УДК 338.516.4, 338.57, 338.55, 517.2 51.7
JEL Q56, Q47, Q41, C69, C02, G11
DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-2-31-48

Метод реальных опционов в оценке стоимости месторождений

Н. А. Магаев [1, 2], **Л. В. Скопина** [1], **М. В. Рымаренко** [1], **Г. М. Мкртчян** [1, 3]

[1] *Новосибирский государственный университет*
Новосибирск, *Россия*

[2] *Ecole d'économie de Paris – Paris School of Economics 18*
Париж, *Франция*

[3] *Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН*
Новосибирск, *Россия*

Аннотация

Основным подходом к оценке эффективности инвестиционных проектов при разработке нефтяных и газовых месторождений является доходный подход, основанный на методе дисконтированных денежных потоков (DCF). Однако на ранних этапах освоения углеводородных ресурсов неопределенность и риски инвесторов очень высоки, что ограничивает использование традиционных методов. Необходимо разработать методы оценки, учитывающие высокую неопределенность исходных данных по проекту освоения запасов нефти и гибкость процесса их разработки путем формирования рациональной стратегии добычи при волатильности управляющих параметров. К ним относим мировую цену на нефть и величину запасов. В этой статье обсуждается метод реальных опционов, учитывающий потенциал гибкого управления проектом, дающий преимущества в оценке в сравнении с традиционными доходными методами. Реализация метода иллюстрируется на примере нефтегазового месторождения на востоке Сибирской платформы.

Ключевые слова

метод реальных опционов, оценка стоимости месторождения, модель M. J. Brennan, E. S. Schwarz

Для цитирования

Магаев Н. А., *Скопина Л. В.*, *Рымаренко М. В.*, *Мкртчян Г. М.* Метод реальных опционов в оценке стоимости месторождений // Мир экономики и управления. 2019. Т. 19, № 2. С. 31–48. DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-2-31-48

Real Options Valuation of Deposits

N. A. Magaev [1, 2], **L. V. Skopina** [1], **M. A. Rymarenko** [1], **G. M. Mkrtchyan** [1, 3]

[1] *Novosibirsk State University*
Novosibirsk, *Russian Federation*

[2] *Ecole d'économie de Paris – Paris School of Economics 18*
Paris, *France*

[3] *Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS*
Novosibirsk, *Russian Federation*

Abstract

Income approach based on the method of discounted cash flows (DCF) seems to be the main instrument to evaluate economic efficiency of investment projects when developing oil and gas fields. However, at early stages of exploration and exploitation of hydrocarbon resources, uncertainty and risks of investors are very high, which limits the use of traditional methods. It is necessary to develop valuation tools accounting high uncertainty of input data on the exploitation of oil and natural gas resources, flexibility of their development by formation of rational production strategy with volatility of the operating parameters such as the world oil prices and the size and value of oil and gas reserves. In this article presents the real options approach which accounts the potential of flexible and adaptive project man-

© Н. А. Магаев, Л. В. Скопина, М. В. Рымаренко, Г. М. Мкртчян, 2019

agement providing advantages in assessing development projects as compared to the traditional income methods. Implementation of this method is exemplified by the case of oil and gas fields in the east of the Siberian platform.

Keywords

real options method, valuation of deposits, Brennan-Schwartz model

For citation

Magayev N. A., Skopina L. V., Rymarenko M. V., Mkrtchyan G. M. Real Options Valuation of Deposits. *World of Economics and Management*, 2019, vol. 19, no. 2, p. 31–48. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-2-31-48

Введение

В последнее время в мире наблюдается тенденция к увеличению потребления энергии, что связано с быстрыми темпами развития экономик развивающихся стран. Доля нефти и газа в мировом энергопотреблении составляет более 60 %, и хотя со временем прогнозируется некоторое снижение, тем не менее в обозримом будущем она составит не менее 50 % [1].

Энергетическая отрасль Российской Федерации тесно связана со всеми отраслями мировой экономики и имеет большое значение для экономики страны. Нефтегазовый сектор топливно-энергетического комплекса России является одним из наиболее стабильных действующих комплексов российской экономики. На его долю приходится около 16 % ВВП России, около 40 % налоговых и таможенных поступлений в бюджеты всех уровней, а также более трети поступлений в иностранной валюте.

Таким образом, в народном хозяйстве Российской Федерации преобладают добывающие отрасли, сырье составляет основную часть экспорта, доходная часть государственного бюджета формируется в решающей степени за счет добывающей и нефтеперерабатывающей отраслей.

Можно сказать, что из-за инерции экономических процессов структурные диспропорции в нашей стране сохранятся в обозримом будущем (10–15 лет) при любых возможных сценариях. Но тенденцию обострения этих диспропорций необходимо преодолеть и создать условия для сбалансированного развития экономики, что в будущем обеспечит переориентацию в сторону постиндустриального развития.

Одним из факторов успешного развития России в будущем является рост нефтегазодобывающей отрасли в настоящее время. Тем не менее необходимы значительные инвестиции для разведки и разработки месторождений, и инвестору, помимо политической стабильности, необходима всесторонняя экономическая оценка недр – подробные, обновленные данные об экономически жизнеспособных проектах развития в качестве потенциальных объектов инвестиций.

Целью статьи является поиск оптимального подхода к оценке нефтяного месторождения с использованием теории реальных опционов. Рассмотреть возможность использования этого подхода на реальном примере, а также продемонстрировать, что его использование приводит к увеличению оценочной стоимости месторождения и, следовательно, к более обоснованному решению относительно его разработки.

Практическая значимость статьи заключается в демонстрации предложенного подхода к оценке месторождения, в результате чего его разработка становится более обоснованной. Результаты исследования могут быть использованы на практике для оценки месторождений различных природных ресурсов и определения рентабельности их разработки как компаниями-операторами, так и органами управления различных уровней, которые заинтересованы в определении адекватной оценки стоимости природных ресурсов месторождения с целью изъятия естественной ренты и налогов, а также формирования рационального использования недр [1].

[1] Доля нефтегазовых доходов бюджета России в первом полугодии составила 45,6 %. URL: https://finance.rambler.ru/realty/40552551-dolya-neftegazovyh-dohodov-byudzheta-rossii-v-pervom-polugodii-sostavila-45-6/ (дата обращения 18.03.2018).

Теория реальных опционов

Сегодня высокие мировые цены на нефть побуждают компании наращивать добычу на уже открытых месторождениях, а не открывать новые. Компании не имеют стимулов для геологоразведки. Однако, если экономически правильно оценить месторождение, можно получить значительно более высокую привлекательность, даже с учетом стоимости геологоразведочных работ. В связи с этим принципиально важно, на наш взгляд, учитывать нестабильность товарных рынков. Общепринятая российская практика разработки бизнес-планов развития оставляет ключевой вопрос инвестиционного анализа без ответа: какова ожидаемая динамика цен на производимую продукцию?

В последнее время на практике тривиальная экстраполяция ретроспективы может привести к резко отличающимся от реальности результатам, и фактически весь смысл анализа теряется, а выводы, сделанные на его основе, могут быть ошибочными. Еще один момент, который упускается из виду в традиционном инвестиционном анализе методом NPV, – это гибкость проекта, учет которого приводит к значительному повышению его инвестиционной привлекательности [2].

