

УДК 330.322.21

## Сравнительный анализ методов оценки проектов капитальных вложений в горнодобывающей отрасли

**Заернюк Виктор Макарович**

Доктор экономических наук, член-корреспондент РАЕН,  
профессор кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса,  
Российский государственный геологоразведочный университет,  
117485, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;  
e-mail: zvm4651@mail.ru

**Гатиятулин Шайдулла Нуруллович**

Кандидат экономических наук,  
завкафедрой «Управление бизнесом и сервисные технологии»,  
Российский биотехнологический университет,  
125080, Российская Федерация, Москва, Волоколамское ш., 11;  
e-mail: sacha9@ya.ru

### Аннотация

Проанализированы основные критерии количественных методов для оценки затрат и стоимости, связанных с предлагаемым проектом рудника с точки зрения. Показано, что для различных горнодобывающих проектов компании должны использовать разные ставки дисконтирования с поправкой на риск. Для этого необходимо оценить корреляцию между доходностью конкретного проекта и рынком в целом, либо выявляя меру корреляции между доходностью акций компании и доходностью рыночного портфеля от компаний, «близких по риску». Рассмотрены некоторые особенности применения концепции форвардных контрактов, учитывающих влияние неопределенности и риска для оценки проектов по добыче полезных ископаемых в качестве альтернативы методу дисконтированных денежных потоков. Подводя краткие итоги, можно сказать, что появление новых методик в качестве стандартного инструмента для оценки эффективности разрабатываемых проектов в условиях неопределенности, несомненно, имеет большое значение для специалистов по планированию горных работ, руководителей горных предприятий и инвесторов. Горнодобывающая промышленность нуждается в альтернативном методе оценки проектов горных работ, учитывающем неопределенность, эксплуатационную гибкость, а также процедуры планирования, проектирования и оптимизации. По мнению авторов, первый метод считается более обоснованным, чем второй и третий, поскольку подразумевает инвестирование по требуемой ставке, а не по внутренней ставке окупаемости проекта.

### Для цитирования в научных исследованиях

Заернюк В.М., Гатиятулин Ш.Н. Сравнительный анализ методов оценки проектов капитальных вложений в горнодобывающей отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 5А. С. 148-155.

**Ключевые слова**

Капитальные вложения, горнодобывающая промышленность, методы оценки, оценка затрат и стоимости, горнодобывающие проекты.

**Введение**

Горнодобывающие проекты представляют собой серьезную проблему для тех, кто участвует в принятии соответствующих инвестиционных решений, таких как владельцы рудника и другие заинтересованные стороны. Владельцам и акционерам горнодобывающего проекта крайне важно знать стоимость горнодобывающего проекта, что является фундаментальным критерием для принятия окончательных решений по вложению капитала. Однако получение стоимости проекта разработки рудного месторождения является достаточно сложной задачей. Причина этого заключается в том, что методы оценки, на которые должен опираться аналитик или планировщик горных работ, должны обеспечить количественную оценку существующей неопределенности и, следовательно, риска, связанного с инвестициями в проект.

**Материалы и методы исследования**

В качестве материала исследований использовались данные о горнодобывающей промышленности. Методы исследований базировались на отечественных [Аверин, 2017; Джиоева, Танделова, 2020; Пономаренко, Цараков, 2011; Чуркин, Гилярова, 2020] и зарубежных публикациях [Gentry, 1984; Lintner, 1965; Smith, 2005; Guj, 2006], а также на авторских разработках.

**Результаты и обсуждение**

Анализ исходных данных показал, что традиционно горнодобывающие организации используют различные типы количественных методов для оценки затрат и стоимости, связанных с предлагаемым проектом рудника. Среди этих показателей прибыльности *NPV* является наиболее часто используемым в горнодобывающей промышленности, поскольку он признает временную стоимость денег и учитывает риск через скорректированную процентную ставку *R* (см. формулу 1), предоставляя аналитику инструмент для принятия решений о финансовых инвестициях и дивидендах [Gentry, 1984].

