

М. А. Канева

Институт экономики
и организации промышленного производства СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

E-mail: mkaneva@gmail.com

РЕАЛЬНЫЕ ОПЦИОНЫ И ПРОДАЖА ЭКСКЛЮЗИВНОЙ ЛИЦЕНЗИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА В ОТРАСЛИ БИОТЕХНОЛОГИИ

В работе обсуждается применение инструментария реальных опционов для управления проектами со стадией НИОКР и возможностью патентования результатов. Под оптимальным управлением проектом подразумевается принятие решений, максимизирующих прибыль на каждой из стадий проекта. В основе модельного аппарата лежит принцип оптимальности Беллмана и теория реальных опционов. В качестве практического примера для иллюстрации теоретических результатов выбран биотехнологический проект по созданию стандартов качества при тестировании на вирус гепатита С. Разработанный модельный аппарат может применяться для управления широким классом научно-исследовательских проектов, результатом которых является опытный образец.

Ключевые слова: реальные опционы, эксклюзивная лицензия, оптимальное управление, НИОКР.

Настоящая работа посвящена сравнительно новому финансовому инструменту – реальным опционам. Школа, исследующая и развивающая данный инструментарий, основана на фундаментальных исследованиях зарубежных и отечественных авторов: А. Дамодарана, А. Диксита, Р. Пиндайка, Н. Кулатилаки, Д. Терехова, Н. Бруслановой, М. Лычагина, Н. Пирогова и др. Согласно определению С. Майерса, данному в 1977 г., «реальный опцион – это опцион на нефинансовый актив». Подход реальных опционов базируется на трех основных предположениях: необратимости инвестиций (невозможность вернуть вложенные средства в случае проекта); неопределенности будущего и управленческой гибкости [1. С. 60].

В своей деятельности фирма (осознанно или неосознанно) использует реальные опционы в качестве инструмента приобретения конкурентных преимуществ в неопределенной среде. Стоимость реальных опционов является важной составляющей стоимости бизнеса и может быть выражена количественно. Метод реальных опционов также дополняет метод NPV при расчете прибыльности проекта.

Целью данной работы является решение задачи оптимального управления на основе теории реальных опционов для проектов со стадией НИОКР и возможностью патентования. Под оптимальным управлением подразумевается выбор такого состояния, которое максимизирует прибыль на данном этапе проекта. Задачи оптимального управления для проектов из нескольких стадий решаются с помощью принципа оптимальности Беллмана и применения теории реальных опционов к проектному менеджменту.

Патентование можно осуществлять двумя способами: посредством продажи эксклюзивной лицензии или через продажу неэксклюзивной лицензии. Эксклюзивность лицензии подразумевает, что продавец лицензии отказывается от всех прав на разработку, в том числе на создание производства продукта. Неэксклюзивная лицензия сохраняет за разработчиком права производить продукт и приносит ему дополнительные платежи (роялти) от фирм, купивших неэксклюзивную лицензию. В дальнейшем в статье будет обсуждаться только вариант продажи эксклюзивной лицензии.

Проект из трех стадий и продажа эксклюзивной лицензии

Предположим, что некая компания реализует научно-исследовательский проект. Если исследования были успешными, на первой стадии НИР (R) и второй стадии ОКР (D) появляется опытный образец. Если на рынке существует возможность эксклюзивного патентования, то у компании в конце фаз НИР и ОКР появляется выбор: либо перейти на следующую стадию, либо отказаться от продолжения проекта и продать эксклюзивную лицензию сторонней фирме. В случае продажи фирма получает денежное вознаграждение, рассчитываемое по формуле $D_i + r_i V_i$, где D_i – плата за разглашение коммерческой тайны; r_i – ставка роялти; V_i – объем продаж на этапе i . Для того чтобы упростить расчет лицензионной выплаты, будем считать, что объем продаж фирмы-покупателя лицензии равен объему продаж фирмы-продавца лицензии, а ставка роялти постоянна. Тогда выплата запишется следующим образом:

$$D_i + r_i V_i$$

Данное предположение необходимо для того, чтобы упростить модель: для решения задачи оптимального управления теперь достаточно лишь финансового плана проекта компании-собственника лицензии без необходимости запроса финансового плана покупателя лицензии.

