благоприятствуют. Реальный опцион редко принимает форму контракта, а в качестве базового актива в нем выступают инвестиции, ресурсы, производственные мощности и др. Вместо оценки проекта как единого набора ожидаемых денежных потоков в теории реальных опционов учитываются факторы риска, которые представляется в виде ряда комплексных опционов [17].

В современном стратегическом анализе используется следующий алгоритм оценки реальных опционов [18]:

- выполняется традиционный расчет чистого дисконтированного дохода без учета опционов в наиболее вероятных с точки зрения менеджмента сценарных условиях;
- моделируется «дерево событий» и вытекающее из него «дерево решений»: проект разделяется на стадии, выявляются ключевые точки в его реализации, определяются альтернативные пути развития в каждой точке проекта, рассчитываются дисконтированные доходы по каждой «ветви» проекта;
- по аналогии с биржевыми опционами, где формируется опцион для портфеля ценных бумаг, выполняется оценка реального опциона на каждой стадии проекта исходя из набора альтернативных вариантов, степени неопределенности и риска его реализации.

В теории реальных опционов широко применяются две модели оценки стоимости: модель Блэка–Шоулза для европейского колл-опциона и биномиальная модель для американского колл- и пут-опционов.

Стандартная формула Блэка–Шоулза имеет следующий вид (1):

$$C = N(d_1) * S - N(d_2) * X e^{-rT}; \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma \sqrt{T}};$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}.$$

Цена опциона в модели Блэка–Шоулза в большей степени зависит от волатильности базового актива и величины безрисковой процентной ставки [19]. Первая часть формулы  $(N(d_1) * S)$  отражает ожидаемую прибыль от реализации проекта. Вторая часть  $((d_2) * X e^{-rT})$  дает приведенную стоимость инвестиций. Увеличение времени ( $T$ ) до истечения срока реализации проекта увеличивает стоимость реального опциона, поскольку владелец опциона получает больше (по времени) возможностей использовать преимущества реального опциона. Волатильность ( $\sigma$ ), характеризующая изменчивость цен, также связана со стоимостью реального опциона прямо пропорционально. Обычно высокая волатильность означает большую вероятность как получить повышенную прибыль, так и понести большие убытки.

Применение модели Блэка–Шоулза к реальным опционам базируется на аналогии с финансовыми опционами. Сравнение реальных и финансовых опционов приведено в Таблица 1.

**Таблица 1. Аналогия между финансовыми и реальными опционами**

**Table 1. Comparison of real and financial auctions**

Параметр Parameter	Финансовый (биржевой) опцион Financial (stock) option	Реальный опцион Real option	Опцион в нефтегазовых проектах Option in oil and gas projects
$S$	Цена акции Share price	Текущая стоимость ожидаемых денежных потоков Present value of expected cash flows	Текущая стоимость извлекаемых запасов Present value of recoverable reserves
$X$	Цена страйк (цена исполнения) Strike price (exercise price)	Стоимость инвестиций Investment cost	Стоимость капитальных и операционных затрат по проекту Cost of capital and operating costs of the project
$T$	Время истечения срока действия опциона Option expiration time	Период времени, в течение которого возможно принять решение о реализации проекта или о выходе из него The period of time during which it is possible to decide on implementation of the project, or to leave it	
$\Sigma$	Волатильность цены акции Stock price volatility	Волатильность доходности базового актива (стандартное отклонение основных параметров экономической модели, связанных с фактором риска) Volatility of the return of the underlying asset (standard deviation of the main parameters of the economic model associated with the risk factor)	
$R$	Безрисковая процентная ставка, соответствующая сроку опциона Risk free interest rate corresponding to the term of the option		
$N(x)$	Кумулятивная функция стандартного нормального распределения Cumulative Standard Normal Distribution Function		

Альтернативным методом оценки стоимости реальных опционов, представляющей собой дискретную аппроксимацию модели Блэка–Шоулза, является биномиальная модель. Данный метод был разработан У. Шарпом совместно с Дж. Коксом, С. Россом и М. Рубинштейном. Преимуществом биномиальной модели является возможность смоделировать изменение цены базового актива во времени, что позволяет про-



водить оценку опциона не только с фиксированной датой исполнения (европейский опцион), но и включать в анализ непостоянную дисперсию, учитывать изменение цены исполнения и др. [20].

