

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПЦИОННОГО И НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДОВ¹

БАРАНОВ Александр Олегович, д.э.н., профессор, baranov@ieie.nsc.ru, Институт экономики и организации промышленного производства, Сибирское отделение Российской академии наук; Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
ORCID: 0000-0001-8597-9788

МУЗЫКО Елена Игоревна, д.э.н., mei927@mail.ru, Новосибирский государственный технический университет; Институт экономики и организации промышленного производства, Сибирское отделение Российской академии наук, Новосибирск, Россия
ORCID: 0000-0003-2684-6162

ПАВЛОВ Виктор Николаевич, д.т.н., профессор, victor_n_pavlov@mail.ru, Институт экономики и организации промышленного производства, Сибирское отделение Российской академии наук, Новосибирск, Россия
ORCID: 0000-0003-3333-4712

Статья посвящена развитию методологии анализа эффективности венчурного инвестирования на основе опционного и нечетко-множественного подходов. Венчурное финансирование играет огромную роль в процессе перехода инноваций из стадии исследований в производство инновационной продукции и услуг. Особенностью инновационных проектов является высокая неопределенность в достижении положительных технологических и экономических результатов в ходе их реализации. В связи с этим для оценки коммерческой эффективности таких проектов целесообразно использовать методы, позволяющие учитывать факторы неопределенности, влияющие на динамику показателей проекта. Одним из таких методов является аппарат нечетких множеств, а также опционный подход. Объединение методологии реальных опционов с анализом методом нечетких множеств позволяет, по нашему мнению, получать более обоснованные результаты по оценке финансовой эффективности инновационных проектов. В статье предложены основные направления развития теоретико-методологического подхода к оценке эффективности инновационных проектов, финансируемых за счет средств венчурного капитала, с применением опционного и нечетко-множественного анализа.

Ключевые слова: венчурное инвестирование, инновационные проекты, коммерческая эффективность, реальные опционы, нечеткие множества.

DOI: 10.47711/0868-6351-200-6-17

Введение. Объемы финансирования венчурных фондов в России весьма ограничены. В 2021 г. общий объем российских венчурных фондов составлял примерно 4,5 млрд долл., а их инвестиции были равны приблизительно 109 млн долл. США или около 8 млрд руб. [1]. При этом общий объем инвестиций в основной капитал в России в 2021 г. был равен 22945,4 млрд руб. [2, с. 6]. Иначе говоря, в настоящее время венчурные инвестиции составляют весьма незначительную часть от общей

¹ Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект 5.6.6.4. (0260-2021-0008) «Методы и модели обоснования стратегии развития экономики России в условиях меняющейся макроэкономической реальности» № 121040100281-8.

суммы инвестиций в основной капитал в России. Венчурные фонды в России финансируют инновационные проекты в области ИКТ, биотехнологий и т. д. При этом небольшие вложения в инновационные компании или инновационную инфраструктуру могут приводить к мультипликативным эффектам в других секторах экономики, превышающие инвестиции в инновации в десятки и сотни раз [3].

К сожалению, число венчурных фондов в России и их объемы финансирования в период после 2012 г. сократились примерно в два раза и в три раза соответственно. Это объясняется ростом геополитической напряженности между Россией и коллективным Западом и, как следствие, снижением интереса к инвестициям в инновационный сектор российской экономики со стороны иностранных инвесторов, которые играли основную роль в венчурном финансировании в России.

Россия радикально отстает по объемам венчурных инвестиций от ведущих экономик мира. В 2021 г. венчурные инвестиции в Китае составили 130,6 млрд долл. США, а в самих США 296,6 млрд долл. [4]. Между тем, венчурное финансирование играет огромную роль в процессе перехода инноваций из стадии исследований в производство инновационной продукции и услуг. Многие современные технологические гиганты на начальных этапах своего развития прошли стадию венчурного финансирования: Майкрософт, Интел, Циско Системз и т. д. Недостаточное развитие системы венчурного инвестирования в России является одной из причин медленного внедрения инноваций в производство в российской экономике.

В данной статье предпринята попытка привлечь внимание к методам работы венчурных фондов и к необходимости совершенствования используемой ими методологии оценки эффективности инновационных проектов.

Краткая характеристика работы венчурных фондов. Венчурные инвестиции представляют собой вложения в высокорисковые проекты, которые не будут кредитовать банки в силу отсутствия предмета залога или гарантий, а также высокой неопределенности в формировании будущих положительных финансовых потоков, генерируемых проектом в результате роста продаж продукции или услуг. Такая высокая неопределенность присуща большинству инновационных проектов. Венчурный инвестор получает долю в уставном капитале компании, реализующей проект, в обмен на свои инвестиции. В последующем венчурный инвестор «выходит» из бизнеса путем продажи своей доли. Проект считается успешным, если сумма, полученная от продажи доли в проинвестированном бизнесе, существенно (желательно в несколько раз) превосходит величину инвестиций. Внешне такой бизнес выглядит достаточно простым. Однако на практике огромное значение имеет тщательное и многостороннее изучение инвестируемого бизнеса (процедура «due diligence»), которая позволяет оценить потенциальные риски реализации инвестируемого проекта и его достоинства с финансовой, правовой и технической точек зрения. Ключевой особенностью венчурных инвестиций является то, что они вкладываются не в «железо», патенты или что-то иное, а в команду людей, способных обеспечить успешное развитие инвестируемого бизнеса высокими темпами. О сложности отбора проектов для венчурного инвестирования свидетельствует то, что положительные решения об инвестициях принимаются по 1% – 2% от общего числа полученных венчурными инвесторами заявок.