Общепринятый подход расчета NPV, основанный на дисконтировании денежных потоков при оценке стоимости нефтегазового месторождения (и многих других проектов), может быть ошибочным и привести к недооценке, строгая реализация этого метода в большинстве случаев не будет показывать перспективы скважины. Однако развитие этого результата часто противоречит практике.

Расчет будущих денежных потоков методом NPV является частью комплексной геолого-экономической оценки природных ресурсов. Это набор показателей, характеризующих геолого-экономические условия освоения ресурсов. Экономические условия развития включают различные виды затрат: капитальные затраты, эксплуатационные расходы и налогообложение.

Капитальные затраты включают разведочное бурение, геофизические и гидродинамические исследования, бурение эксплуатационных скважин, обустройство необходимого оборудования и инфраструктуры, обустройство нагнетательных скважин; в дальнейшем стоимость глушения и демонтажа оборудования.

Мы предлагаем рассмотреть метод, который учитывает дополнительные факторы и дает более адекватную оценку инвестиционных проектов. Методом оценки бизнеса, позволяющим учесть потенциальную возможность гибкого управления компанией, является метод реальных опционов.

Опционы широко используются на фондовом рынке в процессе продажи и покупки акций компаний, и в последнее время факультативная идеология мышления проникла в сферу инвестиционных проектов и оценки бизнеса. Метод реальных опционов основан на аналогии с финансовыми опционами. В области оценки и реальных опционов широко используется модель F. Black, M. Scholes [2–4]. В данной статье авторы предпочли модель M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) [5], позволяющую определить реальный опцион непосредственно со стороны главного актива проекта – запасов месторождения, и не требующую знаний о поведении рынка акций для объекта разработки. Опционный метод стремится определить опционный компонент, включенный в большинство инвестиционных программ, и оценить его, когда это возможно.

Реальные опционы представляют собой комплекс экономических, финансовых и управленческих подходов к прогнозированию денежных потоков с учетом неопределенности различных факторов, влияющих на функционирование объекта оценки. Теория реальных опционов основана на предположении о том, что инвестиционные проекты в реальном секторе можно представить в виде схемы работы финансового опциона. Но на практике провести соответствие между реальным и финансовым опционами бывает довольно сложно, особенно для инвестора, впервые столкнувшегося с оценкой опционов в реальном секторе. Основу как финансового, так и реального опциона составляет обладание некоторым активом, позволяю-

щим в будущем сделать выбор относительно его использования. В целом реальные опционы имеют ценность в случаях, когда проект осуществляется в условиях неопределенности, и она непосредственно влияет на стоимость проекта; менеджмент проекта обладает управленческой гибкостью в принятии решений; стратегии менеджмента являются реальными, рациональными и осуществимыми.

При оценке месторождений нефти и газа источниками неопределенности могут быть как объем имеющихся запасов, так и будущая динамика цен на нефть. Гибкость проектов, связанных с нефтяными и газовыми месторождениями, довольно велика, особенно в стадии разработки. Это проявляется в том, что владелец месторождения может подождать некоторое время, прежде чем инвестировать капитал, пока не появится дополнительная информация, позволяющая наиболее адекватно оценить эффективность этого проекта [6].

Это пример так называемого опциона на отсрочку. Эксплуатация требует нескольких успешных инвестиционных шагов: поиск нефти, разведка и добыча [7]. Каждый последующий шаг улучшает информацию о качестве и количестве ресурса и может привести к последующим инвестициям, когда информация благоприятна или, наоборот, к приостановке. Естественно, у инвестора есть другие потенциальные возможности: если добыча начала сокращаться, временно приостанавливать эксплуатацию или полностью прекращать проект. Все это примеры различных реальных опционов, которые необходимо учитывать при оценке стоимости месторождения и которые могут привести к значительному увеличению его стоимости.

Все методы оценки опционов основаны на том факте, что владелец опциона имеет принципиальную возможность принимать решение о его исполнении в определенные моменты времени. Еще не зная результата окончательной стоимости компании, не имея полной информации, инвестор начинает инвестировать в проект. Но есть такое время, когда он может, располагая дополнительной информацией от топ-менеджера проекта или с учетом его опыта, приостановить проект, отложить его дальнейшее развитие или даже вообще отказаться от него. Опционный метод позволяет учесть возможность оптимального управления в условиях неопределенности.

Реальные опционы можно рассмотреть с двух разных позиций. Во-первых, как чрезвычайно мощный универсальный инструмент для решения различных задач – прежде всего, обоснования инвестиционных проектов и оценки. Во-вторых, как объективно существующий универсальный процесс управления, эквивалентный пониманию стратегии в ее динамике, которой необходимо научиться осознанно управлять. Оба варианта находятся в рамках следующего определения: реальный опцион – это право принимать гибкие решения инвестором в условиях неопределенности. Изучению метода и оценке его эффективности посвящено много научных статей российских и зарубежных исследователей, среди них и соавторы настоящей статьи [3; 8; 9]. В этой работе обсуждаются особенности реализации метода реальных опционов в сравнении с финансовыми опционами [4]. Здесь описана основная цель статьи – особенности реализации метода реальных опционов и разработка подхода к его реализации.

Классификация реальных опционов

При оценке важно помнить, что варианты могут быть найдены в балансе как со стороны активов, так и со стороны обязательств. Варианты на стороне актива обеспечивают гибкость и создают ценность, если связанные с ними затраты ниже, чем выгоды, которые они приносят. Опционы на стороне обязательств влияют на сумму капитальных затрат, которые определяют эффективность проекта. Влияние позиции опционов на баланс компании будет обсуждаться более подробно далее.

Наиболее часто используемая классификация – это предпринимаемые действия:

- последовательные инвестиции, последующие инвестиционные возможности;
- опцион на отсрочку;

- опцион на продажу;
- опцион на расширение или сокращение;
- опцион на смену деятельности.

Последовательные инвестиции – это ряд взаимосвязанных проектов, которые реализуются последовательно. Предполагается, что каждый предыдущий проект создает необходимую среду (внутреннюю и внешнюю) для следующего. В то же время решение по каждому следующему проекту является гибким: мы можем выбрать подходящий момент для его запуска, а также навсегда отказаться от дальнейшей реализации.

Часто отдельные проекты выделяются как особый вид последовательных инвестиций, которые называются стратегическими инвестициями или стратегическими вариантами. Их отличительной особенностью является то, что они не должны приниматься в соответствии с существующими методами оценки, т. е. они имеют нулевую или отрицательную NPV. Однако считается, что стратегия требует принятия таких проектов, – отсюда и название. Целью их принятия являются последующие проекты, реализация которых зависит от первоначального проекта, и ожидается, что они будут уже прибыльными.

К стратегическим вариантам примыкают, так называемые, опционы на отсрочку. Они занимаются инвестициями с целью выхода на крайне непредсказуемую страну или отраслевой рынок, где возможна сверхприбыль.