Стоимость реального опциона по второму из рассматриваемых методов (биномиальному) формируется из набора управленческих решений, которые возникают в каждой точке «дерева решений» и превращаются в денежные потоки проекта. Уровень риска в модели реального опциона сводится к минимуму, так как модель учитывает диапазон неопределенности по каждому параметру модели, который, в свою очередь, зависит от факторов внешней среды [21].

Для высокорисковых проектов помимо узловых точек «дерева решений», по которым принимается ключевое стратегическое решение, необходимо учитывать комбинации факторов риска, которые оказывают влияние на управленческое решение. В теории реальных опционов учет множества факторов риска в оценке экономической эффективности проекта называют радужным опционом.

Название «радужный» было предложено в 1991 г. М. Рубинштейном для описания базового актива с двумя или более источниками неопределенности. Проводя аналогии с биржевой торговлей, премия опциона зависит от доходности каждого актива в группе, но стоимость опциона определяется исключительно как стоимость группы активов в целом. Другими словами, Рубинштейн предполагает, что стоимость опциона не является однородной первой степени в базовых активах. Неоднородность первой степени задается, если умножение значений базовых активов на фактор риска ( $\lambda$ ) дает тот же результат, что и умножение значения группы активов в целом на фактор риска ( $\lambda$ ) в некоторой степени ( $k$ ).

$$V(\lambda * x, \lambda * y) = \lambda^k * V(x, y). \quad (2)$$

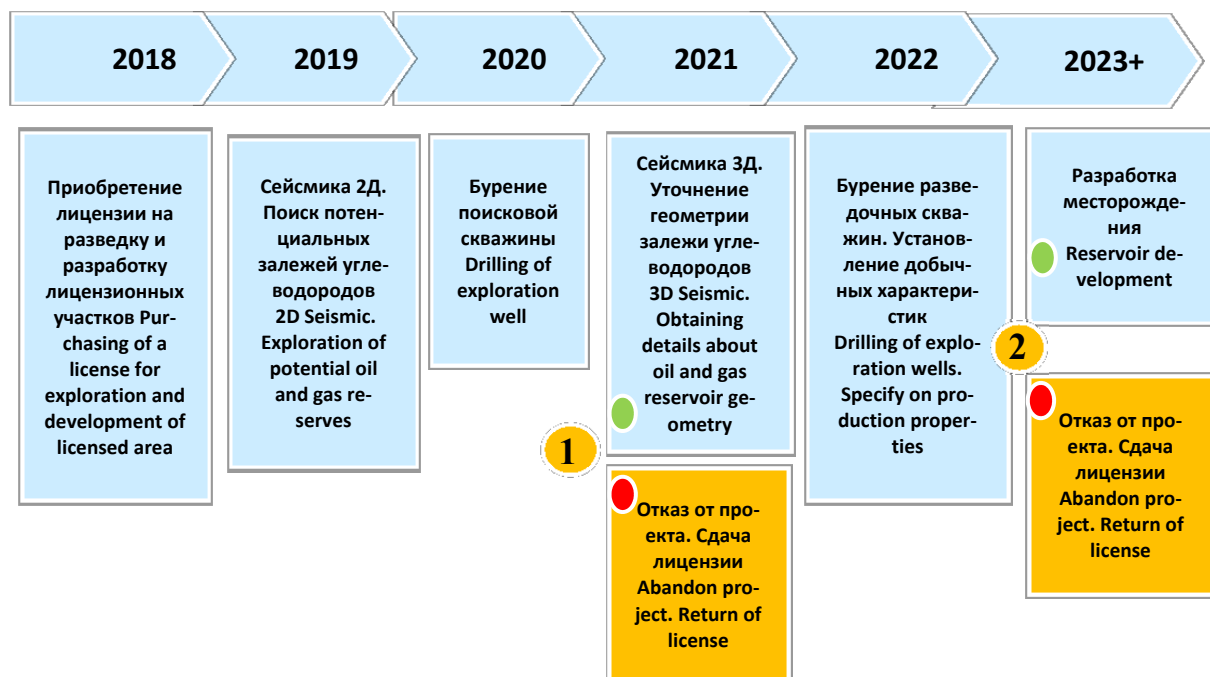
Для радужного опциона характерна математическая сложность, возникающая из-за множественных неопределенностей в виде стохастических процессов. Уравнения с частными производными, описывающие поведение опций, редко имеют аналитические решения, в лучшем случае – квазианалитические решения.