Достаточно часто венчурные инвесторы прибегают к использованию поэтапного финансирования. После первого транша инвестиций последующие осуществляются только в случае достижения промежуточных целей проекта: определенного роста продаж или прибыли за оговоренные сроки. В случае недостижения поставленных целей последующие инвестиции не реализуются, и венчурный инвестор «выходит» из проинвестированной компании или, если это возможно, меняет ключевых членов

команды менеджеров. Новая команда менеджеров предпринимает усилия для развития проекта по успешной траектории.

Другой особенностью процедуры инвестирования в венчурном бизнесе являются так называемые «смешанные» сделки. В случае такой сделки часть инвестиций предоставляется в виде затрат на приобретение доли собственности в инвестируемой компании (акций в акционерных обществах или долей в обществах с ограниченной ответственностью), а другая часть – в форме долгосрочного кредита. Такие сделки используются в случае, если венчурный инвестор не хочет, чтобы доля инициаторов проекта стала слишком незначительной, что может подорвать их экономическую заинтересованность в его успешном развитии.

Примерная организационная схема работы венчурных фондов приведена на рис. 1².

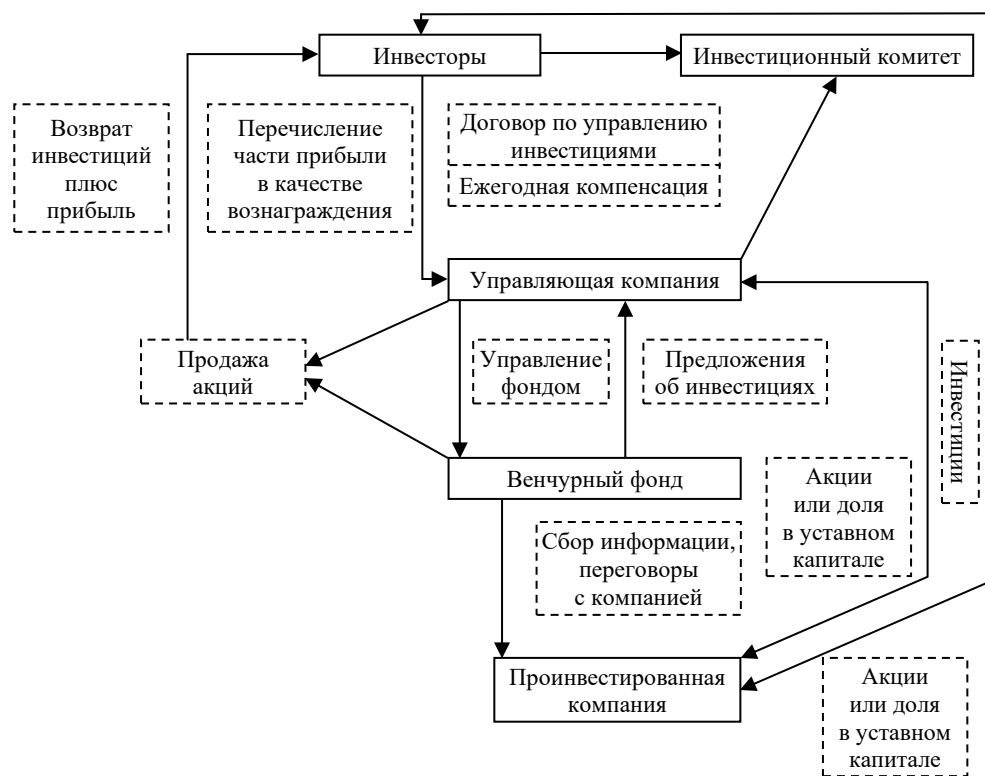


Рис. 1. Примерная организационная схема работы венчурных инвесторов

Источник: [5, с. 18].

Основными участниками процесса венчурного инвестирования являются: инвесторы, управляющая компания, венчурный фонд и инвестируемые компании. Управляющая компания организует сбор средств (капитала), который затем инвестируется в проекты. Управляющая компания работает за вознаграждение, величина которого оговаривается в соглашении с инвесторами. При выполнении работ она получает заранее оговоренную величину компенсации своих затрат. Управляющая компания создает венчурный фонд, который не обязательно должен быть юридическим лицом.

² Данная схема не претендует на описание всех вариантов организации работы венчурных инвесторов и основана на данных о деятельности сети венчурных фондов ЕБРР, которые были созданы и работали в России в 90-е годы-начале 2000-х годов.

Именно специалисты венчурного фонда под контролем управляющей компании организуют работу с инициаторами различных проектов, которые потенциально могут быть проинвестированы. Для проведения различного рода экспертиз (технических, юридических и т. д.) в ходе due diligence управляющая компания привлекает консультантов. Решение об инвестициях принимает инвестиционный комитет, состоящий из представителей инвесторов и управляющей компании. После инвестирования в проект венчурный фонд оказывает всестороннее содействие проинвестированной компании, поскольку заинтересован в ее успешном развитии и увеличении ее капитализации. «Выход» из бизнеса организует венчурный фонд совместно с управляющей компанией. Полученная в результате инвестиций прибыль за вычетом вознаграждения управляющей компании распределяется между инвесторами (рис. 1).