Рассмотрим опцион на продажу проекта (рис. 1, *a*). Инвестор всегда может остановить проект, смирившись с безвозвратными убытками. Вариант завершения означает разработку стратегии таким образом, чтобы ситуация была асимметричной, т. е. этот проект не выгоден для фирмы, но есть фирмы, для которых этот проект или что-то связанное с ним выгодно. В этом случае можно сэкономить хотя бы часть инвестиций [1].

Опцион на отсрочку инвестиций в материальные активы аналогичен опциону “call” в США для акций (рис. 1, *b*). Например, арендатор неразработанного нефтяного месторождения имеет право «приобрести» развернутое месторождение, оплатив расходы по так называемому лизингу разработки. Однако арендатор может отложить разработку до роста цен на нефть. Другими словами, опцион управления, созданный приобретением неразработанного месторождения, фактически является опционом на отсрочку. Ожидаемые затраты на разработку могут рассматриваться как цена исполнения опциона “call”. Чистая прибыль от добычи за вычетом истощения запасов в результате разработки месторождения – это альтернативная стоимость отсрочки инвестиций. Если такие затраты слишком высоки, лицо, принимающее решение, может предпочесть выполнить опцион (т. е. начать разработку месторождения) до истечения срока его действия [1].

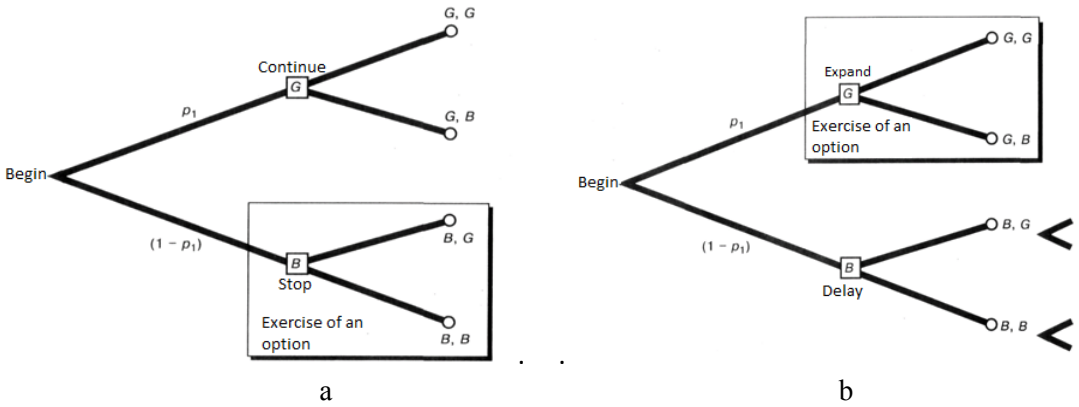
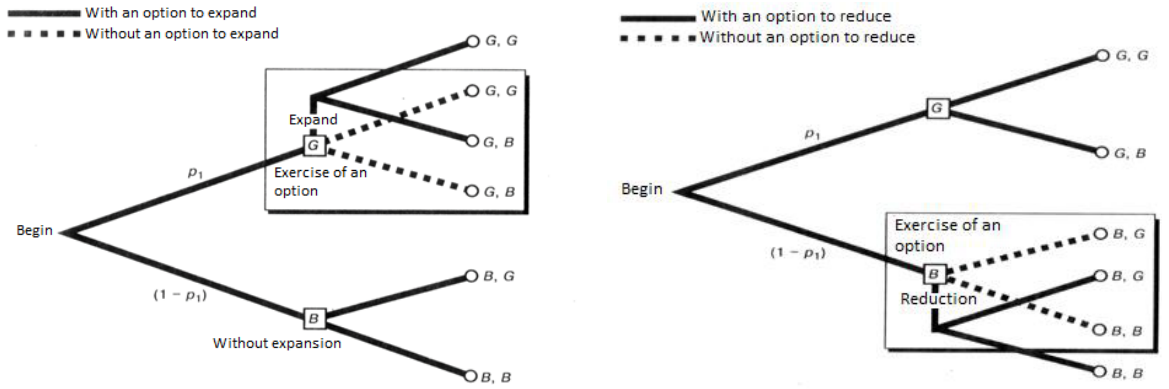


Рис. 1. Примеры опционов: *a* – опцион на продажу; *b* – опцион на отсрочку

Fig. 1. Samples of Option: *a* – put-option (call-option); *b* – option for a delay



a b

Рис. 2. Примеры опционов: *a* – опцион на расширение; *b* – опцион на сокращение

Fig. 2. Samples of Option: *a* – extension option; *b* – reduction option

Поскольку вариант отсрочки дает менеджерам право (но не обязательство!) инвестировать средства в создание материальных активов, проект, который может быть отложен, стоит больше, чем тот же проект, но не обладающий гибкостью для отсрочки разработки.

Опцион на расширение проекта в форме похож на опцион американского “call” (рис. 2, *a*). Например, ввод производственного предприятия с избыточной мощностью для запланированного выпуска, чтобы впоследствии иметь возможность увеличить производство, если продажи продукции пойдут более успешно, чем ожидалось.

Опцион сокращения проекта в форме схож на опцион американского “put” (рис. 2, *b*). Многие проекты могут быть организованы таким образом, чтобы в будущем при необходимости сокращалось производство. Это достигается, например, модульной структурой. Запланированные будущие затраты по проекту эквивалентны цене исполнения опциона “put” [1].

Параметр для смены деятельности является наиболее распространенным. Фактически опционом на смену деятельности в рамках проекта является портфель опционов, состоящий из опционов “call” и “put” (рис. 3). Такие опционы дают проекту гибкость, позволяя резко перейти от активной деятельности к полной остановке или перенести операции с одного предприятия на другое.

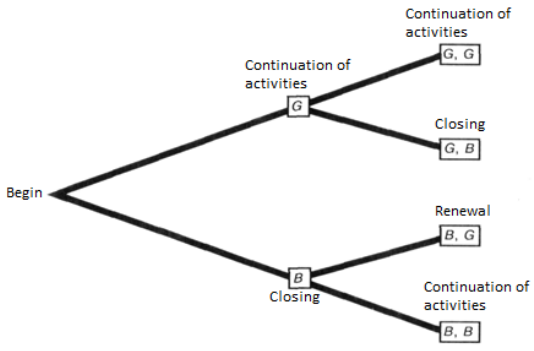


Рис. 3. Опцион на смену деятельности

Fig. 3. Change in Activity Option

Одним из наиболее важных является классификация опционов на стороне баланса, т. е. они относятся к активам или обязательствам компании. Варианты на стороне активов дают большую гибкость процессу принятия управленческих решений. В широком смысле такую гибкость можно рассматривать как одно из средств управления рисками, но в этом случае необходимо уточнить, что такое риск.

Примером опционов на стороне обязательств является выпуск компанией конвертируемых облигаций для привлечения капитала. Часто руководство компании считает, что оно «экономит» путем выпуска таких ценных бумаг, но на самом деле конвертируемые обязательства вовсе не являются «дешевым» долгом: они связаны с большим риском и реальной стоимостью привлечения капитала (в денежном выражении). Условия выше капитальных затрат по прямым долговым обязательствам.

