

---

---

# СТАТИСТИКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

УДК 338.242.2

## МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО УЧЕТА ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПРИНЯТИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**А.О. Костылев, Л.В. Скопина**

Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет

E-mail: kostylev2102@gmail.com , l.v.skopina@gmail.com

В работе проведен анализ и систематизация основных факторов неопределенности, которые требуется учитывать при оценке инвестиционных проектов в нефтегазовой сфере. Рассмотрены методы комплексного учета основных факторов неопределенности: метод реальных опционов, вероятностное моделирование с помощью дерева решений и метод Монте-Карло. Представлены результаты экспериментальных расчетов по комплексному учету факторов геологической, экономической и управленческой неопределенностей.

*Ключевые слова:* нефтегазовые инвестиционные проекты, факторы неопределенности при оценке, DCF метод, вероятностное моделирование, дерево решений, метод Монте-Карло, метод реальных опционов.

## MODELS OF COMPLEX CONSIDERATION OF UNCERTAINTY FACTORS IN INVESTMENT DECISION MAKING IN OIL AND GAS INDUSTRY

**A.O. Kostylev, L.V. Skopina**

Novosibirsk State University

E-mail: kostylev2102@gmail.com, l.v.skopina@gmail.com

The main factors of uncertainty required to be considered in oil and gas investment project evaluation are analyzed and systemized. The article considers methods of complex consideration of the main uncertainty factors: real option method, modeling with probability (decision tree and Monte Carlo method). Results of experimental calculations that simultaneously consider geological, economical and managerial uncertainty factors.

*Key words:* oil and gas investment projects, factors of uncertainty in evaluation, DCF method, modeling with probability, decision tree, Monte Carlo method, real option method.

Следует заранее примириться с тем, что всякое принятое решение сомнительно, ибо это в порядке вещей, что, избежав одной неприятности, попадаешь в другую.

*Николо Макиавелли*

Сложная геополитическая обстановка в мире, направленная на изоляцию России в международном экономическом пространстве, требует квалифицированной оценки возможностей реализации инвестиционных проектов (ИП) в условиях нарастания факторов неопределенности и рисков.

В этой связи актуальность задач по повышению эффективности управленческих решений имеет большое значение в обеспечении экономического роста отраслей российской экономики, в том числе нефтегазового сектора как ее локомотива.

### **Неопределенность – неотъемлемая характеристика инвестиционного проекта в нефтегазовой отрасли**

Важно принимать во внимание тот факт, что изучение и разработка месторождения углеводородного сырья является вероятностным процессом, которому присущи высокий уровень неопределенности и риски. В обыденном понимании неопределенность обычно связывается с такими характеристиками, как непредсказуемость, случайность, неоднозначность, нечеткость. Под неопределенностью в данной работе мы будем понимать наличие нескольких возможных исходов каждой альтернативы. Термин «риск» обозначает возможность количественной оценки неблагоприятного исхода в условиях неопределенности.

Неопределенность параметров ИП может обуславливаться следующими факторами [3]:

- неполнотой или неточностью информации о значениях наиболее существенных технических, технологических или экономических параметров объектов;
- ошибками в расчетах параметров проекта, обусловленных экстраполяцией на будущее данных и зависимостей, имевших место в прошлом, и иными факторами;
- упрощением расчетов финансово-экономических параметров проекта, обусловленного моделированием сложных технических или организационно-экономических систем.

В.И. Назаров и Л.В. Калист [10] иллюстрируют соотношение рисков и масштабов потерь от инвестиций на разных стадиях изученности месторождения углеводородных ресурсов (рис. 1).

Как видно из рис. 1, на начальных стадиях реализации проекта вероятность получить неудовлетворительный результат от реализации ИП максимальна по причине низкой изученности месторождения. В то же время в начале инвестиционного процесса масштаб потенциальных потерь является относительно небольшим. В ходе реализации инвестиционного процесса объем осуществленных инвестиций увеличивается, что обуславливает и увеличение потенциального масштаба потерь. Но вместе с развитием ИП поступает достоверная информация о реально достижимых результатах.

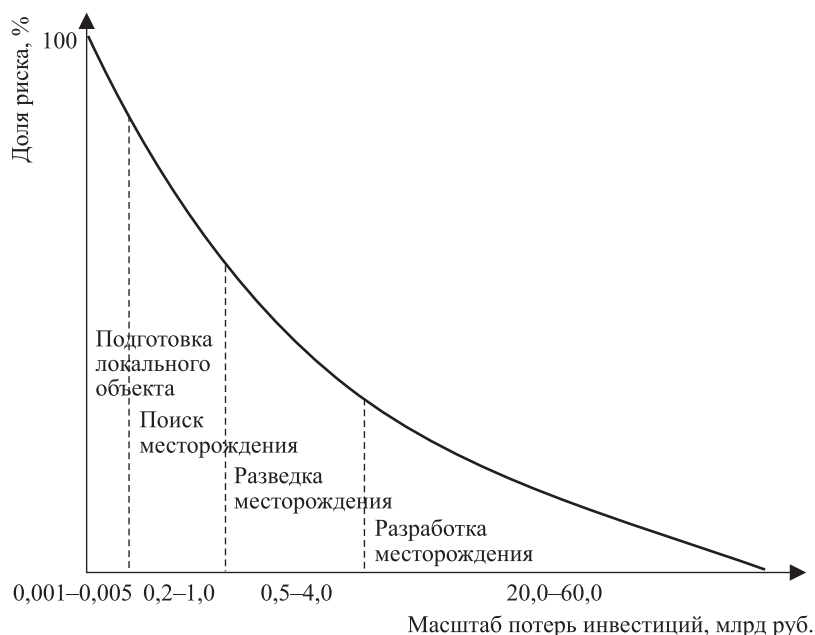


Рис. 1. Соотношение доли риска и масштабов потерь инвестиций

Новая информация позволяет скорректировать прогнозы, предпринять необходимые управленческие решения и снизить вероятность потерь.