Особенности венчурного финансирования и необходимость совершенствования методики оценки эффективности высокорисковых проектов. Для скорейшего решения проблемы импортозамещения в нашей стране и достижения технологического суверенитета важное значение приобретает разработка и реализация инновационных проектов, для которых необходимо финансирование. Одним из важнейших и эффективных источников финансирования таких проектов является венчурный капитал, о чем свидетельствует мировая практика. Развитие института венчурного инвестирования в России приобретает особое значение.

Процесс инвестирования в венчурном бизнесе, а также в случае фондов прямых инвестиций³ предполагает целый ряд «развилочек», когда проект может развиваться по разным сценариям. Например, прекращение дальнейшего инвестирования после неудачного развития проекта на предшествующих этапах или дальнейшие вложения в него при позитивной реализации на первых этапах, привлечение дополнительных инвестиций и т. д. Следовательно, осуществляя инвестиции на первом этапе реализации проекта, венчурный фонд (или фонд прямых инвестиций) приобретает право (но не обязанность) инвестирования на следующем этапе.

Второй этап инвестиций (в случае двухстадийного инвестирования) открывает возможности для получения прибыли при «выходе» фонда из бизнеса. Этот процесс может интерпретироваться в терминах, так называемых, реальных опционов. Под *реальным опционом* мы понимаем «инструмент оценки инновационного проекта, базовым активом которого выступают прогнозируемые положительные денежные потоки, генерируемые данным проектом, в расчете которых учитывается гибкость (многовариантность) при принятии управленческих решений о его реализации» [5, с. 91]⁴.

В случае, когда процесс инвестирования венчурного капитала содержит два этапа, венчурный фонд является держателем составного опциона колл⁵. Двухстадийное финансирование инновационного процесса венчурным фондом может быть проинтерпретировано в терминах составных реальных опционов и, следовательно, для оценки коммерческой эффективности вложений в проект может быть применена техника опционного подхода.

Другой особенностью инновационных проектов, которые финансируются венчурными фондами, является высокая неопределенность в достижении положительных технологических и экономических результатов в ходе их реализации. В связи с этим для оценки коммерческой эффективности таких проектов целесообразно использовать

³ Необходимо отметить, что фонды прямых инвестиций имеют много общего с венчурными фондами. Оба типа фондов действуют по одному и тому же принципу – разница только в объектах для инвестирования. Если венчурный фонд, как правило, выбирает новые проекты, то для ФПИ предпочтительнее партнерство с уже состоявшимися компаниями, которые нуждаются в привлечении капитала для развития бизнеса или улучшения финансового состояния. В связи с этим, как правило, фонды прямых инвестиций оперируют более крупными объемами вложений.

⁴ Различные версии определения реального опциона приведены в [5, с. 84-92].

⁵ Опцион «колл» – право (но не обязанность) купить какой-либо актив, например акцию, по заранее оговоренной цене в определенный момент времени или до определенного момента времени.

методы, позволяющие учитывать факторы неопределенности, влияющие на динамику показателей проекта. Одним из таких методов является аппарат нечетких множеств.

Краткий обзор зарубежных и российских исследований. Сосредоточим наше внимание на зарубежных публикациях, поскольку библиометрический анализ литературы показал, что отечественные работы, объектом которых выступает одновременное использование метода реальных опционов и нечетко-множественного анализа для оценки эффективности инвестиционных проектов, не получили распространение.

В ходе анализа публикаций зарубежных ученых были выявлены следующие направления исследований: применение сочетания опционного и нечетко-множественного подходов для оценки коммерческой эффективности научно-исследовательских проектов ([6-8] и др.); формирование оптимального портфеля научно-исследовательских проектов ([9; 10] и др.); прогнозирование инвестиций в условиях неопределенности ([11-15] и др.); оценка инвестиционной привлекательности недвижимости ([16; 17] и др.); оценка стоимости бизнеса ([18] и др.); оценка коммерческой эффективности ИТ-проектов ([19-21] и др.).

В результате проведенного анализа публикаций были получены следующие выводы. Для оценки стоимости реальных опционов различных типов (опционы на отказ от инвестирования или сокращение объемов инвестирования, опционы роста, опционы на последовательное инвестирование) применяются, в основном, следующие модели в нечетком виде: модель Блэка-Шоулза, биномиальная модель, модель Геске. В качестве основного недостатка проанализированных публикаций можно назвать следующее: во многих работах отсутствует практическая реализация предлагаемых методов и моделей на основе реальных данных инвестиционных и инновационных проектов, а в тех исследованиях, где такая апробация выполнена, не дается финансово-экономическая интерпретация полученных результатов математических вычислений. Следует также отметить, что на данный момент публикаций, посвященных вопросам применения реальных опционов в нечетком виде для оценки коммерческой эффективности инновационных проектов, финансируемых за счет средств венчурных инвесторов, не было обнаружено, что говорит о перспективности данного направления исследований.

С финансово-экономической точки зрения применительно к двухстадийному процессу финансирования инновационного проекта венчурным фондом нами в [5] была выполнена интерпретация «входных» параметров модели Геске-Хсу [5, с. 118-120].

На рис. 2 представлена схема разработанного нами в работе [5] методического подхода к анализу коммерческой эффективности инновационных проектов, финансируемых с использованием венчурного капитала. Концепция данного методического подхода основана на объединении аппарата нечетких множеств и метода реальных опционов.