Оценка стоимости месторождения с использованием метода реальных опционов

Для нефтяных компаний цена на нефть обычно является основным источником неопределенности, поэтому чрезвычайно важно прогнозировать ее или адекватно описывать динамику при различных сценариях. Кроме того, как упоминалось выше, спекулянты доминируют на фондовом рынке, продавая «виртуальные» баррели, в результате чего на цены влияют не только текущие факторы, но и различные информационные сигналы, которые могут повлиять на них в будущем.

Также характерной чертой рынка нефти является фактическое отсутствие спотовых цен. Все контракты на физическую поставку нефти являются неотложными. В целом котировки акций фьючерсов, наиболее близких к исполнению, сильно коррелируют с ценами реальных сделок, и поскольку информация о них общедоступна, они часто используются в научных исследованиях.

В короткие промежутки времени цена на нефть подвержена сезонным изменениям, связанным с сезонными колебаниями спроса. Разница между максимальным и минимальным потреблением нефтепродуктов может составлять до 4 млн баррелей в сутки.

Таким образом, адекватное моделирование цены на нефть представляет определенную проблему, решение которой имеет большое значение.

Из-за спекулятивного влияния на ценовую ситуацию на рынке сырой нефти нет смысла исследовать баланс спроса и предложения для прогнозирования будущего изменения цен. Поэтому при моделировании цен на нефть в непрерывном времени происходят произвольные экзогенные случайные процессы общего типа:

$$dS = \mu(S,t)\,dt + \sigma(S,t)\,d\omega,$$

где $d\omega$ – стандартный винеровский процесс.

Винеровский процесс – это случайный процесс со следующими свойствами [10]:

1) $\Delta\omega = \varepsilon(\Delta t)\text{^}1/2$, где $\Delta\omega$ – изменение переменной ω во временном интервале Δt, а ε – нормально распределенная переменная со средним значением 0 и средним квадратическим отклонением, равным 1;

2) значения $\Delta\omega$ для любых временных интервалов Δt взаимно независимы.

Таким образом, $\Delta\omega$ обладает следующими свойствами: его среднее значение равно 0, стандартное отклонение равно $(\Delta t)\text{^}1/2$, дисперсия равна Δt.

Довольно часто геометрическое броуновское движение также используется для моделирования цены нефти, популярность которой частично объясняется тем фактом, что такое представление позволяет получить аналитическое решение для дифференциальных уравнений второго порядка, возникающих в процессе моделирования. При таком подходе, в частности, использовались оценки природных ресурсов с применением реальных опционов M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) [5].

В этой модели движение будущих цен зависит только от текущей цены в данный момент. Динамика цены описывается следующим образом:

$$dS(t) = \mu S(t) + \sigma_S S(t) d\omega,$$

где S – текущая цена; μ – тренд; σ_S – текущая волатильность цены; $d\omega$ – бесконечно малый прирост S.

Таким образом, изменение текущей цены в момент времени t независимо от предыдущих изменений и значения μ указывает на предыдущую динамику цены. Неопределенность, влияющая на динамику цен, пропорциональна ее уровню, т. е. когда наблюдения редки, спотовая цена высока; в этой ситуации важно любое изменение спроса, потому что товарные запасы недостаточно велики, чтобы сгладить изменение цен.

На выходе модель дает ответ с точки зрения стратегии с указанием правил определения сроков разработки месторождения, его консервации и возобновления добычи.

В модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) описание динамики текущей цены не учитывает тот факт, что операторы на реальном рынке корректируют свои ожидания относительно динамики цен, что приводит к изменениям спроса и предложения [5]. Кроме того, в их модели не учитывается тот факт, что будущая цена будет зависеть не только от текущей цены, но и от доходности удобства владения. Последнее было частью модели, но предполагалось, что оно является константой. Однако R. Gibson, E. S. Schwarz (1989) показали, что такой анализ ограничен [11]. Они предложили ввести доходность удобства владения в качестве второй фазы переменной.

Рентабельность по удобству владения является отличительной чертой сырья, в том числе сырой нефти. Это определяется возможностью немедленной продажи товара или ожидания более высоких цен при одновременном покрытии расходов на хранение товара. Его соотношение с текущей ценой положительное.

Таким образом, в 1997 г. E. S. Schwarz вернулся к этому исследованию и использовал процессы «возврата к среднему» моделирования цены, он применил эту гипотезу к доходности удобства владения [12]. Модель E. S. Schwarz имеет следующую форму:

$$\begin{cases} dS(t) = \left(\mu - C(t)\right) S(t) dt + \sigma_S S(t) dz_S, \\ dC(t) = \kappa\left(\alpha - C(t)\right) dt + \sigma_C dz_C, \end{cases}$$

где κ, σ_S, $\sigma_C > 0$; S – текущая цена; C – доходность удобства владения; μ – тренд текущей цены; α – долгосрочная средняя доходность удобства владения; κ – коэффициент коррекции C относительно α; σ_S – волатильность текущей цены; σ_C – волатильность рентабельности удобства владения; dz_S – бесконечно малый прирост S; dz_C – бесконечно малый прирост C.

Такое представление динамики доходов от удобства владения говорит о том, что существует средняя норма материальных резервов, которая отвечает потребностям отрасли. Когда доход от удобства владения является низким, а резервы многочисленны, предприниматели вынуждены оплачивать хранение, стоимость которого высока относительно выгоды от владения товаром. Когда доход от удобства владения высок, они восстанавливают свои резервы.

Эта модель кажется более реалистичной, чем предыдущая. Предполагается, что кривые, отражающие изменение динамики цен, являются изменчивыми и близкими к кривым, фактически наблюдаемым на рынке. Однако модель также сложна, а именно включает в себя семь параметров, которые необходимо принимать во внимание, тогда как предыдущая имеет только два из них.

Чтобы рассчитать цену, необходимо сначала оценить значения параметров на основе эмпирических наблюдений на рынке сырой нефти. Использование модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) дает большую стоимость проекта (месторождения), чем модель

E. S. Schwarz. Это может указывать на то, что недооценка существенных факторов, влияющих на динамику цен, приводит к переоценке стоимости проекта (месторождения).

Особый интерес представляют модели, в которых цены, помимо случайных броуновских возмущений, могут испытывать так называемые пуассоновские шоки. Они отражают резкие изменения цены, которые обусловлены появлением неожиданной информации. Скачок Пуассона может быть либо положительным (рост цен), либо отрицательным (падение цен). Из исторических данных следует, что скачки происходят примерно через 6–7 лет. Например, резкий рост цен наблюдался в 1974 г. (эмбарго на арабскую нефть), в 1979–1980 гг. (революция в Иране и ирано-иракская война), в 1990 г. (атака Ирака на Кувейт), падение в 1986 г. (ценовая война в Саудовской Аравии).

Пуассоновские шоки можно смоделировать следующим образом [13]:

$$dS/S = \left[\eta\left(\overline{S} - s\right) - \lambda k\right]dt + \sigma dz + dq,$$

где $dq = 0$ с вероятностью $1 - \lambda dt$ и $dq = \varphi - 1$ с вероятностью λdt и $k = E[\varphi - 1]$; η – коэффициент коррекции к среднему значению; λ – параметр Пуассона (вероятность неожиданного скачка λdt); σ – волатильность цены.