Если фирма отказывается от лицензирования в конце стадии НИР, то она переходит к фазе ОКР. Если отказ происходит после окончания стадии ОКР, компания начинает коммерциализацию (A), т. е. создает собственное производство.

Предположим, что стоимость проекта на первых двух стадиях ($i = 1, 2$) описывается стохастическим процессом:

$$dV_i = \alpha_i V_i dt + \sigma_i V_i dz + V_i dq_i, \quad (1)$$

где dq_i – приращение Пуассона, равное $dq_i = \theta$ с вероятностью $\lambda_i dt$ и $dq_i = 0$ с вероятностью $1 - \lambda_i dt$;

α_i – среднее величины $\frac{dV_i}{V_i}$ при условии отсутствия приращения процесса Пуассона;

σ_i – стандартное отклонение величины $\frac{dV_i}{V_i}$ при условии отсутствия приращения процесса Пуассона;

са Пуассона;

dz – приращение в Винеровском процессе.

На последней стадии неопределенность существенно ниже, и стоимость проекта описывается стохастическим процессом без скачков пуассоновского процесса:

$$dV_A = \alpha_A V_A dt + \sigma_A V_A dz.$$

Помимо указанных закономерностей проект характеризуется длительностью стадий T_i и инвестициями в каждую стадию I_i .

Управление подобным проектом может быть осуществлено с помощью методов динамического программирования на основе дерева решений. Под управлением проектом здесь подразумевается принятие оптимальных (максимизирующих стоимость проекта) решений на каждой из стадий. Набор решений для стадий: прекратить реализацию проекта, отложить реализацию проекта, инвестировать в следующую стадию; для стадий D и A есть также дополнительная опция – продать эксклюзивную лицензию.

Для определения стоимости проекта на каждом этапе воспользуемся деревом оптимальных решений, которое впервые было представлено в работе А. Сенджунтичай, А. Течанитисавад и Х. Т. Луонга [2. Р. 687]. Здесь $F_i(V_i)$ – стоимость реального опциона на каждой стадии проекта. Кроме того, существует дополнительная возможность (опция) – возможность перехода на следующую стадию $F_F(V_D)$ (см. рис. 1).



Рис. 1. Дерево оптимальных решений для исследовательского проекта из трех стадий и возможностью патентования

Для решения данной задачи воспользуемся **принципом оптимальности Беллмана**, который гласит: оптимальное поведение в задачах динамического программирования обладает тем свойством, что, каковы бы ни были первоначальное состояние и решение (т. е. управление), последующие решения должны составлять оптимальное поведение относительно состояния, получающегося в результате первого решения.

В самом общем виде уравнение Беллмана имеет вид

$$F(x_t) = \max_{u(t)} \left\{ \pi_t(x_t, u_t) + \frac{1}{1 + \rho} [F_{t+1}(x_{t+1})] \right\},$$

где u_t – функция управления; $F_t(x_t)$ – чистая дисконтированная стоимость всех потоков фирмы, если с момента t она принимает только оптимальные решения; $\pi_t(x_t, u_t)$ – прибыль от инвестиций фирмы в момент времени t .

В случае непрерывности во времени имеем:

$$\rho F(x, t) = \max_u \left\{ (\pi(x, u, t) + \frac{1}{dt} E[dF]) \right\}. \quad (2)$$

Выражение (2) можно трактовать следующим образом. С правой стороны стоит требуемая норма доходности на актив. С левой стороны – стоит дивиденд, получаемый от владения активом и прирост капитальной стоимости актива. Условия отсутствия арбитража уравнивают правую и левую части.