Кратко опишем суть нечетко-множественного подхода: на каждом из этапов авторской методики (см. рис. 2) экзогенные параметры финансовой модели проекта «размываются», например, в диапазоне плюс-минус 10%, в результате чего они представляются в нечетком виде (цены ресурсов, необходимых для производства продукции, а также цены на производимую продукцию). Вследствие этого эндогенные параметры финансовой модели инвестиционного проекта трансформируются в нечеткий вид, а именно, показатели финансовой эффективности анализируемого проекта (чистый приведенный доход и внутренняя норма доходности проекта в целом, венчурного фонда и эти же показатели с учетом стоимости реального опциона).

Использование нечетко-множественного подхода позволяет оценить неопределенность, заключенную в прогнозных значениях денежных потоков по проекту посредством вычисления таких характеристик, как надежность полученных прогноз-

ных значений показателей эффективности проекта, а также их устойчивость. Математическое описание и формулы расчета показателей надежности и устойчивости представлены нами в работе [5].

Под *надежностью* «полученной оценки нечеткого показателя мы будем понимать степень ее отклонения от избранного эталона» [5, с. 139]. Надежность рассчитанных оценок показателей эффективности инвестиционного проекта тем меньше, чем больше они отклоняются от эталонного значения. Что касается *устойчивости*, то она тем ниже, чем большее «воздействие имеет изменение экзогенной переменной финансовой модели инновационного проекта на вариацию эндогенной переменной» [5, с. 139-140].

Объединение методологии реальных опционов с анализом методом нечетких множеств позволяет, по нашему мнению, получать более обоснованные результаты по оценке финансовой эффективности инновационных проектов, в том числе проектов, которые решают проблему импортозамещения в высокотехнологических отраслях.

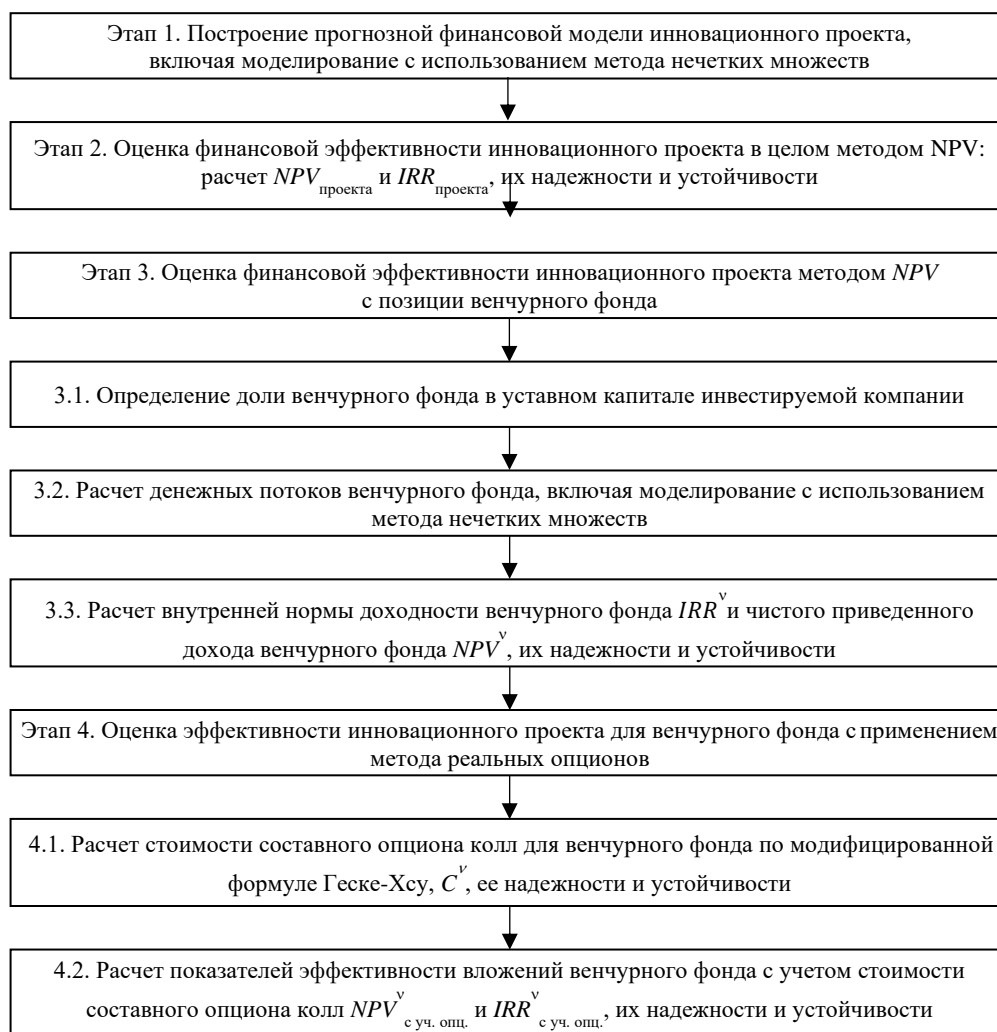


Рис. 2. Схема методического подхода к анализу коммерческой эффективности инновационных проектов, финансируемых с использованием венчурного капитала

Источник: построено авторами [5, с. 123].