Таким образом, модели с пуассоновскими шоками наиболее адекватно имитируют динамику цен на нефть. Вероятность их появления уменьшается с уменьшением временного интервала, хотя значение может оставаться довольно значительным. Так, были случаи, когда цена менялась на 20–30 % за один торговый день. В связи с этим модель Пуассона – Гаусса представляет собой наиболее адекватную современным условиям динамику цен на нефть. В целом модель может быть представлена следующим образом:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma_S d\omega + dq,$$

$$dq = \begin{cases} 0 & \text{с вероятностью } 1 - \lambda dt, \\ \varphi - 1 & \text{с вероятностью } \lambda dt, \end{cases}$$

где S – текущая цена барреля нефти; μ – функция, описывающая тренд; σ_S – волатильность цен на нефть; ω – стандартный винеровский процесс; φ – величина шока; λ – параметр Пуассона.

Правая часть этого уравнения состоит из трех элементов. Первый элемент несет информацию о прошлой динамике цен, описывает тренд. Второй элемент представляет собой постоянно существующую неопределенность, которая отражается в случайных ежедневных небольших колебаниях цен. Третий элемент имитирует пуассоновские шоки, вероятность которых составляет λdt.

Таким образом, для моделирования динамики цен на нефть используется следующая модель:

$$\frac{dS}{S} = \left(r - \kappa\right)dt + \sigma_S d\omega + dq,$$

$$dq = \begin{cases} 0 & \text{с вероятностью } 1 - \lambda dt, \\ \varphi - 1 & \text{с вероятностью } \lambda dt, \end{cases}$$

где r – реальная безрисковая ставка; κ – коэффициент удобства владения.

Опционная модель оценки цены нефти

M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) в работе «Evaluating natural resource investments» приводят описание модели, которая по-прежнему имеет фундаментальное значение для такого

рода исследований. Их подход основан на том, что подбирается такой портфель, поток платежей которого воспроизводит предполагаемый денежный поток от проекта. Следовательно, текущая стоимость дохода от проекта эквивалентна текущей стоимости моделируемого портфеля [5]. Построение требуемого портфеля основано на предположении, что доход от удобства произведенного продукта зависит только от его цены, а процентная ставка не является стохастической. Этого допущения достаточно для установления взаимно-однозначного соответствия между текущими и будущими ценами, что позволяет моделировать поток платежей из проекта в виде самофинансируемого портфеля, состоящего из безрисковых ценных бумаг и фьючерсных контрактов.

Некоторые ограничения на добытый ресурс заключаются в предположении, что он является однородным, его запасы и затраты на добычу известны. Запас ресурса достаточно велик – как правило, бесконечен.

Основная задача состоит в том, чтобы оценить стоимость месторождения при условии варьирования уровня добычи в зависимости от текущих цен на ресурс. Более того, также рассматривается возможность полной приостановки производства или полного отказа от проекта, если цена упадет до такого уровня, что даже при его дальнейшем росте возобновление добычи будет невыгодным.

Чтобы вывести систему дифференциальных уравнений, приводящих к желаемой оценке, денежные потоки от производства сравниваются с портфелем, состоящим из длинной позиции по месторождению и короткой позиции по фьючерсным контрактам. Изменение стоимости месторождения задается дифференциальным уравнением с использованием леммы Ито:

$$dH = H_S dS + H_Q dQ + H_t dt + 1/2\, H_{SS} \left(dS\right)^2 .$$

Здесь H – стоимость месторождения; Q – объем запасов; S – текущая цена ресурса; $dQ = -qdt$ – изменение запасов.

Доход от разработки месторождения после налогообложения

$$q\left(S - A\right) - M\left(1 - j\right) - \lambda jH - T,$$

где A – средние затраты; q – норма добычи; M – фиксированные затраты на техническое обслуживание в период, когда производство не ведется; $\lambda j \ \ \left(j = 0, 1\right)$ – ставка налога на имущество, когда производство ведется $\left(j = 1\right)$ и не поддерживается $\left(j = 0\right)$; T – все остальные налоги взимаются, если ведется производство.

Динамика цен на фьючерсные контракты дается уравнением [14]

$$dF = F_S \left[S\left(\mu - \rho\right) + C \right] dt + F_S S_\sigma d\omega,$$

где ρ – безрисковая ставка.

Таким образом, общий доход от данного портфеля составляет

$$1/2\,\sigma^2 S^2 H_{SS} - qH_Q + H_t + q\left(S - A\right) - M\left(1 - j\right) - T - \lambda_j H + \left(\rho S - C\right) H_S .$$

Чтобы избежать безрискового арбитража, доходность рассматриваемого портфеля должна быть равна доходности безрисковых инвестиций. Таким образом, получаем требуемое дифференциальное уравнение:

$$1/2\,\sigma^2 S^2 H_{SS} + \left(\rho S - C\right) H_S - qH_Q + H_t + q\left(S - A\right) - M\left(1 - j\right) - T - \left(\rho + \lambda_j\right) H = 0.$$

Следовательно, стоимость месторождения

$$\max_q \left[1/2\,\sigma^2 S^2 V_{SS} + \left(\rho S - C\right) V_S - qV_Q + V_t + q\left(S - A\right) - T - \left(\rho + \lambda_1\right) V \right] = 0,$$

$$1/2\sigma^2 S^2 W_{SS} + (\rho S - C) W_S + W_t - M - (\rho + \lambda_0) W = 0,$$

где V – стоимость месторождения, когда оно оптимально открыто; W – стоимость месторождения, когда оно оптимально закрыто.

Открытие, закрытие и полный отказ от разработки месторождения определяются из следующих условий:

$$W(S_0^*, Q, t) = 0,$$

$$V(S_1^*, Q, t) = \max\left[W(S_1^*, Q, t) - K_1(Q, t), 0\right],$$

$$W(S_2^*, Q, t) = V(S_2^*, Q, t) - K_2(Q, t),$$

$$W(S, 0, t) = V(S, 0, t) = 0,$$

$$V_S(S_1^*, Q, t) = \begin{cases} W_S(S_1^*, Q, t), & W_S(S_1^*, Q, t) - K_1(Q, t) \geq 0, \\ 0, & W_S(S_1^*, Q, t) - K_1(Q, t) < 0, \end{cases}$$

$$W_S(S_2^*, Q, t) = V_S(S_2^*, Q, t),$$

где S_1^* – цена, по которой добыча приостановлена; S_2^* – цена, по которой добыча возобновляется, если оно было ранее приостановлено; S_0^* – цена, по которой добыча окончательно прекращается, если она была ранее приостановлена; $K_1(\bullet)$ – затраты на остановку производства; $K_2(\bullet)$ – затраты на возобновление производства.

Была получена модель, которая позволила не только оценить стоимость определенного месторождения, но и определить оптимальную политику в отношении обнаружения, сохранения и полного закрытия добычи на месторождении с точки зрения цен на добытый ресурс.

В целом для этой модели нет аналитического решения, но можно найти численное решение в каждой конкретной ситуации.