В нашей задаче управления проектом решается задача оптимальной остановки, т. е. определяется момент времени, в который необходимо остановить проект, чтобы максимизировать прибыль. Это бинарная задача, в которой основные параметры α и σ не зависят от времени. В нашей постановке отсутствуют дивиденды на проект. С учетом изменений уравнение Беллмана выглядит следующим образом:

$$\rho F(x) = \frac{1}{dt} E(dF). \quad (3)$$

Согласно принципу Беллмана последующие решения составляют оптимальное поведение относительно состояния, получающегося в результате первого решения. Тогда, выполняя вычисления рекуррентно, т. е. решая последнюю подзадачу и поэтапно двигаясь к первой, мы получим оптимальное решение исходной задачи.

Поставленная перед нами задача оптимального управления проектом из трех стадий решается поэтапно, начиная с третьего, последнего периода A . Для последнего этапа задача оптимальной остановки в случае стохастического процесса Ито с использованием принципа Беллмана была решена Дикситом и Пиндайком в монографии «Инвестиции в условиях неопределенности» [3. Р. 141–143].

Далее кратко представлено решение для последнего периода.

Для решения задачи используем лемму Ито. Лемма Ито определяет условия дифференцирования случайных процессов. Она формулируется следующим образом.

Пусть X_t – процесс, задаваемый дифференциалом $dX_t = \mu dt + \nu dB_t$, и функция $g(t, x)$ дважды непрерывно дифференцируема на $[(0, \infty) * \mathfrak{R}]$.

Тогда $Y_t = g(t, X_t)$ есть процесс Ито и

$$dY_t = \frac{\partial g}{\partial t}(t, X_t)dt + \frac{\partial g}{\partial x}(t, X_t)dX_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 g}{\partial x^2}(t, X_t) * (dX_t)^2,$$

где $(dX_t)^2 = (dX_t) * (dX_t)$ вычисляется по следующим правилам:

$$dt * dt = dt * dB_t = dB_t * dt = 0 \text{ и } dB_t * dB_t = 0 \text{ [4. С. 66].}$$

Применим лемму Ито к процессу F :

$$dF = \frac{\partial F}{\partial t} dt + \frac{\partial F}{\partial V} dV + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} (dV)^2$$

и вместо dV подставим его значение. Игнорируя члены меньше dt , а также принимая во внимание тот факт, что данный анализ локален для короткого временного интервала $(t, t + \Delta t)$ (т. е. $\frac{\partial F}{\partial t} = 0$), имеем:

$$dF = F'(V)(\alpha V dt + \sigma V dz) + \frac{1}{2} F''(V) \sigma^2 V^2 dt.$$

По определению $E(dz) = 0$. Тогда уравнение Беллмана (3) принимает вид

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 F''(V) - \alpha V F'(V) - \rho F = 0. \quad (4)$$

Перед нами дифференциальное уравнение, для решения которого необходимо правильно выбрать граничные условия. Первое граничное условие следует из определения задачи оптимальной остановки, а именно: если стоимость проекта упала до нуля, она останется в нуле:

$$F(0) = 0.$$

Второе условие говорит о том, что в случае инвестиций в проект фирма получает чистую прибыль в размере $V^* - I$, т. е.

$$F(V^*) = V^* - I.$$

Третье правило заключается в том, что углы наклона касательных функций $F(V)$ и чистой прибыли $V - I$ в точке V^* совпадают. Это условие в английском языке носит название *smooth pasting* (условие гладкости):

$$F'(V^*) = 1.$$

Из граничного условия 1 следует, что решение задачи имеет вид

$$F(V) = AV^{a_1}.$$

Используем второе и третье условия для вычисления значений V^* и I :