Основные направления развития теоретико-методологического подхода к оценке эффективности инновационных проектов, финансируемых за счет средств венчурного капитала, с применением опционного и нечетко-множественного анализа. 1. Включение в методику (см. рис. 2) наряду с составным колл опционом иных видов реальных опционов и моделей оценки их стоимости в нечетком виде. В оценке инновационных проектов возможно применение опционов роста, оценить которые можно с использованием модели Блэка-Шоулза с экзогенными параметрами в нечетком виде. В случае, когда первоначальные инвестиции являются обязательным условием дальнейшей реализации и развития инновационного проекта, возможно применение опционов роста для целей оценки стратегических возможностей, заключенных в данном проекте. Анализируемый начальный инвестиционный проект может иметь отрицательное значение чистой приведенной стоимости, однако, если он является необходимым звеном в цепи взаимосвязанных проектов, которое обеспечивает успешное развитие и получение значительной прибыли в будущем, то в него стоит инвестировать средства, несмотря на отрицательное значение NPV. Учет стоимости содержащегося в этом проекте опциона роста позволит инициатору проекта обосновать его финансовую эффективность потенциальному инвестору.

2. Оценка конвертируемого займа как реального опциона при венчурном финансировании инновационного проекта с применением модели Блэка-Шоулза в нечетком виде. Разработанная нами методика (см. рис. 2) предназначена для использования на более поздних стадиях развития инновационной компании: это этап начального расширения и этап быстрого расширения. Представляется целесообразным адаптировать разработанную нами методику, основанную на методе реальных опционов и нечетко-множественном анализе, для более ранних стадий развития инновационной компании. Для этого предлагается оценивать конвертируемый займ как реальный опцион, дающий право венчурному инвестору получить долю в уставном капитале инновационной компании, которой он предоставил этот займ, при наступлении определенных условий (например, при достижении компанией целевого показателя ее рыночной стоимости).

Механизм конвертируемого займа практикуется в США, где он активно применялся в Кремниевой долине при заключении сделок венчурных инвесторов с инновационными компаниями на ранних стадиях развития, когда они еще не генерируют доход, и у которых отсутствует история операционной деятельности.

Реальный опцион, содержащийся в конвертируемом займе, может добавить дополнительную стоимость инновационному проекту уже на ранних стадиях его развития к той приблизительной оценке, которая может быть получена на основе традиционных подходов к анализу инновационных компаний ранних стадий, применяемых венчурными фондами в практической деятельности.

При оценке конвертируемого займа как реального опциона в нечетком виде при венчурном финансировании инновационного проекта целесообразно применение модифицированной модели Блэка-Шоулза с зависящей от времени волатильностью с нечеткими «входными» параметрами. Венчурный инвестор может финансировать инновационную компанию поэтапно (случай составного опциона колл, рассмотренный нами ранее), а может инвестировать все средства сразу (случай обычного европейского опциона колл, но не с фиксированной, а с переменной волатильностью).

Модифицированная модель Блэка-Шоулза с зависящей от времени волатильностью в четком виде получена в работе [22] (см. формулу (1)):

$$\bar{S} = VN_1(l + \sqrt{\sigma_1^2\tau_1 + \sigma_2^2\tau_2}) - Me^{-r\tau}N_1(l), \quad (1)$$

где \bar{S} – стоимость европейского колл опциона; V – стоимость акций финансируемой венчурным фондом компании; M – цена исполнения колл опциона (инвестиции венчурного фонда); $N_1(\cdot)$ – кумулятивная функция нормального распределения;

$$\frac{\ln \frac{V}{M} + r\tau - \frac{1}{2}(\sigma_1^2 \tau_1 + \sigma_2^2 \tau_2)}{\sqrt{\sigma_1^2 \tau_1 + \sigma_2^2 \tau_2}},$$

σ_1 и σ_2 – характеристики уровней риска деятельности финансируемой венчурным фондом компании в течение временных интервалов $(0, T_1)$ и (T_1, T_2) соответственно; $\tau_1 = T_1 - t$, $\tau_2 = T_2 - T_1$, $\tau = T_2 - t = \tau_1 + \tau_2$; r – безрисковая ставка процента [22, с. 7].

Нам представляется необходимым для учета специфики процесса венчурного финансирования проводить анализ не с точки зрения всего проекта, как это сделано в [22], а с точки зрения доли венчурного инвестора в уставном капитале профинансированной инновационной компании. Следует учитывать, что венчурный фонд имеет свои финансовые потоки, отличные от финансовых потоков всего проекта, и ему принадлежит не весь проект целиком, а лишь доля его стоимости пропорционально полученной в обмен на инвестиции доле собственности. «Входные» параметры модифицированной модели Блэка-Шоулза с зависящей от времени волатильностью следует представить в нечетком виде, для того чтобы на «выходе» получить нечеткую оценку стоимости реального опциона и вычислить надежность и устойчивость этой оценки.

3. В разработанном нами методическом подходе такой параметр как величина дивидендов, выплачиваемых проинвестированной компанией венчурному фонду, принимается постоянной. Однако же уровень дивидендов также может быть подвержен флюктуации, как и другие «входные» параметры финансовой модели инновационного проекта. Из практической деятельности венчурных фондов известно, что в документе «Предложение об инвестициях для инвестиционного комитета венчурного фонда» в разделе «Предложение о приобретении акций» в качестве «Условий, влияющих на права и обязанности фонда» могут быть установлены следующие положения: проинвестированная компания не выплачивает дивиденды в течение ряда лет после осуществления инвестиций фонда; начиная с определенного года после осуществления инвестиций фонда, дивиденды выплачиваются в размере, не превышающем, например, 20% от чистой прибыли предыдущего года. Иными словами, верхней границей для «раскачки» дивидендов с применением нечетко-множественного подхода может быть 20% от чистой прибыли предыдущего периода, пропорциональной доле венчурного фонда.