Проекты в нефтегазовой сфере дорогостоящие и долгосрочные, что требует создания эффективной системы управления инвестициями. Применение радужных опционов для оценки экономической эффективности, в особенности на этапах разведки месторождений, объясняется возможностью учета множества рисков и неопределенностей, которые возникают перед инвестором на этапе вхождения в проект и его дальнейшей реализации.

Приведенные выше теоретические выкладки, для подтверждения гипотезы и предположений автора, необходимо подтвердить практическим примером. Предположим, что Лицензионный участок в Восточной Сибири с высоким потенциалом нефтегазоносности (ресурсы категории С3 и Д1л) выставлен на аукцион с целью геологического поиска, разведки и добычи. Лицензионные обязательства предполагают бурение двух поисково-разведочных скважин в течение пяти лет и проведение сейсморазведочных работ 2Д в объеме 600 пог. км. На рис. 2 представлен план реализации геолого-разведочного проекта.

Стратегический план проекта состоит из нескольких этапов геолого-разведочных работ. Первый этап – поисковый, предполагает проведение сейсморазведочных работ 2Д с целью выявления потенциальных залежей углеводородов и прогноза их распространения по площади участка, а также бурение поисковой скважины для уточнения геологических характеристик залежи. Спустя три года, по окончании первого этапа, предстоит

принять решение о целесообразности продолжения геолого-разведочных работ или сдачи лицензии. Второй этап – разведочный, в ходе которого планируется проведение сейсморазведочных работ 3Д с целью детализации геометрии залежи углеводородов и уточнения координат разведочных скважин для подтверждения добычных характеристик. После бурения двух разведочных скважин будет принято решение о подготовке месторождения к разработке либо в случае неуспешных испытаний – о сдаче лицензии.



**Рис. 2. Стратегический план геолого-разведочного проекта**  
**Fig. 2. Strategic plan of exploration project**

Конечные цели инвестиционного проекта на этап геолого-разведочных работ – максимально эффективная подготовка ресурсной базы к разработке, открытие месторождений и подтверждение добычных характеристик залежей углеводородов с целью начала промышленной эксплуатации. Проект, для которого проводится оценка экономической эффективности, включает в себя весь цикл развития месторождения, начиная с этапа поиска месторождения и заканчивая конечной стадией разработки запасов и ликвидацией основных фондов.

Для того чтобы инвестору проекта оценить риски покупки лицензии, автором была проведена оценка рисков для расчетов радужного опциона на основе биномиальной модели. Выделим два периода оценки: поисковый (2018–2020) и разведочный (2021–2022). В Таблица 2 представлены три базисных группы риска, которые включают в себя основные неопределенности нефтегазового проекта. Разумеется, данные группы могут быть изменены или расширены в зависимости от спецификации рисков. Диапазон неопределенностей выбирается экспертно, на основе имеющейся информации об активе, опыте реализации подобных проектов в регионе, действующей законодательной базы, аналитических прогнозах и т. п. Проценты в таблице указаны от текущего значения параметра экономической модели по трем сценариям: базовый, минимальный и максимальный.