Можно выделить следующие факторы неопределенности в добыче углеводородов, которые должны учитываться при проведении оценки эффективности ИП [2,5].

1. *Геологическая неопределенность.* Под геологической неопределенностью подразумевается риск несоответствия параметров качества и количества извлекаемых запасов нефти их первоначальным оценкам: нефтегазовые запасы и их качество окажутся ниже ожидаемого уровня. Крайний случай – это риск неподтверждения открытия месторождения. По мере проведения ГРП геологическая неопределенность снижается. Чем выше степень изученности месторождения, тем ниже вероятность неверных оценок качества и количества запасов и ресурсов.

Примерами реализации геологической неопределенности могут служить неудавшиеся «сланцевые революции» в области газодобычи в Польше. Такие известные международные компании, как Marathon, Talisman, Exxon и Eni, поверившие в перспективность коммерческой добычи сланцевого газа в Польше, отказались от реализации инвестиционных проектов из-за неподтверждения первоначальных оценок запасов, что привело к нецелесообразности дальнейшего осуществления инвестиций в разведку и добычу.

2. *Экономическая неопределенность* в первую очередь обусловлена изменениями мировых цен на нефть и нефтепродукты, нестабильной рыночной конъюнктурой, уровнем инфляции, ставками налогов, изменениями валютных курсов и т.д. Важным фактором экономической неопределенности являются издержки на проведение ГРП и разработку месторождения. Этот вид неопределенности обусловлен преимущественно внешними фактора-

ми, соответственно, нефтедобывающие компании практически не могут ее регулировать, только лишь прогнозировать, либо оценивать на основе экспертных оценок.

Влияние указанного фактора неопределенности в полной мере проявилось в 2014 г.: с июня по декабрь цена нефти марки Brent на мировых биржах снижалась со 115 до 55 долл. США за баррель. Такое значительное снижение уровня цен на нефть вызовет приостановку или отказ от реализации многих инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли, а также приведет к пересмотру инвестиционных планов в кратко- и среднесрочной перспективе.

3. *Неопределенность коммерческой ценности* открытого месторождения относится не только к геологической, но и к экономической. Коммерческая ценность зависит от следующих параметров: объемов запасов и ресурсов нефти, условий залегания нефти, дебитов скважин, географического расположения месторождения (расстояние до трубопровода, природно-климатические особенности), уровень эксплуатационных и капитальных затрат.

Иллюстрацией влияния указанного фактора неопределенности на инвестиционный процесс может служить тот факт, что власти Китая (США объявили КНР обладателем крупнейших ресурсов сланцевого газа в мире) в 3 раза снизили план по добыче сланцевого газа на 2020 г. со 100 до 30 млрд кубометров в год из-за «сложной геологии».

4. *Технологическая неопределенность* связана с прогнозом технологических показателей разработки месторождения. Под технологической неопределенностью понимают также возможность возникновения неблагоприятных, в том числе аварийных, ситуаций из-за неправильного выбора, или несоответствия техническим нормам оборудования, ошибочного выбора технологической схемы разработки месторождения.

Крупнейшей ошибкой в области нефтедобычи в СССР часто называют разработку уникального Самотлорского нефтегазоконденсатного месторождения, геологические запасы нефти которого были оценены в 7,1 млрд т, а извлекаемые – в 2,7 млрд т. Из-за неправильного выбора варианта разработки случилось обводнение месторождения, что привело к резкому падению его продуктивности.

5. *Политическая неопределенность* обуславливается нестабильной политической ситуацией в стране. Так же, как и экономическая, вызвана внешними факторами, соответственно нефтедобывающие компании не могут адекватно регулировать степень данной неопределенности. Прогнозировать ее еще трудней, чем экономическую.

Факторы политической неопределенности привели к тому, что многие европейские и американские энергетические компании понесли большие убытки из-за вложений в инвестиционные проекты в некоторых африканских странах (например, в Алжире и Ливии) и на Ближнем Востоке (например, в Сирии и Ираке).

6. *Экологическая неопределенность* обусловлена наступлением ответственности за нанесение ущерба окружающей среде, а также жизни и здоровью третьих лиц. Возникает из-за событий природного (катаклизмы) и техногенного характера.

Примером экологической аварии, приведшей к ухудшению финансового положения такой крупнейшей международной энергетической компании, как BP, может считаться случившийся в апреле 2010 г. розлив нефти в Мексиканском заливе. Последствиями разлива нефти стали загрязнение 1100 миль побережья США, массовая гибель флоры и фауны в зоне экологической катастрофы. Всего к концу 2013 г. BP потратила на возмещение причиненного техногенной катастрофой урона более 14 млрд долл.

*7. Управленческая неопределенность.* В реальном бизнесе наблюдается делегирование полномочий принятия инвестиционных решений от собственников к менеджеру. Менеджер же преследует свои цели при принятии управленческих решений. Этим обуславливается неопределенность, связанная с принятием управленческих решений и определяющая финансово-экономические параметры ИП в период его жизненного цикла.