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{a_1 V^{*a_1-1}}; \\ \frac{V^{*a_1}}{a_1 V^{*a_1-1}} - V^* - I &; \\ V^* &= a_1 V^* - a_1 I; \\ V^* &= \frac{a_1}{a_1 - 1}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$A = \frac{(a_1 - 1)^{a_1 - 1}}{a_1^{a_1} I^{a_1 - 1}}. \quad (6)$$

Как следует из решения дифференциального уравнения (5), существуют два корня, один из которых является положительным:

$$a_1 = 0,5 - \frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} - 0,5 \right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma_A^2} \right]}. \quad (7)$$

Для второго (D) и первого этапа (R) задача была решена коллективом исследователей А. Сенджунтичай, А. Течанитисавад и Х. Т. Луонг из Тайланда [2]. На второй стадии, стадии ОКР (D), существует две возможности: возможность (опцион) отложить (задержать) проект $F_p(V_D)$ и возможность (опцион) продолжить выполнение проекта $F_F(V_D)$. Алгоритм нахождения решения аналогичен решению для третьей стадии. Единственным изменением является учет дополнительного члена в формуле для dV_i , а именно члена $V_i dq_i$.

Для опциона на задержку проекта $F_p(V_D)$ верна формула (3). Применяя функцию математического ожидания к разложению $dF_p V_D$ по лемме Ито, имеем:

$$E[dF_p(V_D)] = \alpha_A V_D F_p'(V_D) dt + \frac{1}{2} \sigma_A^2 V_D^2 F_p''(V_D) dt + E[\lambda_A (F_p(1 + \theta) V_D - F_p(V_D)) dt].$$

В нашем случае $\theta = -1$, и рекуррентное соотношение имеет вид

$$\rho F_p(V_D) dt = \alpha_A V_D F_p'(V_D) dt + \frac{1}{2} \sigma_A^2 V_D^2 F_p''(V_D) dt - \lambda_A F_p(V_D) dt,$$

а граничные условия совпадают с граничными условиями 1–3 для стадии коммерциализации.

Решение для b_1 отличается от решения для a_1 на параметр λ_A :

$$b_1 = 0,5 - \frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} - 0,5 \right)^2 + \frac{2(\rho + \lambda_A)}{\sigma_A^2} \right]}. \quad (8)$$

Аналогичным образом находится решение для случая $F_F(V_D)$ и b_2 :

$$b_2 = 0,5 - \frac{\alpha_D}{\sigma_D^2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha_D}{\sigma_D^2} - 0,5 \right)^2 + \frac{2(\rho + \lambda_D)}{\sigma_D^2} \right]}. \quad (9)$$

Если фирма принимает решение инвестировать в проект, она затрачивает сумму I_D , а также теряет опцион на задержку проекта $F_p(V_D)$. Вместе с тем она приобретает проект на стадии ОКР стоимостью V_D и возможность (опцию) $F_F(V_D)$ продолжить проект и перейти на следующую стадию:

$$F_p(V_D^*) = V_D^* + F_F(V_D^*) - I.$$

Из вышеприведенного уравнения может быть выведено условие гладкости:

$$F_p' = 1 + F_F'(V_D) \quad \text{или}$$

$$B_1 V_D^{*b_1} = V_D^* + B_2 V_D^{*b_2} - I_D;$$

$$b_1 B_1 V_D^{*b_1 - 1} = 1 + b_2 B_2 V_D^{*b_2 - 1}.$$

Последнее условие, необходимое для нахождения параметров V^* , B_1 и B_2 , следует из ограниченного срока стадии ОКР: математическое ожидание стоимости опциона на продолжение проекта равно стоимости опциона на стадии коммерциализации:

$$E[F_F(V_D)]_{T_D} = F_A(V_A).$$

Решение для второй стадии следующее:

$$B_2 = \frac{F_A(V_A)}{(V_D e^{(\alpha_D - \lambda_D)T_D})^{b_2}}. \quad (10)$$

V_D^* – решение следующего уравнения:

$$(b_1 - b_2)B_2 V_D^{*b_2} + (b_1 - 1)V_D^* - b_1 I_D = 0; \quad (11)$$

$$B_1 = \frac{V_D^* + b_2 B_2 V_D^{*b_2}}{b_1 V_D^{*b_1}}. \quad (12)$$

Наконец, решение для первой стадии полностью аналогично решению для второй стадии:

$$c_1 = 0,5 - \frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha_A}{\sigma_A^2} - 0,5 \right)^2 + \frac{2(\rho + \lambda_A)}{\sigma_A^2} \right]}; \quad (13)$$

$$c_2 = 0,5 - \frac{\alpha_R}{\sigma_R^2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha_R}{\sigma_R^2} - 0,5 \right)^2 + \frac{2(\rho + \lambda_R)}{\sigma_R^2} \right]}; \quad (14)$$

$$C_2 = \frac{F_D(V_D)}{(V_R e^{(\alpha_R - \lambda_R)c_2})^{c_2}}. \quad (15)$$

V_R^* – решение следующего уравнения:

$$(c_1 - c_2)C_2 V_R^{*c_2} + (c_1 - 1)V_R^* - c_1 I_R = 0, \quad (16)$$

$$C_1 = \frac{V_R^* + c_2 C_2 V_R^{*c_2}}{c_1 V_R^{*c_1}}. \quad (17)$$

Таблица 1

Стоимость каждой из стадий для проекта с эксклюзивной лицензией

Стадия 3 (А) Коммерциализация

Стоимость опциона $F_A(V_A)$ зависит от принятого решения. Если принято решение:

- инвестировать, то $F_A(V_A) = V_A - I_A$;
 - патентовать, то $F_A(V_A) = D_A + rV_A$;
 - отложить проект, то $F_A(V_A) = AV_A^{q_1}$;
 - прекратить проект, то $F_A(V_A) = 0$
-

Стадия 2 (D). Опытно-конструкторская разработка

Стоимость опциона $F_D(V_D)$ зависит от принятого решения. Если принято решение:

- инвестировать, то $F_D(V_D) = V_D + B_2 V_D^{b_2} - I_D$;
 - патентовать, то $F_D(V_D) = D_D + r(V_A / (1 + \rho)^{T_D})$;
 - отложить проект, то $F_D(V_D) = B_1 V_D^{b_1}$;
 - прекратить, проект $F_D(V_D) = 0$
-

Стадия 1 (R). Научно-исследовательская разработка

Стоимость опциона $F_R(V_R)$ зависит от принятого решения. Если принято решение:

- инвестировать, то $F_R(V_R) = V_R + C_2 V_R^{c_2} - I_R$;
 - отложить проект, то $F_R(V_R) = C_1 V_R^{c_1}$;
 - прекратить проект, $F_R(V_R) = 0$
-

Управление проектом в отрасли биотехнологии

Автором был рассмотрен действующий проект, разработанный и реализуемый в ГНЦ «Вектор» при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ).

Проект № 3526 носит название «Разработка и аттестация национальных референс и контрольной панелей сывороток антител к вирусу гепатита С для оценки качества диагностики гепатита С в России». В настоящее время вирусные гепатиты являются одними из наиболее широко распространенных вирусных инфекций. Гепатит С передается при переливании зараженной крови или препаратов крови, при многократном использовании одного шприца наркоманами, а также при многократном использовании хирургических и стоматологических инструментов, загрязненных кровью пациентов. В настоящее время для оценки наличия вируса в крови используются прямое выявление и количественное определение вируса гепатита С в плазме или сыворотке; однако большинство молекулярных методов имеет недостаточную чувствительность и специфичность. По результатам международного совместного исследования с использованием хорошо охарактеризованных клинических образцов лишь около 30 % диагностических центров дали совершенно правильные результаты. У большинства участвовавших в исследовании лабораторий были проблемы, как с чувствительностью, так и со специфичностью. Помимо низкой надежности тестов на нуклеиновые кислоты (НАТ), следует отметить, что российские лаборатории не имеют лицензированного оборудования для проведения таких анализов.