Более формально, метод *NPV* заключается в вычитании капитальных вложений *CapInv*, понесенных в начале проекта по добыче полезных ископаемых (предполагается, что это период  $t_0$ ), из суммы приведенных значений ожидаемых чистых денежных потоков в момент времени  $t$  ( $CF_t$ ), генерируемых в течение всего срока эксплуатации ( $t = 1, 2, \dots, T$ ) карьера, определяемой по формуле (1):

$$NPV = \sum_{i=1}^T \frac{E\{CF_i\}}{(1+R)^t} - CapInv, (1)$$

На практике ожидаемые денежные потоки, генерируемые в каждом производственном периоде, определяются в общих чертах как

$$E\{CF_t\} \times E\{q_t\} \times E\{S_t\} - E\{ProdCost_t\} \quad (2)$$

и оцениваются с использованием ожидаемых значений для базовых переменных, таких как цена металла,  $S$ , общая себестоимость производства,  $ProdCost$ , и количество произведенного металла,  $q$ , в каждом производственном периоде  $t = 1, 2, \dots, T$ . В данной работе мы подробно рассмотрим расчет вышеуказанных ожиданий.

Важной особенностью  $NPV$  является то, что единая скорректированная процентная ставка (WACC), обычно применяется ко всем будущим денежным потокам (см. формулу 1) для учета риска, связанного с неопределенностью будущих значений экономических, так и технических базовых переменных, таких как цены на металлы, ожидание акционером доходности, тонн руды или большого количества металла. Обычно эта скорректированная процентная ставка  $R$  оценивается как средневзвешенная стоимость капитала (WACC) горнодобывающей компании (см. формулу 3).

Таким образом, также достигаются предпочтения корпоративного руководства в отношении денежных потоков с течением времени. Если считается, что горнодобывающая компания имеет только собственный капитал и заемные средства, то процентная ставка WACC,  $R$ , определяется как средневзвешенное значение стоимости долга и стоимости собственного капитала, то есть

$$R_{WACC} = \left(\frac{D}{V}\right)(1 - T_c)r_d + \left(\frac{M}{V}\right)r_e, \quad (3)$$

где рыночная стоимость горнодобывающей компании,  $V = D + M$ , является суммой процентного долга фирмы,  $D$ , и рыночная стоимость собственного капитала,  $M$ ;  $T_c$  – ставка корпоративного налога;  $r$  – доходность до налогообложения по долгу компании; и  $r_e$  – ожидаемая доходность собственного капитала компании, определяемая моделью оценки капитальных активов (CAPM) [Lintner, 1965]. В этом случае  $r$  определяется как

$$r_e = r_f + r_{premium} \quad (4)$$

$$r_{premium} = (r_m - r_f)\beta,$$

где  $r_f$  – безрисковая ставка (обычно определяемая как доходность по государственным облигациям), а  $r_{premium}$  – премия за риск, состоящая из ожидаемой доходности рыночного портфеля,  $r_m$  и «бета» компании,  $\beta$ , которая является мерой корреляции между доходностью акций компании и доходностью рыночного портфеля. Заметим, что если компания состоит только из акций, как это обычно предполагается при оценке горнодобывающих проектов, то, заменив  $D = 0$  в формуле (3), можно увидеть, что процентная ставка с поправкой на риск ( $R$ ), равна ожидаемой доходности собственного капитала компании, то есть

$$R = r_f + r_{premium} \quad (5)$$

Одна из проблем, возникающих при использовании скорректированной на риск ( $R$ ) ставки доходности WACC для горнодобывающей компании, заключается в том, что, поскольку это глобальный индикатор риска, то есть горнодобывающая компания использует этот WACC для всех проектов и для всех сценариев, это может привести к неправильному восприятию риска при применении к проектам, которые значительно отличаются от горного предприятия в целом. Это относится к различным горнодобывающим проектам, в которых неопределенность рудного

тела различна, то есть, среди прочего, различается распределение по марке металла и другие геологические, геотехнические и геометаллургические свойства по всему рудному телу.