Менеджеры, принимающие инвестиционные решения, склонны завышать собственные силы и переоценивать результаты проектов, находящихся под их контролем. Результаты многочисленных исследований подтверждают, что завышение менеджерами прибыльности и капитальных затрат при реализации инвестиционных проектов является важнейшим следствием эффекта излишней самоуверенности. Актуальность учета фактора управленческой неопределенности в современных условиях дефицита инвестиций возрастает в разы. Эффект излишней самоуверенности менеджеров как фактор неопределенности описан нами в статье «Эффект излишней самоуверенности менеджера как фактор неопределенности при оценке нефтегазовых инвестиционных проектов», вышедшей в журнале «Вестник НГУ: социально-экономические науки» в 2013 г. [7].

Таким образом, систематизация факторов неопределенности, присущих ИП в нефтегазовой отрасли, позволяет сделать вывод о необходимости их комплексного учета при построении моделей оценки для принятия оптимальных управленческих решений. В рамках доходного подхода к оценке современная экономическая наука изобрела инструменты, позволяющие учесть факторы неопределенности, присущие ИП. Рассмотрим их более подробно.

### **Модели оценки нефтегазовых инвестиционных проектов**

Инвесторам, собирающимся вкладывать средства в проведение геолого-разведочных работ (ГРР) и разработку месторождений, необходимо использовать корректные методы оценки инвестиционных проектов для принятия оптимальных управленческих решений и недопущения финансовых потерь. В наибольшей степени это справедливо для проектов, сырьевая база которых включает объекты с прогнозными и перспективными ресурсами.

В работе рассматривается доходный подход для оценки инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли. В рамках доходного подхода приемлемая для инвестора стоимость объекта оценки представляет собой сумму всех приведенных по фактору времени доходов от инвестиции (за вычетом понесенных в соответствующие периоды расходов), которые может

получить владелец объекта в результате наиболее эффективного его использования [1]. Кроме того, требуется оценка объекта владения на конец прогнозного периода и ее приведение по фактору времени: в случае ликвидации объекта потребуются понести дополнительные затраты, а в случае дальнейшего использования потребуются оценка оставшейся ценности. Все указанные выше факторы должны найти отражение в стоимостной оценке объекта, полученной с помощью доходного подхода.

Преимущества подхода состоят в том, что только он единственный обеспечивает учет будущих ожиданий относительно затрат, цен, инвестиций и включает в себя рыночный аспект, поскольку требуемая ставка дисконта определяется рынком.

Рассмотрим более подробно существующие модели оценки инвестиционных проектов в рамках доходного подхода, которые позволяют учесть выделенные ранее факторы неопределенности.

### 1. Модель DCF

Проанализируем математическую формулу DCF метода, являющегося ключевым в доходном подходе:

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^N \frac{NCF(t)}{(1+R)^t} + \frac{VRR}{(1+R)^N}, \quad (1)$$

где  $NPV$  – чистая приведенная стоимость (чистый дисконтированный доход),  $I$  – первоначальный объем инвестиций,  $NCF(t)$  – чистый поток доходов в период  $t$ ,  $VRR$  – стоимость не добытых к концу прогнозного периода, но доступных для извлечения запасов (обычно оценивается посредством DCF или на основе мультипликаторов по компаниям-аналогам),  $R$  – ставка дисконтирования,  $N$  – число плановых периодов (интервалов) инвестиционного процесса, соответствующих сроку жизни проекта.

До последнего времени традиционный метод дисконтирования денежных потоков являлся наиболее популярным в отечественной и зарубежной практике оценки эффективности ИП в нефтедобыче. С помощью показателя чистого дисконтированного дохода ( $NPV$ ) учитываются следующие параметры [2]: уровень запасов и качество углеводородов; уровень спроса и предложения на рынке минерального сырья и ресурсов, необходимый для разработки месторождений; уровень капитальных и текущих затрат, определяемых технико-технологическими возможностями, правилами охраны окружающей среды; налоговые режимы, действующие в стратегической зоне хозяйствования компании.

Главный недостаток данного метода для малоизученных районов состоит в том, что невозможно комплексно учесть множество неопределенностей и рисков, присущих ИП в нефтедобыче [5]. Основная критика DCF метода заключается в том, что по своей природе он не способен объективно учитывать факторы неопределенности, присущие инвестиционному проекту, поскольку результатом его использования в расчетах является детерминированная оценка (единственное число). Также необходимо отметить, что для месторождений в слабоизученных регионах страны показатель чистого дисконтированного дохода (ЧДД), или  $NPV$ , при детерминированной оценке зачастую оказывается отрицательным, а, следовательно, на его

основе невозможно принять положительное решение о разработке месторождения, хотя на практике разработка может оказаться рентабельной при рассмотрении нескольких объектов в совокупности. Кроме того, объективность оценки ЧДД зависит и от профессионализма инвестора, правильности составления программы разведки и разработки лицензионного участка, оптимальности капитальных и эксплуатационных затрат и схемы финансирования.

Существенные недостатки простого DCF метода оценки ИП стали катализатором развития альтернативных концепций в экономической науке.

## **2. Модификация DCF метода: сценарное моделирование (метод Гурвица)**

Одной из первых модификаций классического DCF анализа с одним результирующим показателем (*NPV*) был метод Гурвица, в котором, помимо базового сценария развития событий, было предложено рассматривать два альтернативных сценария: наихудший и наилучший. После этого результирующая оценка получается как взвешенная всех трех оценок (базовой, наилучшей и наихудшей) с помощью задания весовых коэффициентов. Задание весовых коэффициентов объясняется отношением инвестора к риску. Консервативный инвестор предпочитает наращивать вес наихудшего сценария во взвешенной оценке, тогда как инвестор, готовый пойти на риск, будет увеличивать вес наиболее оптимистичного. В классическом случае рассматривается взвешенная оценка с равными весами всех трех показателей.