Основная идея проекта заключается в разработке модели контрольной панели сывороток, которая предназначена для оценки уровня профессионального мастерства персонала в диагностических лабораториях клиник и центров переливания крови. Контрольная панель будет состоять из 10–12 образцов сывороток, содержащих различные генотипы ВГС, разведенных в донорской плазме до заданной концентрации, соответствующей рекомендуемой минимальной чувствительности диагностических систем при обнаружении антител к ВГС. С помощью контрольной панели будет проверяться результат анализа на наличие ВГС в крови пациента и сравниваться с уже известным. Предполагается, что после аттестации в Государственном институте стандартов и качества (ГИСК) контрольная панель также будет являться стандартом, который сможет использоваться при сертификации лабораторий, проводящих тесты на наличие у человека вируса гепатита С. В рамках проекта также будет создан рабочий стандарт для контроля качества диагностических тест-систем, состоящих из одного образца сыворотки с малой концентрацией антител.

В табл. 2 предоставлены некоторые показатели финансового плана проекта № 3526. Как видно, в проект заложена долларова инфляция 3 % годовых. Такой прогноз был сделан на основе данных о среднем индексе потребительских цен США (CPI) за 1997–2007 гг.¹ Предполагается постепенно наращивать выпуск панелей и рабочих стандартов с 900 шт. в 2011 г. до 1 200 шт. в 2021 г. Согласно финансовому плану доля прибыли в совокупном доходе составляет 28 %.

В табл. 3 представлены дополнительная информация, необходимая для оценки проекта.

Табл. 3 задает условия лицензирования. В случае лицензирования на стадии ОКР фирма получает меньшую сумму, поскольку продукт находится на ранней стадии готовности и его коммерциализация сопряжена с большими рисками по сравнению с продвижением на третьей стадии. Оценка безрисковой ставки процента проводилась путем нахождения ставки по облигациям внешнего займа Министерства финансов РФ со сроком погашения близким к сроку окончания проекта (2030 г.). Подобное приближение ставки является одним из методов определения безрисковой ставки процента, ранее использовался автором в [5]. Средневзвешенная стоимость капитала соответствует требованиям инвесторов: она оказалась выше безрисковой ставки на 1 %.

¹ United States Department of Labor. Bureau of Labor Statistics. Consumer Price Index: <http://www.bls.gov/cpi/#tables>.

Таблица 2

Некоторые показатели финансового плана проекта № 3526, долл.

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Затраты, долл.																			
Затраты на НИР	-50 087	-50 087																	
Затраты на ОКР			-64 651	-37 339															
Закупка оборудования и будущая амортизация					-109 736														
Доходы от реализации, долл.																			
Цена панели					100,00	103,00	106,09	109,27	112,55	115,93	119,41	122,99	126,68	130,48	133,09	135,75	138,46	141,23	144,06
Цена рабочего стандарта					50,00	51,50	53,05	54,64	56,28	57,96	59,70	61,49	63,34	65,24	66,54	67,87	69,23	70,62	72,03
Инфляционный множитель					1,00	1,03	1,06	1,09	1,13	1,16	1,19	1,23	1,27	1,30	1,33	1,36	1,38	1,41	1,44
Объем реализации панелей (шт.)					900	900	900	900	900	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Объем реализации рабочего стандарта (шт.)					900	900	900	9 000	900	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Доходы от реализации панелей					90 000	92 700	95 481	98 345,4	101 296	115 927	119 405	122 987	126 677	130 477	159 704	162 898	166 156	169 479	172 869
Доходы от реализации рабочего стандарта					45 000	46 350	47 741	491 727	50 648	57 963	59 703	61 494	63 339	65 239	79 852	81 449	83 078	84 740	86 435
Общие доходы от реализации					135 000	139 050	143 222	590 073	151 944	173 891	179 108	184 481	190 016	195 716	239 556	244 348	249 234	254 219	259 304
Общие расходы от реализации					97 200	100 116	103 119	424 852	109 399	125 202	128 958	132 826	136 811	140 916	172 481	175 930	179 449	183 038	186 699
Общий финансовый результат					37 800	38 934	40 102	165 220	42 544	48 690	50 150	51 655	53 204	54 801	67 076	68 417	69 786	71 181	72 605