**Таблица 2. Группы риска инвестиционного проекта**  
**Table 2. Investment risk groups**

№	Фактор риска Risk factor	Вероятность возникновения Risk probability	Уровень фактора риска (% от базового значения) Level of risk factor (% of base value)			Параметр экономи- ческой модели Parameter of economic model
			Мин. Min	Базовый (наиболее вероятное) Base case (most possible)	Макс. Max	
1	Геологический (поисковый) этап/Geological (Prospecting stage)					
1.1	Неподтверждение геоло- гических запасов Non confirmation of geological reserves	Высокая High	50	100	130	Величина извлекае- мых запасов Value of recoverable reserves
1.2	Неподтверждение до- бычных характеристик залежи углеводородов Non confirmation of production properties of oil and gas reservoir	Высокая High	50	100	130	Величина дебита скважин Value of well production rate
1.3	Осложнения в процессе бурения ввиду особен- ностей геологического строения Complications while drilling due to the special aspects of geological structure	Средняя Middle	90	100	120	Стоимость бурения скважин Cost of well drilling
2	Геологический (разведочный) этап/Geological (Exploration stage)					
2.1	Неподтверждение геоло- гических запасов Non confirmation of geological reserves	Средняя Middle	80	100	110	Величина извлекае- мых запасов Value of recoverable reserves
2.2	Неподтверждение до- бычных характеристик залежи углеводородов Non confirmation of production properties of oil and gas reservoir	Высокая High	75	100	110	Величина дебита скважин Value of well production rate
3	Финансовый/Financial					
3.1	Изменение курса валют (рубль/доллар) Variation in exchange rate (RUB/USD)	Высокая High	80	100	130	Курс доллара Exchange rate RUB/USD
3.2	Изменение цен на нефть Variation in Price per 1 barrel of oil	Высокая High	80	100	150	Цена 1 барреля мар- ки Brent Price per 1 barrel of Brent oil
3.3	Изменения ставки дис- континирования (влияние инфляции) Variation in discount rate (inflation influence)	Высокая High	65	100	135	Размер ставки дис- континирования Size of discount rate



Стоимость радужного опциона является результатом совокупной оценки чистого дисконтированного дохода (ЧДД) базового варианта проекта, рассчитанного традиционным методом и дополнительного дохода опциона ( $ДД_{\text{опц}}$ ), полученного в результате моделирования фактора риска ( $f$ ):

$$C_{\text{опц}} = \text{ЧДД}_{\text{базовый}} + \sum_{f=1}^n \text{ДД}_{\text{опц},f}. \quad (3)$$

Базовый ЧДД рассчитывается на основе наиболее вероятных значений параметров экономической модели. Основным коэффициентом, определяющим совокупность факторов риска, является ставка дисконтирования ( $E$ ). Чем выше вероятность изменения сценарных условий проекта, тем выше будет коэффициент дисконтирования. Важной составляющей ставки дисконтирования является размер инфляции.

Общая формула для расчета ЧДД имеет следующий вид:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - Z_t)}{(1+E)^{t-1}}, \quad (4)$$

где  $R_t$  – сумма доходов за период  $t$ ;  $Z_t$  – сумма расходов за период  $t$ ;  $E$  – ставка дисконтирования;  $t$  – год реализации проекта;  $T$  – период реализации проекта, лет.