Как правило, в расчете сценариев учитывается параллельное изменение факторов неопределенности. Применительно к оценке целесообразности приобретения лицензии на разведку и разработку нефтегазового участка недр в качестве наихудшего (пессимистичного) сценария логично рассмотреть вариант, когда на этапе геологической разведки капитальные вложения в строительство разведочных скважин и расходы на проведение прочих ГРП не приведут к разведке дополнительных запасов нефти или лишь незначительный объем из запланированного будет подтвержден. На эксплуатационном этапе реализация наихудшего сценария приведет к удорожанию факторов производства (рабочая сила, оборудование и т.д.) и удешевлению конечной продукции. Соответственно, наилучший сценарий представляет собой зеркальное отражение наихудшего.

Основные достоинства метода Гурвица:

- простота использования и широкая распространенность в профессиональных кругах;
- возможность оценить максимальные потери инвестора в случае самого негативного сценария развития событий;
- позволяет оценить максимально достижимый потенциал от реализации инвестиционного проекта.

Основные недостатки метода:

- ограниченная возможность комплексно учесть факторы неопределенности;
- субъективизм присвоения вероятностей сценариям для получения агрегированной оценки;

– риск принять неверное инвестиционное решение из-за искажения реальной вероятности наступления события. При оценке наихудшего сценария надо объективно учитывать его вес вхождения в агрегированную оценку: как правило, оценка наихудшего сценария сверхпессимистична (вероятность стечения всех негативных факторов невелика) и неправильно подобранный вес способен загубить стоящий проект. Аналогичные выводы верны для наилучшего сценария развития событий.

### **3. Вероятностное моделирование: дерево решений**

В процессе вероятностной геолого-экономической и стоимостной оценки запасов и ресурсов углеводородов на малоизученных объектах моделируется процесс ГРП, в ходе которого снижается неопределенность исходных параметров объектов. Одним из методов такого моделирования служит дерево решений. Детально рассмотрим этапы его построения [5].

1. Выделение возможных событий, которые могут произойти при реализации проекта, а также выделение решений, которые могут быть приняты при их наступлении. В рамках геолого-экономического и стоимостного анализа под событиями могут пониматься результаты этапов и стадий ГРП, применения методов интенсификации добычи, выбора рынка сбыта продукции и т.п. При наступлении перечисленных событий могут быть выбраны следующие решения: продолжение или прекращение ГРП, выбор того или иного метода, технологии добычи, рынка сбыта и т.п.

2. Определение последовательности, в которой происходят эти события во времени, и формирование основных этапов реализации проекта. В качестве этапов могут выступать основные стадии ГРП и работы по изучению и освоению объектов оценки.

3. Определение основного фактора неопределенности каждого этапа и соответствующих параметров расчетной модели, характеризующих этот фактор. Наступление того или иного события зависит от того, какое значение примет этот фактор неопределенности.

4. Построение дерева решений и расчет результирующих показателей по каждому событию. Дерево решений строится следующим образом: «события выстраиваются по этапам и соединяются с помощью стрелок, обозначающих решения. Стрелка (решение) соединяет исходное и результирующее события, происходящие на разных этапах. Причем направление стрелок (решения), как правило, идет из более раннего во времени этапа к более позднему. Из исходного события может выходить одновременно несколько решений (стрелок), а в результирующее входит только одно решение (стрелка). Если событие находится на промежуточном этапе, оно выступает одновременно и как исходное, и как результирующее. На основе статистических данных или экспертно прогнозируется вероятность наступления каждого из выделенных событий. Следует отметить, что отсутствие статистики для определения этой вероятности является основным из недостатков как метода построения дерева решений, так и метода имитационного моделирования. При определении вероятности события следует иметь в виду, что сумма вероятностей наступления всех результирующих событий, выходящих из одного исходного события, должна составлять 100 %. Вероятность наступления итоговых, результирующих событий последнего



этапа реализации проекта называется совместной. Совместная вероятность рассчитывается путем перемножения вероятностей наступления событий ветви на каждом этапе. Сумма совместных вероятностей также должна составлять 100 %» [5, с. 102].

При построении дерева решений в качестве этапов проведения геолого-разведочных работ могут быть выделены следующие: 1) сейсморазведочные; 2) поисково-оценочные; 3) разведочные. В дереве решений на каждом этапе также может быть заложена возможность прекращения дальнейших работ (нет сеймики, нет поиска, нет разведки). Денежный поток инвестора в этом случае будет состоять только из затрат на ГРП за каждый период их проведения и  $NPV$  будет равен сумме затрат на ГРП, приведенных к нулевому году.

Основные достоинства метода вероятного моделирования с помощью дерева решений:

1) отображает легкую для понимания схему возникновения событий, показывает причинно-следственную связь;

2) метод базируется на анализе организационных стратегий и выборе той, которая максимизирует ожидаемый  $NPV$ ;

3) полезен в ситуациях, когда решения, принимаемые в данный момент времени, сильно зависят от решений, принятых ранее, и принимаемые в данный момент времени решения определяют сценарии дальнейшего развития событий;

4) структура дерева решений позволяет заменять непрерывные распределения значений параметров модели дискретными (например, возможный размер запасов выражен как крупный, мелкий или нулевой), что приводит к упрощению расчетов;

5) позволяет определить риск получения убытков при неудачном освоении и потенциальную прибыль в случае успеха.