Таблица 3

Финансовые показатели проекта № 3526

	Стадии проекта		
	Коммерциализация (A)	ОКР (D)	НИР (R)
Инвестиции	109 736	101 990	100 174
Стоимость разглашения	100 000	90 000	
Ставка роялти r , %	7	7	
Безрисковая ставка α , %	4,48	4,48	4,48
WACC (ρ) – средневзвешенная стоимость капитала	5,48		
Период жизни продукта	15		
Стоимость проекта	614 282	74 013	19 776,8
Продолжительность стадии	15	2	2
Сигма, %	14,4	20	20
λ	–	0,02	0,02

Риск проекта оценивается параметром σ . На стадиях исследований и разработок риск равен вероятности неудачи исследований и составляет 20 %. На стадии коммерциализации риск задается стандартным отклонением основного продукта, т. е. стандартной панели.

Принципиальным для оптимального управления проектом является вычисление стоимости проекта на начало каждой из фаз: V_A , V_D и V_R . Для последней стадии стоимость проекта V_A совпадает с показателем NPV денежных потоков от производства и продажи стандартных панелей и рабочих стандартов.

Стоимость проекта в начале фазы ОКР (V_D) определяется исходя из двух условий: в конце периода она совпадает со стоимостью проекта в начале фазы коммерциализации $V_A = 614\,282$ долл., а изменение стоимости в каждый момент времени dt задается уравнением (1). В качестве единицы времени рассматривается недельный период ($dt = \frac{1}{52} \approx 0,02$). Ве-

роятность резкого падения стоимости, связанного с неудачными результатами фазы ОКР, выражается коэффициентом λ_D , который, согласно экспертным оценкам, составляет 2 %. Тогда, начиная с момента времени $T = 4$ и двигаясь назад к моменту времени $T = 2$, можно вычислить V_D . Затем на основе значения V_D и оценке коэффициента λ_R на уровне 2 % аналогичным способом можно найти значение V_R . Изменение стоимости проекта по неделям представлено на рис. 2. Как видно, на 49-й неделе имел место пуассоновский скачок, выразившийся в резком снижении стоимости проекта на фазе НИР.

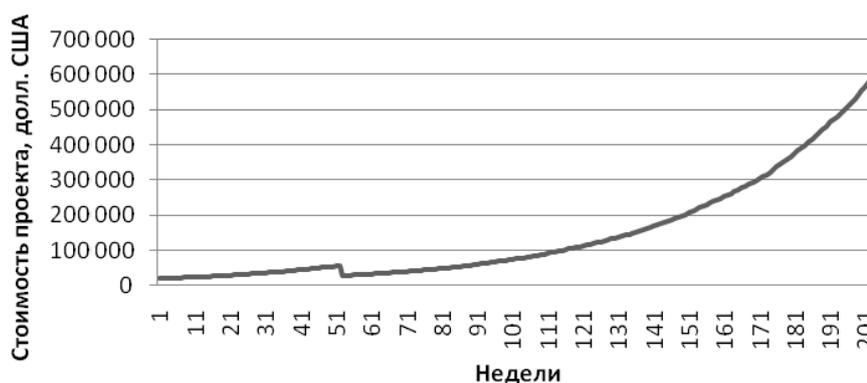


Рис. 2. Стоимость проекта № 3526 на стадиях ОКР и НИР

После определения стоимости проекта на каждом этапе становится возможным решить задачу оптимального управления с помощью формул (5)–(17) и данных табл. 1. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оптимальное управление проектом 3526 и стоимость опционов