Дополнительный доход опциона по каждому фактору риска оценивается отдельно путем разницы чистого дисконтированного дохода экономической модели с обрисованными параметрами и базовой модели:

$$\text{ДД}_{\text{опц},f} = \text{ЧДД}_{\text{опц},f} - \text{ЧДД}_{\text{базовый}}. \quad (5)$$

Чистый дисконтированный доход опциона ( $\text{ЧДД}_{\text{опц}}$ ) рассчитывается применением риск-нейтральной вероятности для каждого дискретного интервала времени ( $t$ ).

$$\text{ЧДД}_{\text{опц}} = \sum_{t=1}^T \frac{p \times \text{ДД}_{\text{опц},t+1,r_{\text{макс}}} + (1-p) \times \text{ДД}_{\text{опц},t+1,r_{\text{мин}}}}{1+E^{t-1}}, \quad (6)$$

где  $\text{ДД}_{\text{опц}}$  – дополнительный доход опциона в интервале времени  $t$ ;  $r_{\text{макс}}$  – максимальное значение фактора риска за период опциона;  $r_{\text{мин}}$  – минимальное значение фактора риска за период опциона;  $p$  – риск-нейтральная вероятность.

Риск-нейтральная вероятность в биржевой торговле определяется как вероятность роста или падения цены акции с нейтральным влиянием риска на решение инвестора. В основе расчета вероятности лежит безрисковая ставка, которая гарантирует процент прибыли и сохранения вложенной суммы вне зависимости от изменения ставки дисконтирования, инфляции и других экономических предпосылок. В нашем примере воспользуемся стандартной формулой для расчета вероятности, т. к. ставка дисконта в модели учитывает безрисковую ставку и премию за риск:

$$p = \frac{r - r_{\text{мин}}}{r_{\text{макс}} - r_{\text{мин}}}, \quad (7)$$

где  $r$  – наиболее вероятное значение фактора риска;  $r_{\text{макс}}$  – значение фактора риска в оптимистичном сценарии;  $r_{\text{мин}}$  – значение фактора риска в пессимистическом сценарии.

В базовом сценарии проекта, при оценке традиционным методом, каждый из факторов риска моделируется на перспективу с учетом текущих представлений менеджмента о дальнейшем развитии событий: макроэкономической обстановки в стране и мире, политики государства в области налогового законодательства, степени изученности месторождения, опыта разработки месторождений-аналогов, условий экспорта топливно-энергетических ресурсов и др.

При фактическом расчете стоимости радужного опциона может учитываться как базовый сценарий, так и все три сценария, представленные в табл. 2. Приведенные математические расчеты в формулах (3)–(7) проводятся очевидным образом при наличии соответствующих первичных данных. В связи с чем приведем некоторые результаты расчетов ключевых показателей. Они представлены в табл. 3 и 4 соответственно.

**Таблица 3. Результаты расчета ключевых показателей с применение радужных опционов**  
**Table 3. Results of calculation of the investment project key measures with the help of rainbow option**

Чистый дисконтированный доход базового варианта ЧДД <sub>базовый</sub> Net present value of base case NPV <sub>base</sub>	419	млн р./млн. руб.
Дополнительный доход опциона $\sum_{f=1}^n ДД_{опц.f}$ для поискового этапа Additional income $\sum_{f=1}^n ДД_{option.f}$ for prospecting stage	-279	
Дополнительный доход опциона $\sum_{f=1}^n ДД_{опц.f}$ для разведочного этапа Additional income $\sum_{f=1}^n ДД_{option.f}$ for exploration stage	175	
Стоимость опциона $C_{опц}$ поискового этапа Cost of option $C_{opt.}$ for prospecting stage	140	
Стоимость опциона $C_{опц}$ разведочного этапа Cost of option $C_{opt.}$ for exploration stage	594	

Управление реализацией проектов на основе моделей реальных опционов позволяет принимать гибкие управленческие решения, корректируя их по мере поступления новой геологической информации и результатов исследования. В нашем примере низкие значения цены опциона на поисковом этапе объясняются высокой степенью геологических рисков. В случае если поисковый этап будет успешным и подтвердит наличие продуктивных залежей углеводородов, экономическая эффективность проекта может существенно вырасти относительно оценки стандартным методом дисконтированного дохода. Задачи инвестора в данном случае – оценить максимальные затраты на покупку лицензии и соотнести их с рисками и стоимостью реального опциона.