Основные недостатки метода:

1) исходная предпосылка о том, что проект должен иметь обозримое или разумное число вариантов развития;

2) требуется экспертная оценка вероятностей реализации событий;

3) структура дерева решений с дискретным распределением параметров модели требует экспертных оценок для определения вероятности реализации исходов, что может повлечь субъективизм и искажение результатов моделирования;

4) ограниченная возможность комплексного учета факторов неопределенности. В случае одновременного включения в модель большого числа факторов возникнет затруднение с интерпретацией результатов. В общем случае эффективно анализировать лишь один фактор неопределенности на каждом этапе реализации ИП.

#### **4. Вероятностное моделирование: метод Монте-Карло**

Анализ инвестиционных проектов с использованием этого метода оценки представляет собой сочетание методов анализа чувствительности и анализа сценариев в рамках метода DCF.

В работе Волкова и Грачевой [4] можно найти схему, описывающую методологию оценки ИП с помощью имитационного моделирования Монте-Карло (рис. 2).

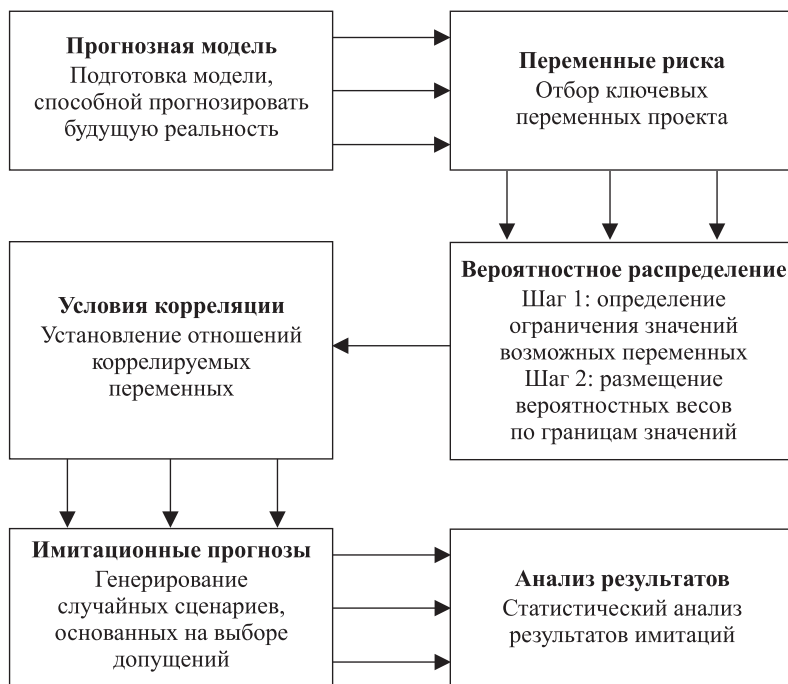


Рис. 2. Графическое представление метода Монте-Карло

Детально рассмотрим этапы получения оценки ИП на примере введения в эксплуатацию нефтегазового участка недр при моделировании двух факторов неопределенности:

1. *Прогнозная модель.* В качестве основной модели оценки эффективности ИП используется DCF и NPV выбирается в качестве результирующего показателя оценки.

2. *Переменные риска.* В качестве основных факторов неопределенности могут выделяться два: геологический (переменная модели – объем извлекаемых ресурсов) и экономический (переменная в модели – цена реализации товарной продукции). Объем извлекаемого сырья влияет на затраты.

3. *Вероятностное распределение.* На основе анализа проектов-аналогов и практики ведущих нефтегазовых компаний устанавливаются границы изменения выбранных в п. 2 переменных и допустимые распределения.

4. *Условия корреляции.* Построение выбранной в п. 1 модели: устанавливаются взаимозависимости между переменными и алгоритм расчета результирующего показателя (NPV в нашем случае).

5. *Имитационные прогнозы.* С помощью подходящего программного обеспечения (например, Risk-Master или EVIEWS) генерируется случайный сценарий реализации ИП: программа выбирает цену реализации и объем извлекаемой нефти из заданных распределений (две конкретные реализации двух случайных величин). На основе установленных связей рассчитываются значения зависимых переменных (например, операционных затрат). Результирующим показателем является NPV. С помощью большого количества подобного рода симуляций получаем множество возможных результатов NPV.

6. *Анализ результатов.* Производится статистический анализ полученных значений *NPV*: вероятность положительных/отрицательных значений, расчет статистик (среднее значение, минимум, максимум, дисперсия и т.д.), построение гистограммы и эмпирической функции распределения. На основе статистического анализа инвестор может сделать вывод о риске реализации ИП.

Для увеличения достоверности результатов анализа эффективности ИП (повышение точности расчетов) метод Монте-Карло требует проведения большого количества имитаций (порядка 10 000). Для проведения экспериментальных расчетов, результаты которых приведены в следующем разделе статьи, использовался эконометрический пакет EVIEWS и авторская программа для моделирования.

Основные достоинства вероятного моделирования с помощью метода Монте-Карло:

- метод является простым для понимания;
- способен учесть большее количество факторов неопределенности по сравнению с сценарной модификацией DCF подхода (метод Гурвица) или вероятностным моделированием с помощью дерева решений;
- статистическим путем позволяет корректно определить риск реализации проекта.