Стадия	Выполненное условие	Решение в стратегии оптимального управления	Стоимость опциона на данной стадии
НИР (R)	$0 < V_R < V_R^*$ $0 < 19778,8 < 57\,770$	Отложить реализацию проекта	$F_R(V_R) = C_1 V_R^{\alpha} = 384\,272$
ОКР (D)	$0 < V_D < V_D^*$ $0 < 74\,013 < 155\,200$	Отложить реализацию проекта	$F_D(V_D) = B_1 V_D^{\beta} = 466\,485$
Коммерциализация (A)	$V_A \geq V_A^*$ $614\,282 \geq 447\,528$ $V_A - I_A \geq D_A + rV_A$ $504\,546 \geq 143\,000$	Инвестировать в стадию коммерциализации	$F_A(V_A) = V_A - I_A = 504\,546$

Анализ результатов

Как показал численный анализ проекта, он обладает большой ценностью, однако в настоящее время целесообразным является остановка проекта, в том случае если он находится на одном из первых двух этапов. Причиной остановки проекта является его низкая доходность в сложившихся рыночных условиях. Возобновить работу на первых двух этапах станет возможным после того, как в положительную сторону изменятся условия рынка – вырастет безрисковая ставка, снизятся риски неудачи фаз и суммы инвестиций в НИОКР. Однако если в проекте завершены стадии НИОКР и фирма стоит перед выбором между продажей эксклюзивной лицензии и организацией собственного производства, выбор должен быть сделан в пользу производства как более прибыльного варианта.

Выводы

В данной статье рассмотрена задача оптимального управления проектами с фазами НИОКР и возможностью продажи эксклюзивной лицензии. Решение задачи основано на применении теории реальных опционов и принципа оптимальности Беллмана. Теоретические выводы подкреплены расчетами для проекта в области биотехнологии, состоящего из трех стадий и реализуемого в настоящее время в МНТЦ. Разработанная методология может быть применена для широкого класса научно-исследовательских проектов, как в биотехнологии, так и других отраслях, результатом которых является опытный образец.

Список литературы

1. Канева М. А. Многообразие реальных опционов и принятие стратегических решений // Финансы и кредит. 2009. № 37 (373). С. 60–67.
2. Senjunchitai A., Techinisawad A., Luong H. T. The Analysis of Patent Option for the RDA Project Valuation // Journal of Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. 2010. Vol. 4, № 3, P. 683–700.
3. Dixit A. K., Pindyck R. S. Investment Under Uncertainty. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1994. 468 p.
4. Оксендаль Б. Стохастические дифференциальные уравнения. Введение в теорию и приложения: Пер. с англ. М.: Мир; АСТ, 2003. 408 с.

5. Канева М. А., Унтура Г. А. Методы оценки инновационных проектов, основанные на применении моделей опционов // Инновационный потенциал научного центра: методологические и методические проблемы анализа и оценки / Отв. ред. В. И. Суслов; науч. ред. Н. А. Кравченко, Г. А. Унтура. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007. Гл. 3, § 13. С. 178–191.

Материал поступил в редколлегию 16.05.2011

M. V. Kaneva

REAL OPTIONS AND EXCLUSIVE LICENSING: AN EXAMPLE OF A BIOTECHNOLOGY PROJECT

The paper discusses an application of real options theory to the optimal control problem for projects with an R&D stage and an opportunity to patent. An optimal control (management) is defined as a sequence of decisions that leads to profit maximization at every stage of the project. The theoretical framework of the optimal control problem is the Bellman's principle and the real options' theory. To illustrate the theoretical framework a biotechnology project on Hepatitis C quality standards development has been chosen. The methodology can be used for a wide array of an R&D projects that result in product's prototype.

Keywords: real options, exclusive license, optimal control, R & D.