4. Учет при нечетко-множественном анализе более широкого спектра источников неопределенности, оказывающих влияние на реализацию инновационного проекта, а именно принятие во внимание систематических рисков. Для России велика роль геополитического фактора, поэтому учет систематических рисков приобретает особое значение. Помимо источников неопределенности, связанных с несистематическими рисками (цены на различные работы и ресурсы, а также готовую продукцию), необходимо рассмотреть и макроэкономические показатели, создающие неопределенность в деятельности хозяйствующего субъекта.

5. Включение в анализ случая многостадийных инновационных проектов, т. е. рассмотрение проектов, состоящих из более чем двух этапов. В работе [5] нами представлена финансово-экономическая интерпретация элементов модели Геске-Хсу, позволяющей оценить стоимость составного опциона колл применительно к процессу венчурного финансирования инновационных проектов, включающих в себя две стадии инвестирования.

Однако на практике могут возникать ситуации, когда венчурные инвестиции будут являться многостадийными. Во-первых, многоступенчатая схема инвестирования может

значительно снизить риск венчурного инвестора и принести большую прибыль. В рамках многоэтапной модели инвестирования венчурный инвестор может должным образом реагировать на поступающую информацию. Если менеджмент проинвестированной компании потерпит неудачу или возникнет какая-либо неблагоприятная ситуация, венчурный инвестор может уменьшить масштаб инвестиций, отложить их или даже отказаться от финансирования проекта, чтобы избежать дальнейших потерь. Рыночный потенциал инновационного продукта проявляется постепенно, и венчурный инвестор может воспользоваться открывающимися возможностями, расширив масштаб инвестиций. Таким образом, многоступенчатая схема инвестирования позволяет венчурному инвестору в полной мере использовать операционную и стратегическую гибкость [23].

Многоступенчатая схема инвестирования позволяет снизить управленческие риски, возникающие по причине наличия асимметрии информации между предпринимателем и венчурным инвестором. На практике, даже, когда проинвестированная компания сталкивается с банкротством, у предпринимателя все еще остается стимул поддерживать работу, используя информационную асимметрию. При многоэтапной схеме финансирования венчурный инвестор может получить больше информации об управлении проектом и, следовательно, снизить управленческий риск. Более того, такая схема инвестирования может наложить больше ограничений на предпринимателя. Если управленческая команда потерпит неудачу, венчурный инвестор может отказаться от последующих инвестиций, что будет являться сигналом предпринимателю о будущих затруднениях с привлечением других венчурных инвесторов. Данное обстоятельство заставит предпринимателя приложить больше усилий и сделать все возможное для достижения поставленных целей [23, с. 8].

Последовательность прав венчурного инвестора, встроенная в многоэтапный инвестиционный проект, может рассматриваться как серия реальных опционов. Стоимость такого проекта состоит из двух компонентов: первый компонент – это текущая стоимость денежного потока, второй – стоимость инвестиционного права. На каждом этапе инвестор получает денежный поток данного этапа и в то же время решает, будет ли он исполнять реальный опцион или нет. В случае исполнения инвестор приобретает реальный опцион, т. е. право на инвестирование на следующей стадии по определенной цене исполнения, которой выступают инвестиционные затраты, и, таким образом, проект продолжается. Если нет, то инвестор сохраняет инвестиционные затраты и отказывается от следующего инвестиционного права, и, таким образом, проект прекращается. Инвестор повторяет эту процедуру принятия решения до конца проекта. Такая последовательность прав может быть смоделирована как многоступенчатый составной реальный опцион [23, с. 3].

В [24] описан один из возможных подходов к определению стоимости составного опциона, содержащего n -е количество стадий (случай многостадийного опциона с фиксированной волатильностью). Данный подход развивает модель Геске [25], включающую в себя две стадии. Но он не учитывает существенное обстоятельство: волатильность на разных стадиях развития инновационной компании различная и, как правило, снижается при движении от более ранних (посевная, стартап) к более поздним стадиям (расширение и далее).

В работе [23, с. 3] описывается модель оценки многостадийного составного реального опциона с зависящей от времени волатильностью. В модели предлагается n стадий, что обосновывается тем, что процесс венчурного инвестирования обычно содержит пять стадий: посевная, стартап, рост, расширение, «выход».

Однако стоит отметить недостатки предложенного в [23] подхода: не всегда венчурный инвестор финансирует инновационную компанию с момента ее создания до завер-

шения проекта, это некая идеальная ситуация, которая зачастую не реализуема на практике. Более того, на ранних стадиях своего развития инновационная компания еще не имеет операционной истории, ретроспективных данных для анализа (посевная, стартап), поэтому применять сложные многостадийные модели становится проблематичным.

Затруднительно достоверно оценить пороговую величину стоимости компании на ранних стадиях развития – целевой ориентир, на основе достижения которого будет приниматься решение о вложении венчурным капиталистом средств для финансирования очередной стадии развития инновационной компании. Более того, не учитывается специфика венчурного финансирования, состоящая в том, что инвестор выступает владельцем определенной доли акций, а не инновационного проекта полностью. Таким образом, можно заключить, что приведенная стоимость акций профинансированной компании, принадлежащих венчурному фонду, должна выступать базисным активом реального опциона.