Основные недостатки метода:

- требует задания законов распределений переменным параметрам модели, призванным учесть неопределенность. Ошибка в допущениях способна привести к искажению результирующих оценок и неэффективным управленческим решениям на их основе. Таким образом, точность оценок в значительной степени зависит от качества исходных предположений;
- для возможности получения достаточного количества симуляций требуется специальное программное обеспечение и квалификация лица, ответственного за это.

### **5. Метод реальных опционов**

Дальнейшее развитие концепции современной оценки активов, прежде всего, связано с применением теории опционов для оценки инвестиционных проектов (теория реальных опционов). Нарботки исследователей в финансовой областях оказались весьма востребованными топ-менеджментом компаний. Согласно исследованию среди 4 000 управляющих ведущих компаний [12], около 27 % респондентов используют оценки методом реальных опционов для принятия ключевых инвестиционных решений постоянно или на регулярной основе.

С начала 1970-х гг. в финансовом мире начали развиваться контракты call и put, которые дают их владельцу право, но не обязанность продать или купить определенный актив при наступлении указанной даты или события по заранее определенной цене. С этого момента принято отсчитывать зарождение теории опционов в финансовой сфере. Впоследствии финансовая теория получила свое развитие и стала широко использоваться для оценки инвестиционных проектов в реальных секторах экономики. Фундаментальная работа в этой области принадлежит Dixit и Pindyck [11].

Стандартное предположение, сделанное в теории опционов: цены распределяются по логнормальному броуновскому движению. Эта модель

была предложена Black and Scholes в начале 1970-х гг. [11]. Экспериментальные исследования показали, что она хорошо аппроксимирует колебание цен на коротком промежутке времени. Если цены следуют стандартной модели Black and Scholes, то стартовая цена  $S$  удовлетворяет дифференциальному уравнению [11]:

$$dS_t = \sigma S_t dW_t + \mu S_t dt \quad (2)$$

или

$$d \ln S_t = \sigma dW_t + \mu dt, \quad (3)$$

где  $S_t$  – курс акций,  $W_t$  – броуновское движение,  $\mu$  – отклонение курса акций,  $\sigma$  – их дисперсия. Для цен существуют и альтернативные модели. Они включают модели «mean reverting» и «jump models». В опционах выбор стохастической модели неявно определяет распределение, которое используется, чтобы моделировать параметры входа. Например, для Black and Scholes это логнормальное с дрейфом математического ожидания.

Для оценки стоимости call опциона применяется формула Black and Scholes:

$$C(S, t) = S \cdot N(d1) - K \cdot e^{-rt} \cdot N(d2), \quad (4)$$

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}}, \quad (5)$$

$$d2 = d1 - \sigma \cdot \sqrt{t}, \quad (6)$$

где  $C(S, t)$  – ценность опциона;  $S$  – текущая стоимость базового актива;  $K$  – цена исполнения опциона;  $r$  – безрисковая процентная ставка, соответствующая сроку жизни опциона;  $t$  – срок жизни опциона;  $\sigma$  – стандартное отклонение доходности базового актива;  $N(d)$  – кумулятивная вероятность функции нормального распределения.

Таким образом, ценность опциона тем выше, чем выше текущая стоимость базового актива ( $S$ ), стандартное отклонение доходности базового актива ( $\sigma$ ), безрисковая процентная ставка ( $r$ ), дольше срок жизни опциона ( $t$ ) и ниже цена исполнения ( $K$ ).

Таким образом, главная особенность теории опционов применительно к оценке активов: источники неопределенности, связанные с активами, рассматриваются не с позиции возникновения проблем с точностью стоимостных оценок, а являются причиной, по которой опцион имеет ценность [11].

Применительно к углеводородным активам можно заключить [2]:

1) поток денежных средств, создаваемый оцениваемым активом, является зависимым от подтверждаемости запасов в процессе геолого-разведочных работ. Это важнейший источник неопределенности в период полного комплекса ГРП;

2) ценность является производной от ценности другого актива (например, мировой цены на нефть) на протяжении всего срока добычи полезных ископаемых, определяемого сроком отработки месторождения.

Одним из российских исследователей в области оценки углеводородов является Е.В. Мазурина. В статье «Оценка стоимости ресурсов углеводо-

родов в условиях высокой степени неопределенности» автор отмечает, что опцион на освоение природных ресурсов по своей сути является радужным (двухцветным) [6], т.е. опцион в значительной степени подвержен влиянию двух видов неопределенности, описанных выше. В этой связи применение обычной формулы Black and Scholes может привести к некорректным оценкам стоимости и, следовательно, неоптимальным управленческим решениям и их последствиям. Е.В. Мазурина предлагает проводить оценку путем обоснования стоимости по двум опционам на базе разделения периода владения недрами на два периода: разведка и эксплуатация.

Этап разведки характеризуется значительным объемом инвестиций и незначительными объемами добытого сырья (предполагаем далее, что добыча не планируется вовсе). Таким образом, Е.В. Мазурина предлагает использовать формулу (4) со следующими модификациями [6]:

$K$  – затраты на ГРП;

$t$  – период проведения ГРП;

$\sigma$  – стандартное отклонение коэффициентов подтверждаемости запасов по конкретному нефтегазовому району.

На эксплуатационном этапе используется также формула (4), но с другими параметрами:

$K$  – затраты на эксплуатационное бурение, обустройство месторождения, строительство инфраструктуры и объектов транспорта углеводородов;

$t$  – период полной отработки запасов или срок действия лицензии на добычу полезных ископаемых;

$\sigma$  – стандартное отклонение мировых цен на нефть.