Исходя из результатов приведенных расчетов ключевых показателей инвестиционного проекта на основе применения метода радужных опционов, можно сделать вывод, что они позволяют существенно переоценить эффективность проекта, предлагая альтернативную оценку. Любые изменения, связанные с факторами риска, которые проецирует в будущее метод реальных опционов, представляют собой математическое ожидание, имеющее большую вариативность в зависимости от степени чувствительности к риску управленческих решений.

Реальные опционы позволяют существенно расширить базовую модель и ее применение. Более того, могут дополнить существующие методы анализа инвестиционных проектов. Говорить об их исключительной эффективности возможно только на основе полученных статистических результатов об их относительно большей предсказательной силе в сравнении с альтернативными способами.

**Таблица 4. Результаты расчетов денежных потоков инвестиционного проекта по факторам риска**  
**Table 4. Results of calculation of the investment project cash flows by risk factors**

№	Фактор риска ( $f$ ) Risk factor ( $f$ )	Вероятность Probability ( $p$ ), %	Чистый дисконтированный доход по фактору риска ( $ЧД_{Допц.f}$ ), млн р. Net present value for risk factor ( $NPV_{option.f}$ ), mln. rub.	Дополнительный доход по фактору риска ( $ДД_{Допц.f}$ ), млн р. Additional income for risk factor ( $DD_{option.f}$ ), mln. rub.
1	<b>Геологический (поисковый) этап/Geological (Prospecting stage)</b>			
1.1	Неподтверждение геологических запасов Non confirmation of geological reserves	63	-435	-854
1.2	Неподтверждение добычных характеристик залежи углеводородов Non confirmation of production properties of oil and gas reservoir	63	-535	-954
1.3	Осложнения в процессе бурения ввиду особенностей геологического строения Complications while drilling due to the special aspects of geological structure	33	348	-71
2	<b>Геологический (разведочный) этап/Geological (Exploration stage)</b>			
2.1	Неподтверждение геологических запасов Non confirmation of geological reserves	67	-285	-704
2.2	Неподтверждение добычных характеристик залежи углеводородов Non confirmation of production properties of oil and gas reservoir	71	-301	-720
3	<b>Финансовый/Financial</b>			
3.1	Изменение курса валют (рубль/доллар) Variation in exchange rate (RUB/USD)	40	966	547
3.2	Изменение цен на нефть Variation in Price per 1 barrel of oil	29	1476	1056
3.3	Изменения ставки дисконтирования (влияние инфляции) Variation in discount rate (inflation influence)	50	842	423