Чтобы получить аналитическое решение, M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) [5] сделали несколько дополнительных предположений, что привело к упрощению модели: запасы бесконечны, возможны только два уровня добычи в единицу времени q^* и 0, постоянные затраты на поддержание месторождения при сохранении извлечения равны 0, в результате M. J. Brennan, E. S. Schwarz получили новую модель, представленную в их работе. Авторы также показали, что зависимость стоимости проекта от цены имеет вид гистерезиса (рис. 4).

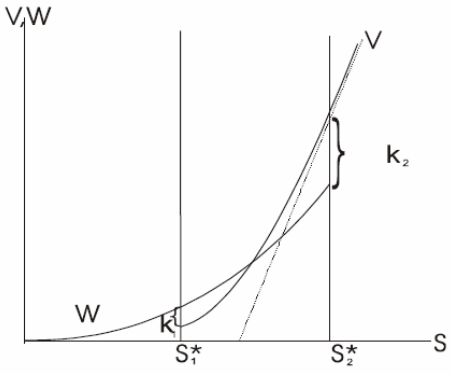


Рис. 4. Зависимость стоимости проекта от цены на ресурс
Fig. 4. Dependence of Project Cost on the Resource Price

На практике это означает, что, если цена падает ниже S_1^*, производство сохраняется при затратах k_1, стоимость проекта описывается $W(S)$, а в случае повышения цены производство возобновляется только при S_2^* и по стоимости k_2, а стоимость проекта описывается $V(S)$. Если затраты на консервацию скважин отличны от нуля, то появляется другая пороговая цена $S_0^* < S_1^*$, при которой стоимость месторождения обнуляется, и добыча в итоге сокращается.

На основе описанной модели авторы предложили метод определения *NPV* инвестиционного проекта, связанного с начальными инвестициями в разработку месторождения:

$$NPV\left(S,Q^*,t\right)=V\left(S,Q^*,t\right)-I\left(S,Q^*,t\right),$$

где $V\left(S,Q^*,t\right)$ – оценка стоимости месторождения в момент времени t; $I\left(S,Q^*,t\right)$ – требуемая начальная инвестиция; Q^* – объем запаса.

Рассмотрим вариант модификации базовой модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) с учетом геологических и технологических рисков, которые также существуют при разработке месторождений. Однако, хотя волатильность цен относительно высока независимо от стадии разработки месторождения, геологический риск значительно выше на стадии разведки и начала разработки [1]. В целом геологический риск можно разделить на две составляющие: первая – это успех или неудача в поиске экономически эффективного месторождения для разработки, а вторая – это конкретные характеристики обнаруженного месторождения.

Таким образом, весь проект можно рассматривать как бесконечно составленный опцион. В любой момент времени инвестиции могут быть приостановлены или возобновлены в зависимости от ожидаемой оценки проекта, которая, в свою очередь, зависит от наблюдаемого уровня цен и доступной геологической информации.

Одним из способов моделирования второго компонента геологического риска может быть определение вектора, состоящего из различных переменных G {G1, G2, ..., GN}, которые определяют геологический риск. Однако такой подход может привести к значительному усложнению модели, поэтому мы рекомендуем один из наиболее значимых (с точки зрения этого типа неопределенности) факторов (например, объем запасов пласта) или репрезентативный набор возможных типов месторождений (каждый тип имеет определенные характеристики запасов и т. д.) с указанием вероятностей обнаружения каждого типа (α_i).

Пусть L будет определено для типов месторождений. Предположим, что каждый тип месторождений может быть описан с использованием параметров модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985). Таким образом, мы сможем оценить каждый тип залежи, а затем и стоимость всего месторождения.

Пусть геологический фактор риска G описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dG}{G}=\sigma_G d\omega_G.$$

Предположим также, что геологический риск не зависит от ценовой неопределенности, которая часто близка к реальности, т. е.

$$d\omega_S d\omega_G = 0.$$

Затем мы можем указать новую переменную $Z = SG$, которая объединяет оба фактора неопределенности. А если динамика Z задается уравнением

$$\frac{dZ}{Z}=\left(r-k\right)dt+\sigma_S d\omega_S+\sigma_G d\omega_G,$$

тогда новую переменную Z можно интерпретировать как текущую цену S, но с повышенной волатильностью:

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_G^2}.$$

Следовательно, мы можем оценить доступные запасы каждого типа $\left(H_i\left(Z\right)\right)$, используя модель M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985).

После оценки каждого из типов залежей мы можем получить оценку стоимости всего месторождения в соответствии с вероятностями появления каждого типа:

$$H\left(Z\right) = \sum_{i=1}^{L} \alpha_i H_i\left(Z\right).$$

Модели, содержащие уравнения в частных производных, представляют довольно серьезные трудности при получении явного аналитического решения, но они позволяют нам оценивать некоторые зависимости между параметрами и проводить численные расчеты с использованием конечно-разностных схем на их основе, что используется в следующем разделе этой статьи.

Например, на основе моделей, описанных выше, D. Lautier дает оценку возможности отложить операцию. Он оценивает реальный опцион на отсрочку, рассчитывает критическую цену исполнения опциона, но не останавливается на том, сколько времени нужно ждать. Значение найденной критической цены дает необходимую информацию о том, когда (на каком ценовом уровне) следует начать разработку месторождения [15].

Анализ чувствительности оценок опционов приводит к следующим выводам: необязательная оценка является возрастающей функцией текущей цены, процентной ставки (задержка в эксплуатации приводит к задержке первоначальных затрат, которые можно инвестировать в финансовые активы, пока опцион не исполнен, и эти инвестиции более прибыльны, когда процентная ставка высока).

Изучение чувствительности опциона к его основным определяющим факторам приводит к выводу, что реальный отсроченный опцион ведет себя как финансовый опцион. Поэтому аналогия между реальными и финансовыми опционами в этом случае целесообразна не только качественно, но и количественно.

Применение метода реальных опционов к оценке нефтяного месторождения

Для оценки стоимости месторождения мы использовали два метода, основанные на методе реальных опционов. Первый метод заключался в применении упрощенной модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) для случая бесконечных запасов. Входные параметры этой модели по инвестиционному проекту 2006 г. представлены в табл. 1.

Для расчета волатильности использовались данные по ценам на нефть за 2006 г. Выбор инвестиционного проекта с 2006 г обусловлен высокой волатильностью цен на нефть. Рассмотрение данного временного интервала позволило продемонстрировать преимущества разрабатываемого подхода в сравнении с традиционными методами (DCF).

Удобство владения – это величина, которая может быть рассчитана с использованием котировок фьючерсных контрактов с различными условиями исполнения. Цена фьючерса на нефть $F\left(P,t,T\right)$ определяется из общего выражения

$$1/2\, F_{SS}\sigma^2 + F_S\left(rS - k\left(S\right)\right) + F_t = 0,$$

где r – безрисковая ставка, а T – время исполнения контракта. Если удобство владения одним баррелем нефти пропорционально текущей цене $k\left(S\right) = k_0 S,$ то для логнормального распределения цены мы получаем определенную связь между фьючерсами и текущими ценами [7]:

$$F(S,t) = Se^{(r-k_0)(T-t)},$$

где на ряду с известными другими параметрами определено значение k_0, которое используется в дальнейших расчетах.