По лучшему из полученных результатов ценности двух опционов и определяется сегодняшняя стоимость участка недр.

Следует ожидать, что оценка проекта методом реальных опционов окажется выше той, что получена с помощью стандартного DCF метода. Главным объяснением этого результата является то, что согласно модели Black and Scholes инвестор рискует только частью своего капитала в объеме затрат на ГРП. При этом после проведения разведывательных работ инвестор получит достоверные данные для оценки объема извлекаемых запасов нефти и сможет принять соответствующее управленческое решение (продолжать, приостановить или завершить проект). Таким образом, ценность проекта увеличивается по объективным причинам [6].

Главная особенность метода реальных опционов – рассмотрение волатильности основных параметров инвестиционной модели в качестве потенциальных источников стоимости. Так, например, предполагаемый проект разработки нефтяного месторождения может оказаться неэффективным при текущих ценах на нефть, но в случае роста цен инвестирование станет целесообразным. Таким образом, приняв управленческое решение полностью отказаться от реализации проекта, инвестор упустит возможность получить прибыль из-за роста рыночных цен.

Важнейшими допущениями модели Black and Scholes являются следующие:

– текущая стоимость базового актива изменяется в соответствии с дифференциальным уравнением, характеризующим геометрическое броуновское движение;

- параметры не изменяются во времени;
- риски, связанные с изменениями параметров модели, являются экзогенными по своей природе.

Учитывая описанные выше допущения модели Black and Scholes, можно выделить следующие основные достоинства метода реальных опционов:

- возможность учесть максимальный эффект от реализации ИП;
- возможность учесть гибкость процесса разработки месторождения, благодаря формированию рациональной стратегии добычи.

Основные недостатки метода:

- большое количество допущений;
- требуется высокая квалификация лица, ответственного за расчеты, наличие определенного уровня финансово-экономической грамотности и опыта;

- результаты расчетов очень чувствительны к допущениям значений основных параметров модели. Ключевые параметры модели задаются менеджером, и в этом смысле полученные результаты и их интерпретация являются весьма субъективными.

### Экспериментальные расчеты

С целью проверки теоретических положений, изложенных в данной работе, авторами были проведены экспериментальные расчеты по оценке целесообразности реализации ИП по добыче углеводородного сырья с использованием простого и модифицированного DCF методов, вероятностного моделирования (дерево решений, метод Монте-Карло) и метода реальных опционов. Участок недр, выбранный для проведения экспериментальных расчетов по оценке эффективности его разработки, обладает следующими характеристиками запасов и ресурсов нефти: С1 в размере 6,649 млн т, С2 – 9,976 млн т, С3 и Д1 в размере 20,4 и 12 млн т соответственно. Согласно рекомендациям по оценке нефтегазовых активов методики Комиссии по ценным бумагам и биржам США (SEC) и методики Международного общества инженеров-нефтяников (SPE) ставка дисконтирования в моделях установлена на уровне 10 %. В расчетах цена конечной продукции установлена на уровне 5500 руб. за тонну сырой нефти. Транспортировка нефти и дальнейшая судьба добытого сырья (экспорт сырой нефти, переработка для российского рынка, переработка с целью экспорта) не анализировались. При анализе эффективности реализации ИП решалась задача по комплексному учету двух базовых факторов неопределенности:

- 1) геологического (вариация количества товарной продукции);
- 2) экономического (изменение цены на нефть в средне- и долгосрочной перспективе).

В качестве дополнительного фактора неопределенности анализировались последствия от делегирования принятия управленческих решений от собственника к наемному менеджеру, приводящие к завышению капитальных затрат на реализацию ИП на 10 %. Риск проекта (вероятность получения отрицательного *NPV*) выбран в качестве результирующего показателя расчетов. Результаты анализа представлены в таблице.

**Результаты экспериментальных расчетов оценки целесообразности реализации ИП по добыче углеводородного сырья с использованием различных моделей**

Модель	Риск проекта		Комментарий
	Геологическая и экономическая неопределенность	Геологическая, экономическая и управленческая неопределенность	
DCF	–	–	Применение затруднительно в силу высокой неопределенности исходных параметров объекта
Метод Гурвица	100 %*	100 %*	Невозможно комплексно учесть все три фактора неопределенности. Моделируется равная вероятность реализации оптимистичного, пессимистичного и базового сценариев
Дерево решений	83,75 %*	100 %*	Рассматриваемая модель исключает возможность комплексного учета трех факторов неопределенности из-за проблем с интерпретацией результатов
Метод Монте-Карло	60 %	81 %	Метод позволяет комплексно учесть все три фактора неопределенности. 10 000 имитаций проводились с помощью эконометрического пакета EVIEWS
Метод реальных опционов	0 %	0 %	Метод позволяет комплексно учесть все три фактора неопределенности. Высокая неопределенность параметров (извлекаемые запасы и цена товарной продукции) в методе реальных опционов повышает стоимость проекта. Увеличение же капитальных затрат (цена исполнения) негативным образом сказывается на стоимости опциона. Высокая оценка ценности ИП представляется завышенной и может быть по достоинству воспринята лишь инвестором, толерантным к риску. В общепринятом смысле методология не дает возможности оценить риск ИП

\* Изменение цены реализации товарной продукции не учитывается.