В российских нефтегазовых компаниях метод реальных опционов до сих пор не нашел широкого применения. Для внедрения практики реальных опционов требуется перестроить бизнес-процесс инвестиционной деятельности, добиться переквалификации управленческого звена, чтобы гибко подходить к принятию стратегических решений и понимать природу цифр из моделей опционов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Misund B., Osmundsen P. The value-relevance of accounting figures in the oil and gas industry: Cash flows or accruals // *Petroleum Accounting and Financial Management Journal*. – 2015. – V. 34. – № 2. – P. 90–110.
2. Yusuf Y.Y. et al. A relational study of supply chain agility, competitiveness and business performance in the oil and gas industry // *International Journal of Production Economics*. – 2014. – V. 147. – P. 531–543.
3. Hach D., Spinler S. Capacity payment impact on gas-fired generation investments under rising renewable feed-in – a real options analysis // *Energy Economics*. – 2016. – V. 53. – P. 270–280.
4. Muehlenbachs L. A dynamic model of cleanup: Estimating sunk costs in oil and gas production // *International Economic Review*. – 2015. – V. 56. – № 1. – P. 155–185.
5. Lee I., Lee K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises // *Business Horizons*. – 2015. – V. 58. – № 4. – P. 431–440.
6. Richmond A. Direct net present value open pit optimisation with probabilistic models // *Advances in Applied Strategic Mine Planning*. – Cham: Springer, 2018. – P. 217–228.
7. Doss D.A. et al. A net present worth analysis of considered academic programs at a private, regional higher education institution // *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*. – 2015. – V. 4. – № 1. – P. 55–63.
8. Zimmermann F., Jørgensen C. Bioeconomic consequences of fishing-induced evolution: a model predicts limited impact on net present value // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2015. – V. 72. – № 4. – P. 612–624.
9. Petković D. et al. Survey of the most influential parameters on the wind farm net present value (NPV) by adaptive neuro-fuzzy approach // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2016. – V. 57. – P. 1270–1278.
10. Žižlavský O. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2014. – V. 156. – P. 506–512.
11. Sirinanda K.G. et al. Strategic underground mine access design to maximise the Net Present Value // *Advances in Applied Strategic Mine Planning*. – Cham: Springer, 2018. – P. 607–624.
12. Rui Z. et al. A quantitative oil and gas reservoir evaluation system for development // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2017. – V. 42. – P. 31–39.
13. Lane D. The political economy of Russian oil // *Business and State in Contemporary Russia*. – London: Routledge, 2018. – P. 101–128.
14. Balcilar M. et al. Risk spillovers across the energy and carbon markets and hedging strategies for carbon risk // *Energy Economics*. – 2016. – V. 54. – P. 159–172.
15. Sumbal M.S., Tsui E., See-to E.W.K. Interrelationship between big data and knowledge management: an exploratory study in the oil and gas sector // *Journal of Knowledge Management*. – 2017. – V. 21. – № 1. – P. 180–196.
16. Azevedo A., Paxson D. Developing real option game models // *European Journal of Operational Research*. – 2014. – V. 237. – № 3. – P. 909–920.
17. Pringles R., Olsina F., Garcés F. Real option valuation of power transmission investments by stochastic simulation // *Energy Economics*. – 2015. – V. 47. – P. 215–226.
18. Trigeorgis L., Reuer J.J. Real options theory in strategic management // *Strategic Management Journal*. – 2017. – V. 38. – № 1. – P. 42–63.
19. Shokrollahi F., Sottinen T. Hedging in fractional Black–Scholes model with transaction costs // *Statistics & Probability Letters*. – 2017. – V. 130. – P. 85–91.
20. Мазурина Е.В. Оценка стоимости ресурсов углеводородов в условиях высокой степени неопределенности // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2011. – Т. 6. – № 2. – С. 190–214.
21. Tee J. et al. Forest valuation under the New Zealand emissions trading scheme: a real options binomial tree with stochastic carbon and timber prices // *Land Economics*. – 2014. – V. 90. – № 1. – P. 44–60.

*Поступила 08.10.2018 г.*

UDC 622.32005.8:347.440.7

## REAL OPTIONS FOR IMPROVING THE ASSESSMENT OF INVESTMENT PROJECT EFFICIENCY IN OIL AND GAS INDUSTRY

Andrey I. Perelygin,  
perelygin.andrey@gmail.com

Baikal State University,  
11, Lenin street, Irkutsk, 664003, Russia.

Andrey I. Perelygin, postgraduate student, Baikal State University.

*The relevance of the research is determined by the importance of the oil and gas industry in the economic development of Russia. The investment projects in this sector are particularly affected by foreign policy factors, fluctuations in commodity and foreign exchange markets. The accuracy in evaluation of the economic efficiency of investment projects in such conditions plays an important role in determining the vector of development of the industry. The aim of the article is to prove the importance and expediency of using real options to improve the quality of evaluation of the investment projects efficiency on the example of the oil and gas industry. Research methods include theoretical analysis, deduction and generalization, as well as a method of system analysis of the business process of exploration, construction of the event tree and decision tree, as well as mathematical calculations of rainbow options based on expert risk assessment for individual elements of the project. Results. The paper demonstrates the applicability of the real options method to improve the evaluation of the of investment projects effectiveness. This method allows taking into account risks, partially reducing their impact on business processes, or increasing profitability for high-risk projects. When applying the real options method, the assessment of key performance indicators of the investment project has shifted. Nevertheless, such assessment allows us to present more accurately the results of the project and their variation, including potential risks.*