Таблица 1

Входные параметры для упрощенной модели Brennan – Schwartz

Table 1

Input Parameters for a Simplified Brennan – Schwartz Model

Название	Обозначение	Значение
Волатильность цены, %	σ	17
Безрисковая ставка, %	r	6,6
Удобство владения, %	k	4,3
Страновый риск, %	λ	1,8
Норма добычи, тыс. т	q	46,9
Средняя цены, долл. / т	a	75,71
Издержки на открытие / закрытие, долл.	k_1, k_2	28 159
Ставка налога на добычу полезных ископаемых, %	t_1	16,5
Ставка налога на прибыль, %	t_2	24

Затраты на открытие и закрытие производства в соответствии с упрощенной моделью принимаются равными и рассчитываются исходя из затрат на устранение разработки.

Реализация наших формул позволила найти значения для порогов закрытия s_1^* и открытия s_2^* добычи, предполагая, что возможны только два уровня добычи 0 и q; а также построить зависимость стоимости месторождения от цены нефти. Численные расчеты подтверждают выводы о том, что зависимость величины месторождения от цены нефти имеет вид гистерезиса (рис. 5).

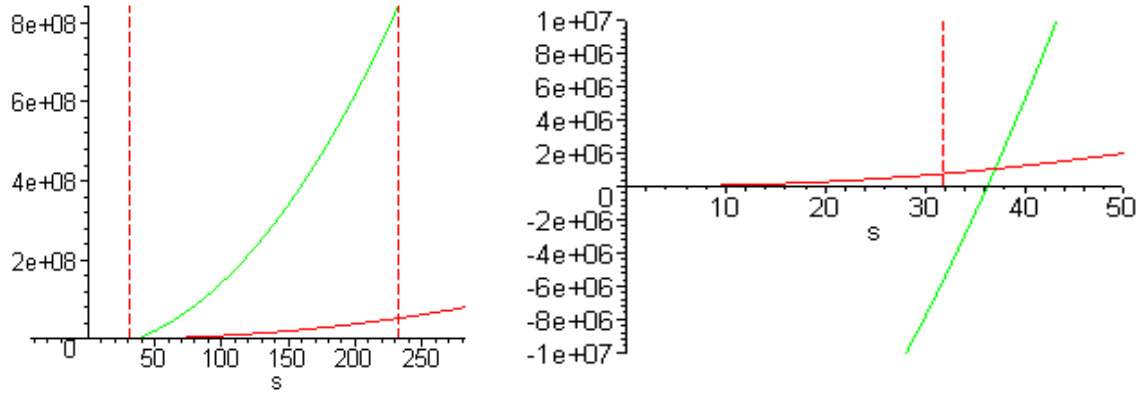


Рис. 5. Зависимость стоимости проекта от цены на ресурс месторождения
(зеленая линия – стоимость проекта, когда месторождение открыто;
красная – стоимость проекта, когда месторождение закрыто)

Fig. 5. Dependence of Project Cost on the Resource Price of a Deposit
(green line – project cost when the field is opened;
red line – the project cost when the field is closed)

Таким образом, мы получили, что для используемых параметров оптимальная цена сохранения для месторождения $s_1^* = 31{,}7$ долл./т, расчетная стоимость ≈ 725 тыс. долл. США. Это значение цены довольно низкое, поэтому нам кажется, что в краткосрочной перспективе необходимость сохранения вряд ли возникнет. Если же производство уже приостановлено, то оптимальной ценой для возобновления производства будет $s_2^* = 232{,}5$ долл./т. Стоимость месторождения по этой цене составила 843,1 млн долл. США, стоимость месторождения по этой цене без учета стоимости возможности приостановить производственную деятельность – 813,7 млн долл. США, т. е. стоимость реального опциона в этом случае составляет 29,3 млн долл. США.

Для оценки стоимости месторождения был проведен численный расчет с использованием модифицированной модели M. J. Brennan, E. S. Schwarz (1985) с учетом геологического риска, моделируемого возрастающей волатильностью цены на нефть (входные параметры этой модели см. в табл. 2).

Таблица 2

Входные параметры
для модифицированной модели Brennan – Schwartz

Table 2

Input Parameters
for the Modified Brennan – Schwartz Model

Название	Обозначение	Значение
Стоимость поддержания месторождения, когда оно закрыто, тыс. долл.	M	20,1
Запасы, млн т	Q	149,7
Норма добычи	q^*	0,3
Геологический риск, %	σ_G	1,7

Расходы на поддержку месторождения в период закрытия были рассчитаны на основе значения средних производственных затрат с фиксированной стоимостью. Поскольку к моменту нашего исследования запасы нефтегазоконденсатного месторождения были достаточно хорошо изучены, а балансовые запасы категорий C_1 составляют значительную часть, геологический риск сравнительно низок. В расчетах использовался средний коэффициент добычи нефти для запасов категории C_2 с учетом доли запасов этой категории в общих запасах.

В результате модельных расчетов были получены следующие значения. Пороговая цена на закрытие месторождения $s_1^* = 23{,}3$ долл./т, стоимость запасов – 445 тыс. долл. Если производство было приостановлено, то оптимальная цена для возобновления производства $s_2^* = 242{,}3$ долл./т. Стоимость месторождения составит 918,2 млн долл.

Таким образом, реализация более строгой модели оценки месторождения дает более низкое s_1^* и более высокое s_2^* значение цены. Это связано с тем, что данная модель учитывает затраты на содержание консервированного месторождения и фактор ограниченности запасов. Значения пороговых цен существенно зависят от затрат на закрытие, открытие и обслуживание скважин, но на их значимость также существенно влияет уровень оставшихся резервов. Чем больше ресурс, тем ниже пороговые цены.

Однако в целом упрощенная модель дает довольно близкие результаты, поэтому, учитывая сложность численных методов, используемых для решения уравнений в частных производных, рекомендуется использовать ее для оценки стоимости нефтяного месторождения.

Применение опционных методов в управлении и оценке дает увеличение стоимости в сравнении с методом DCF. Данное увеличение связано с дополнительной ценностью, которую придают проекту реальные опционы, в данном случае опцион на изменение масштабов добычи. Ценность реальных опционов обусловлена гибкостью, которую они придают проекту, – возможностью управлять реальными активами с учетом изменяющихся условий функционирования компании.

Заключение

В статье приведен пример оценки стоимости месторождения с использованием метода реальных опционов с возможностью увеличения стоимости объекта за счет принципов гибкого управления проектом для его разработки. Этот принцип может послужить основой для оценки объектов не только в добыче нефти и газа, но и в любых месторождениях природных ресурсов, а также в других отраслях народного хозяйства, где возможно извлечение дополнительного дохода за счет гибкого управления.

Выбор объекта исследования обусловлен анализом ресурсной базы в основных нефтегазодобывающих регионах России, который показывает, что полномасштабное воспроизводство запасов нефти в среднесрочной и даже долгосрочной перспективе зависит от ввода в разработку новых перспективных районов добычи на востоке страны. В перспективе это возможно за счет освоения потенциальных ресурсов новых регионов, характеризующихся достаточно высокими оценками углеводородного потенциала. К таким новым регионам на суше относятся нефтегазоносные провинции Восточной Сибири, а в акваториях – шельфы западного сектора Арктики, Охотское и Каспийское моря.