Для учета возможности наличия многостадийного процесса венчурного финансирования вместо двухстадийного нами предлагается использовать модель Гонг-Хе-Менг [23], но для трех стадий венчурного инвестирования. Считаем целесообразным изменить интерпретацию «входных» параметров данной модели: рассматривать не с точки зрения проекта в целом, а с точки зрения затрат и результатов, относящихся к венчурному фонду. Волатильность на первой стадии предлагается оценивать как среднюю ставку по депозитам в надежных банках РФ, волатильность на второй стадии – «наихудший» случай при предположении о том, что риск при движении к более зрелым стадиям развития компании будет снижаться, волатильность на третьей стадии – также продолжит снижаться.

Инвестиции в нулевой момент времени I_0 – это затраты на приобретение реального опциона, инвестиции в моменты времени t_1 и t_2 , I_1 и I_2 соответственно – средства, необходимые инновационной компании для реализации проекта на первой и второй стадиях; I_3 – величина неявных издержек венчурного фонда, например, невыплаченные дивиденды за год, в котором фонд «вышел» из бизнеса. Пороговая величина стоимости инновационной компании на каждой стадии может быть рассчитана венчурным инвестором с применением методов, наиболее подходящих для каждого конкретного этапа развития инновационной компании. Многообразие таких методов описано нами в работе [5]. Перечисленные выше «входные» параметры модели можно сделать нечеткими, соответственно, и стоимость многостадийного составного реального опциона будет нечеткой.

Выводы. Вопросы обоснования целесообразности финансирования как со стороны венчурных фондов с государственным участием, так и со стороны частных венчурных фондов высокорисковых проектов, денежные потоки по которым весьма трудно достоверно прогнозировать с использованием стандартных подходов, в настоящее время приобретают особое значение. В условиях сегодняшних реалий и необходимости обеспечения технологического суверенитета нашей страны объемы финансирования проектов, которые обеспечивают импортозамещение в российской промышленности и снижают зависимость экономики России от поставок импортной промышленной продукции, необходимо увеличить кратно. Соответственно, должны использоваться иные, учитывающие инновационный характер разработок, методы и подходы к анализу, способные оценить потенциал инновации, но при этом не упростить доступ к венчурному финансированию заведомо «плохих» проектов.

Предложенный нами и развитый в различных направлениях теоретико-методологический подход на основе комбинации опционного и нечетко-множественного анализа позволяет обосновать финансовую эффективность с точки зрения инвестора

венчурного капитала – венчурного фонда – инвестиционных и инновационных проектов, которые имеют важное значение для решения проблемы импортозамещения в промышленности нашей страны. Для анализа высокорискованных инновационных проектов, которые могут быть отклонены от инвестирования по результатам расчетов с использованием традиционного метода дисконтированных денежных потоков, но которые имеют значительный потенциал роста и общеэкономическое значение, необходимо использовать более развитый инструментарий для более точной комплексной оценки финансовой эффективности.