**Key words:** Real option, valuation, investment project, net present value, oil and gas industry.

### REFERENCES

1. Misund B., Osmundsen P. The value-relevance of accounting figures in the oil and gas industry: Cash flows or accruals. *Petroleum Accounting and Financial Management Journal*, 2015, no. 2 (34), pp. 90–110.
2. Yusuf Y.Y. A relational study of supply chain agility, competitiveness and business performance in the oil and gas industry. *International Journal of Production Economics*, 2014, no. 147, pp. 531–543.
3. Hach D., Spinler S. Capacity payment impact on gas-fired generation investments under rising renewable feed-in – a real options analysis. *Energy Economics*, 2016, no. 53, pp. 270–280.
4. Muehlenbachs L. A dynamic model of cleanup: Estimating sunk costs in oil and gas production. *International Economic Review*, 2015, vol. 56, no. 1, pp. 155–185.
5. Lee I., Lee K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 2015, vol. 58, no. 4, pp. 431–440.
6. Richmond A. Direct net present value open pit optimisation with probabilistic models. *Advances in Applied Strategic Mine Planning*. Cham, Springer, 2018. pp. 217–228.
7. Doss D.A. A net present worth analysis of considered academic programs at a private, regional higher education institution. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, 2015, vol. 4, no. 1, pp. 55–63.
8. Zimmermann F., Jørgensen C. Bioeconomic consequences of fishing-induced evolution: a model predicts limited impact on net present value. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2015, vol. 72, no. 4, pp. 612–624.
9. Petković D. Survey of the most influential parameters on the wind farm net present value (NPV) by adaptive neuro-fuzzy approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, no. 57, pp. 1270–1278.

10. Žižlavský O. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, no. 156, pp. 506–512.
11. Sirinanda K.G. Strategic underground mine access design to maximise the Net Present Value. *Advances in Applied Strategic Mine Planning*. Cham, Springer, 2018. pp. 607–624.
12. Rui Z. A quantitative oil and gas reservoir evaluation system for development. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2017, no. 42, pp. 31–39.
13. Lane D. The political economy of Russian oil. *Business and State in Contemporary Russia*. London, Routledge, 2018. pp. 101–128.
14. Balcılar M., Demirer R., Hammoudeh S., Nguyen D.K. Risk spillovers across the energy and carbon markets and hedging strategies for carbon risk. *Energy Economics*, 2016, no. 54, pp. 159–172.
15. Sumbal M.S., Tsui E., See-to E.W. Interrelationship between big data and knowledge management: an exploratory study in the oil and gas sector. *Journal of Knowledge Management*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 180–196.
16. Azevedo A., Paxson D. Developing real option game models. *European Journal of Operational Research*, 2014, vol. 237, no. 3, pp. 909–920.
17. Pringles R., Olsina F., Garcés F. Real option valuation of power transmission investments by stochastic simulation. *Energy Economics*, 2015, no. 47, pp. 215–226.
18. Trigeorgis L., Reuer J.J. Real options theory in strategic management. *Strategic Management Journal*, 2015, vol. 38, no. 1, pp. 42–63.
19. Shokrollahi F., Sottinen T. Hedging in fractional Black–Scholes model with transaction costs. *Statistics & Probability Letters*, 2017, no. 130, pp. 85–91.
20. Mazurina E.V. Valuation of hydrocarbon resources under conditions of high degree of uncertainty. *Oil and gas geology. Theory and practice*, 2011, vol. 6, no. 2, pp. 190–214. In Rus.
21. Tee J., Scarpa R., Marsh D., Guthrie G. Forest valuation under the New Zealand emissions trading scheme: a real options binomial tree with stochastic carbon and timber prices. *Land Economics*, 2014, vol. 90, no. 1, pp. 44–60.

*Received: 8 October 2018.*