Оценка добычи природных ресурсов с использованием реального опциона, несомненно, полезна, но вряд ли ее можно будет широко распространить без необходимой квалификации оценщиков, поскольку она требует использования довольно сложных математических знаний и расчетов.

Список литературы

1. **Мазурина Е. В.** Оценка стоимости ресурсов углеводородов в условиях высокой степени неопределенности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. В. 2. С. 1–12. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2011/13_2011.html
2. **Баранов А. О., Музыко Е. И.** Концепция реальных опционов как инновационный метод оценки эффективности инновационных проектов в промышленности // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2015. Т. 15, №. 1. С. 32–51.
3. **Мкртчян Г. М., Скопина Л. В., Рымаренко М. В.** Основы опционного подхода к оценке активов компаний нефтегазового сектора // ЭКО. 2015. № 9. С. 166–177.
4. **Black F., Scholes M.** The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, p. 637–654.
5. **Brennan M. J., Schwarz E. S.** Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, 1985, vol. 58 (2), p. 135–157.
6. **Шмат В. В., Садовская В. О.** Современные проблемы ресурсозависимости: опыт ресурсных стран и регионов // Ресурсные регионы России в «новой реальности» / Отв. ред. В. В. Кулешов. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. Гл. 2. С. 69–103.
7. **Выгон Г. В.** Методы оценки нефтяных компаний в условиях неопределенности // Аудит и финансовый анализ. 2001. № 1. С. 158–189.
8. **Мкртчян Г. М.** Методы оценки эффективности освоения природных ресурсов. Новосибирск: Наука, 1984.
9. **Скопина Л. В., Рымаренко М. В.** Метод реальных опционов в оценке стоимости запасов нефти при условии неопределенности в динамике цены // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2012. Т. 12, № 1. С. 69–80.
10. **Лычагин М. В.** Финансовая экономика: Курс лекций для магистрантов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.

11. **Gibson R., Schwarz E. S.** Valuation of long term oil-linked assets. In: Working Paper, Anderson Graduate School of Management, University of California. Los Angeles, 1989.
12. **Schwarz E. S.** The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging. *The Journal of Finance*, 1997, vol. 52, iss. 3, p. 923–973.
13. **Dias M., Rocha K.** Petroleum Concessions with Extendible Options Using Mean Reversion with Jumps to model Oil Prices. Wassenaar, Leiden, The Netherlands, 1999. URL: http://realoptions.org/papers1999/MarcoKatia.pdf.
14. **Выгон Г. В.** Оценка фундаментальной стоимости нефтяных месторождений: метод реальных опционов // Экономика и математические методы. 2001. Т. 37, № 2. С. 54–69.
15. **Lautier D.** Valuation of an oilfield using real options and the information provided by term structures of commodity prices. Draft preprint. URL: www.realoptions.org/papers2003/Lautier.doc

References

1. **Mazurina E. V.** Evaluation of hydrocarbon resources under conditions of high uncertainty. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2011, vol. 6, no. 2, p. 1–12. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2011/13_2011.html (in Russ.)
2. **Baranov A. O., Muzyko E. I.** The concept of real options as an innovative method of assessing the effectiveness of investment projects in industry. *Vestnik NSU. Series: Social and Economics Sciences*, 2015, vol. 15, no. 1, p. 32–51. (in Russ.)
3. **Mkrtchyan G. M., Skopina L. V., Rymarenko M. V.** Basics of Optional Approach to Value Assets of Oil and Gas Companies. *ECO*, 2015, no. 9, p. 166–177. (in Russ.)
4. **Black F., Scholes M.** The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, p. 637–654.
5. **Brennan M. J., Schwarz E. S.** Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, 1985, vol. 58 (2), p. 135–157.
6. **Shmat V. V., Sadovskay V. O.** Modern problems of a resursozavisimost: experience of the resource countries and regions. In: Kuleshov V. V. (ed.). Russian resource regions in "new reality". Novosibirsk, IEIE SB RAS Publ., 2017, ch. 2, p. 69–103. (in Russ.)
7. **Vygon G. V.** Methods of assessment of the oil companies in the conditions of uncertainty. *Audit and Financial Analysis*, 2001, no. 1, p. 158–189. (in Russ.)
8. **Mkrtchyan G. M.** Metody otsenki effektivnosti osvoeniya prirodnykh resursov. Novosibirsk, Nauka, 1984. (in Russ.)
9. **Skopina L. V., Rymarenko M. V.** Real option valuation of oil reserves subject to uncertainties in the behavior of prices. *Vestnik NSU. Series: Social and Economic Sciences*, 2012, vol. 12, no. 1, p. 69–80. (in Russ.)
10. **Lychagin M. V.** Finansovaya ekonomika. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2005. (in Russ.)
11. **Gibson R., Schwarz E. S.** Valuation of long term oil-linked assets. In: Working Paper, Anderson Graduate School of Management, University of California. Los Angeles, 1989.
12. **Schwarz E. S.** The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging. *The Journal of Finance*, 1997, vol. 52, iss. 3, p. 923–973.
13. **Dias M., Rocha K.** Petroleum Concessions with Extendible Options Using Mean Reversion with Jumps to model Oil Prices. Wassenaar, Leiden, The Netherlands, 1999. URL: http://realoptions.org/papers1999/MarcoKatia.pdf.
14. **Vygon G. V.** Assessment of fundamental cost of oil fields: method of real options. *Economics and the Mathematical Methods*, 2001, vol. 37, no. 2, p. 54–69. (in Russ.)
15. **Lautier D.** Valuation of an oilfield using real options and the information provided by term structures of commodity prices. Draft preprint. URL: www.realoptions.org/papers2003/Lautier.doc

Материал поступил в редколлегию
Received
13.03.2019

Сведения об авторах

Магаев Николай Андреевич, магистр, Ecole d'économie de Paris – Paris School of Economics 18 (48 Jourdan boulevard, Paris, 75014, France); магистр, экономический факультет, Новосибирский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия)

magaevnickolay@mail.ru
ORCID 0000-0003-3655-804

Скопина Лариса Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, экономический факультет, Новосибирский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия)

l.v.skopina@gmail.com
ORCID 0000-0001-6547-1231

Рымаренко Марина Викторовна, аспирант, экономический факультет, Новосибирский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия)

mvrymarenko@gmail.com

Мкртчян Гагик Мкртичевич, доктор экономических наук, профессор, президент экономического факультета, Новосибирский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия); главный научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия)

gagik@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0003-0768-7418

Information about the Authors

Nikolay A. Magaev, masters degree, Ecole d'économie de Paris – Paris School of Economics 18 (48 Jourdan boulevard, Paris, 75014, France); Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

magaevnickolay@mail.ru
ORCID 0000-0003-3655-804

Larisa V. Skopina, Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

l.v.skopina@gmail.com
ORCID 0000-0001-6547-1231

Marina V. Rymarenko, Postgraduate Student, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

mvrymarenko@gmail.com

Gagik M. **Mkrtchyan**, Doctor of Science (Economics), Professor, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); Leading Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

gagik@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0003-0768-7418