Литература / References

1. Обзор российского рынка венчурных инвестиций. *Venture Russia*. 2021. Российская ассоциация венчурного инвестирования. 2022. URL: <http://www.rvca.ru/upload/files/lib/RVCA-yearbook-2021-Russian-PE-and-VC-market-review-ru.pdf> [Review of the Russian venture investment market. *Venture Russia*. 2021. Russian Venture Investment Association. 2022. (In Russ.)]
2. Социально-экономическое положение России. Январь-март 2022 г. М.: Росстат, 2022. [Socio-economic situation in Russia. January-March 2022. M.: Rosstat, 2022. (In Russ.)]
3. Баранов А.О., Куценогий П.К., Новикова Т.С. Перспективы импортозамещения ферментов и ферментных препаратов в сельском хозяйстве и промышленности России // ЭКО. 2023. № 2. С. 34-45. [Baranov A.O., Kucenogij P.K., Novikova T.S. Prospects for Import Substitution of Enzymes and Enzyme Preparations in Agriculture and Industry of Russia // ЭКО. 2023. No. 2. P. 34-45. (In Russ.)]
4. Венчурные инвестиции в Kumaе. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F> [Venture investments in China. (In Russ.)]
5. Баранов А.О., Музыко Е.И. Теория и практика венчурного финансирования инновационных проектов: в 2-х частях / Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022. Ч. 1. 271 с. [Baranov A.O., Muzyko E.I. Theory and practice of venture financing of innovative projects: in 2 parts. Novosibirsk: Izd-vo IEOPP SO RAN, 2022. P. 1. 271 p. (In Russ.)]
6. Karsak E.E. A Generalized Fuzzy Optimization Framework for R&D Project Selection Using Real Options Valuation // *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2006: Proceedings of International Conference*. Glasgow, UK. May 8-11. 2006. Part III. Pp. 918-927.
7. Zhang J., Du H., Tang W. Pricing R&D Option with Combining Randomness and Fuzziness // *Computational Intelligence, ICIC 2006: Proceedings of International Conference on Intelligent Computing*. Kunming, China. August 16-19. 2006. Part II. Pp. 798-808.
8. Tolga A.C., Kahraman C. Fuzzy Multiattribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model // *International Journal of Intelligent Systems*. 2008. Vol. 23. Pp. 1153-1176.
9. Carlsson C., Fuller R., Heikkilä M., Majlender P. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection // *International Journal of Approximate Reasoning*. 2007. No. 44. Pp. 93-105.
10. Hassanzadeh F., Collan M., Modarres M. A practical R&D selection model using fuzzy pay-off method // *Journal of Applied Manufacturing Technology*. 2011. No. 58. Pp. 227-236.
11. Carlsson C., Fuller R. A fuzzy approach to real option valuation // *Fuzzy Sets and Systems*. 2003. No. 139. Pp. 297-312.
12. Liao S.-H., Ho S.-H. Investment project valuation based on a fuzzy binomial approach // *Information Sciences*. 2010. No. 180. Pp. 2124-2133.
13. Carlsson C., Heikkilä M., Fuller R. Fuzzy Real Options Models for Closing/Not Closing a Production Plant // *Production Engineering and Management under Fuzziness (Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 252)*. Berlin, Springer. 2010. Chapter 22. Pp. 537-560.
14. Wang Q., Kilgour D.M., Hipel K.W. Facilitating Risky Project Negotiation: An Integrated Approach Using Fuzzy Real Options, Multicriteria Analysis, and Conflict Analysis // *Information Sciences*. 2015. No. 295. Pp. 544-557.
15. Ho S.-H., Liao S.-H. A fuzzy real option approach for investment project valuation // *Expert Systems with Applications*. 2011. No. 38. Pp. 15296-15302.
16. Carlsson C., Fuller R. On possibilistic mean value and variance of fuzzy numbers // *Fuzzy Sets and Systems*. 2001. No. 122. Pp. 315-326.
17. Mao Y., Wu W. Fuzzy Real Option Evaluation of Real Estate Project Based on Risk Analysis // *Systems Engineering Procedia*. 2011. No. 1. Pp. 228-235.
18. Zmeskal Z. Application of the fuzzy-stochastic methodology to appraising the firm value as a European call option // *European Journal of Operational Research*. 2001. No. 135. Pp. 303-310.
19. Tao C., Jinlong Z., Shan L., Benhai Y. Fuzzy Real Option Analysis for IT Investment in Nuclear Power Station // *Computational Science – ICCS 2007: Proceedings of 7th International Conference*. Beijing, China. May 27–30, 2007. 2007. Part III. Pp. 953-959.
20. Lee Y.-C., Lee S.-S. The valuation of RFID investment using fuzzy real option // *Expert Systems with Applications*. 2011. No. 38. Pp. 12195-12201.
21. You C., Lee C.K.M., Chen S.L., Jiao R.J. A real option theoretic fuzzy evaluation model for enterprise resource planning investment // *Journal of Engineering and Technology Management*. 2012. No. 29. Pp. 47-61.
22. Hsu Y.-W. Staging of Venture Capital Investment: A Real Options Analysis // *EFMA 2002. London. Meetings*. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=312012.
23. Gong P., He Z.-W., Meng J.-L. Time-dependent Volatility Multi-stage Compound Real Option Model and Application // *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*. 2006. February. Pp. 1-14.

24. Lin W.T. *Computing a Multivariate Normal Integral for Valuing Compound Real Options // Review of Quantitative Finance and Accounting*. 2002. No. 18 (2). Pp. 185-209.
25. Geske R. *The valuation of compound options // Journal of Financial Economics*. 1979. No. 7 (1). Pp. 63-81.



Статья поступила в редакцию 24.03.2023. Статья принята к публикации 25.04.2023.

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

Summary

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ANALYZING THE EFFECTIVENESS OF VENTURE CAPITAL INVESTMENT BASED ON OPTION AND FUZZY-SETS APPROACHES

A.O. BARANOV, Doct. Sci. (Econ.), Professor, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
ORCID: 0000-0001-8597-9788

E.I. MUZYKO, Doct. Sci. (Econ.), Novosibirsk State Technical University; Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

ORCID: 0000-0003-2684-6162

V.N. PAVLOV, Doct. Sci. (Tech.), Professor, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

ORCID: 0000-0003-3333-4712

Abstract: The article is devoted to the development of a methodology for analyzing the effectiveness of venture capital investment based on the option and fuzzy-sets approaches. Venture capital financing plays a huge role in the process of innovation transition from the research stage to the production of innovative products and services. A feature of innovative projects is the high uncertainty in achieving positive technological and economic results in the course of their implementation. In this regard, in order to assess the commercial effectiveness of such projects, it is advisable to use methods that allow taking into account the uncertainty factors that affect the dynamics of project indicators. One of such methods is the apparatus of fuzzy sets, as well as an optional approach. Combining the methodology of real options with fuzzy set analysis allows, in our opinion to obtain more reasonable results in assessing the financial efficiency of innovative projects. The article proposes the main directions for the development of a theoretical and methodological approach to evaluating the effectiveness of innovative projects financed by venture capital funds, using option and fuzzy-sets analysis.

Keywords: venture capital investment, innovative projects, commercial efficiency, real options, fuzzy sets

Received 24.03.2023. Accepted 25.04.2023.

For citation: A.O. Baranov, E.I. Muzyko, V.N. Pavlov. Development of a Methodology for Analyzing the Effectiveness of Venture Capital Investment Based on Option and Fuzzy-Sets Approaches // Studies on Russian Economic Development. 2023. Vol. 34. No. 5. Pp. 565-572.
DOI: 10.1134/S1075700723050039