Полученные нами результаты расчетов позволяют сделать вывод о необходимости использовать более сложные и комплексные модели оценки, чем простая DCF модель, при принятии взвешенных управленческих решений о целесообразности реализации ИП, характеризующихся высоким уровнем неопределенности исходных параметров. По результатам анализа можно заключить, что только метод Монте-Карло позволил комплексно учесть все три рассматриваемых фактора неопределенности и корректно оценить риск реализации ИП.

Игнорирование неопределенности и рисков способно привести к многомиллиардным убыткам инвесторов, ухудшению деловой репутации и потере рыночных позиций по сравнению с конкурентами. Создание и внедрение

эффективного риск-менеджмента, которые позволят корректно учитывать сразу несколько факторов риска и неопределенности, а также их взаимное влияние на оценку ИП, должны стать приоритетной задачей для собственников и наемных менеджеров ведущих нефтегазовых компаний.

### Литература

1. *Ампиров Ю.П., Герт А.А.* Экономическая геология. М.: Геоинформмарк, 2006. 406 с.
2. *Андреев А.Ф., Зубарева В.Д., Саркисов А.С.* Методические аспекты оценки инвестиционных проектов в нефтяной и газовой промышленности. М.: Полиграф, 1996. 200 с.
3. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. М.: Дело, 2002. 888 с.
4. *Волков И.М., Грачева М.В.* Проектный анализ. М.: ЮНИТИ, 1998. 202 с.
5. *Герт А.А., Волкова К.Н., Немова О.Г., Супрунчик Н.А.* Методика и практический опыт стоимостной оценки запасов и ресурсов нефти и газа. Новосибирск: Наука, 2007. 384 с.
6. *Мазурина Е.В.* Оценка стоимости ресурсов углеводородов в условиях высокой степени неопределенности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6, № 2. С. 7.
7. *Мкртчян Г.М., Костылев А.О., Скопина Л.В.* Эффект излишней самоуверенности менеджера как фактор неопределенности при оценке нефтегазовых инвестиционных проектов // Вестник НГУ: социально-экономические науки. 2013. Т. 13, вып. 3. С. 102–113.
8. *Мкртчян Г.М., Морозов В.П., Скопина Л.В., Шубников Н.Е.* Развитие доходных методов оценки эффективности разработки лицензионных участков с учетом неопределенности и рисков // Наука и образование. Якутск. 2012. № 3. С. 101–105.
9. *Мкртчян Г.М., Рымаренко М.В., Скопина Л.В.* Метод реальных опционов как эффективный инструмент экономической оценки запасов // Вестник НГУ. 2012. № 1. С. 69–81.
10. *Назаров В.И., Калист Л.В.* Риски в системе управленческих решений по выбору направлений и объектов освоения морских углеводородных ресурсов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2. С. 14.
11. *Dixit Avinash K., Pindyck Robert S.* Investment under uncertainty. Princeton University Press, 1994. 488 p.
12. *Graham John R., Harvey Campbell R.* The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field // JFE, 2001. 54 p.

### Bibliography

1. *Ampilov Ju.P., Gert A.A.* Jekonomicheskaja geologija. M.: Geoinformmark, 2006. 406 p.
2. *Andreev A.F., Zubareva V.D., Sarkisov A.S.* Metodicheskie aspekty ocenki investicionnyh proektov v neftjanoj i gazovoj promyshlennosti. M.: Poligraf, 1996. 200 p.
3. *Vilenskij P.L., Livshic V.N., Smoljak S.A.* Ocenka jeffektivnosti investicionnyh proektov: Teorija i praktika. M.: Delo, 2002. 888 p.
4. *Volkov I.M., Gracheva M.V.* Proektnyj analiz. M.: JuNITI, 1998. 202 p.
5. *Gert A.A., Volkova K.N., Nemova O.G., Suprunchik N.A.* Metodika i prakticheskij opyt stoimostnoj ocenki zapasov i resursov nefti i gaza. Novosibirsk: Nauka, 2007. 384 p.
6. *Mazurina E.V.* Ocenka stoimosti resursov uglevodorodov v uslovijah vysokoj stepeni neopredelennosti // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika. 2011. T. 6, № 2. P. 7.



7. *Mkrtchjan G.M., Kostylev A.O., Skopina L.V.* Jeffekt izlishnej samouverenosti menedzhera kak faktor neopredelennosti pri ocenke neftegazovyh investicionnyh projektov // Vestnik NGU: social'no-jekonomicheskie nauki. 2013. T. 13, vyp. 3. P. 102–113.
8. *Mkrtchjan G.M., Morozov V.P., Skopina L.V., Shubnikov N.E.* Razvitie dohodnyh metodov ocenki jeffektivnosti razrabotki licenzionnyh uchastkov s uchjotom neopredeljonnosti i riskov // Nauka i obrazovanie. Jakutsk. 2012. № 3. P. 101–105.
9. *Mkrtchjan G.M., Rymarenko M.V., Skopina L.V.* Metod real'nyh opcionov kak jeffektivnyj instrument jekonomicheskoj ocenki zapasov // Vestnik NGU. 2012. № 1. P. 69–81.
10. *Nazarov V.I., Kalist L.V.* Riski v sisteme upravlencheskih reshenij po vyboru napravlenij i ob#ektov osvoenija morskijh uglevodorodnyh resursov // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika. 2007. T. 2. P. 14.
11. *Dixit Avinash K., Pindyck Robert S.* Investment under uncertainty. Princeton University Press, 1994. 488 p.
12. *Graham John R., Harvey Campbell R.* The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field // JFE, 2001. 54 p.