На самом деле, для различных горнодобывающих проектов компании должны использовать разные ставки дисконтирования с поправкой на риск. Для этого необходимо оценить корреляцию между доходностью конкретного проекта и рынком в целом, либо выявляя меру корреляции между доходностью акций компании и доходностью рыночного портфеля ( $\beta$ ) от компаний, «близких по риску» к проекту, либо делая сложную субъективную оценку коэффициента бета. Таким образом, премия за риск ( $r_m - r_f$ ) в формуле (4) может быть оценена и использована в процессе оценки.

Однако определение единой премии за риск, которая способна агрегировать риск всех переменных, входящих в процесс оценки, является трудной задачей. Причина этого заключается в том, что при оценке коэффициента бета и премии за риск учитываются только переменные, торгуемые на рынке, например, цены на металлы, но не переменные, которые зависят только от характера проекта по добыче полезных ископаемых, такие как производственные затраты и количество металлов.

Еще одна проблема, возникающая при использовании скорректированной на риск ставки доходности горнодобывающей компании ( $R$ ), заключается в том, что при гибком проекте, в котором решения могут приниматься на протяжении всего срока эксплуатации горнодобывающего проекта, может возникнуть необходимость в использовании различных ставок дисконтирования для разных периодов добычи, то есть динамической ставки дисконтирования. Риск проекта может меняться с течением времени в зависимости от того, как разворачиваются неопределенности и как реагирует руководство [Smith, 2005]. Задача оценки адекватной единой динамической ставки доходности WACC с поправкой на риск также очень сложна.

Тем не менее, благодаря своей простоте, традиционный  $NPV$  по-прежнему является широко распространенным способом принятия практических инвестиционных решений в горнодобывающей промышленности. Здесь следует обратить внимание на то, что простота традиционного  $NPV$  может стать препятствием для принятия новых методов оценки в качестве стандартных инструментов оценки открытых горных работ.

Интересный результат, который можно наблюдать из формулы (1), состоит в том, что в связи с тем, что каждый будущий денежный поток  $CF_t$ , генерируемый в каждом производственном периоде  $t = 1, 2, \dots, T$ , является неопределенным, его текущая стоимость оценивается путем дисконтирования по скорректированной ставке дисконтирования  $R$  (см. формулу 3). Однако если бы каждый денежный поток  $CF_t$  был определен, то его приведенную стоимость можно было бы оценить путем дисконтирования по безрисковой ставке  $r_f$ , которая является лишь поправкой на время. Таким образом, логично предположить, что для каждого генерируемого ожидаемого денежного потока  $CF_t^{CE}$ , должен существовать определенный эквивалентный денежный поток  $E\{CF_t\}$ , такой, чтобы его приведенная стоимость могла быть выражена как

$$PV = \frac{E\{CF_t\}}{(1+R)^t} = \frac{CF_t^{CE}}{(1+r_f)^t} \quad (6)$$

где приведенная стоимость оценивается только с использованием безрисковой ставки

дисконтирования, которая постоянна во времени. Это, конечно, означает, что, поскольку для каждого будущего денежного потока используется одна и та же ставка дисконтирования, эквивалент определенности должен неуклонно снижаться как доля ожидаемого денежного потока, то есть,

$$CF_t^{CE} = E\{CF_t\} \left[ \frac{(1+r_f)}{(1+R)} \right]^t, \text{ где } (1+R) > (1+r_f) \quad (7)$$

Одна из проблем, связанных с уравнением (7), заключается в том, что оценка определенности, эквивалентных денежным потокам, с использованием традиционных методов, таких как теория полезности, является непростой задачей, когда риск колеблется в течение жизненного цикла проекта [Guj, 2006]. Причина этого заключается в том, что он требует оценки динамической премии за риск, что также является сложной задачей.

Однако в горнодобывающей промышленности форвардные продажи минерального сырья являются формой эквивалента определенности из-за обязательного характера форвардных контрактов. В этом контексте форвардный контракт – это соглашение, написанное в период  $t_0$  на покупку или продажу базового актива, в данном случае металла, произведенного в горнодобывающем проекте, по заранее определенной цене, то есть форвардной цене металла  $F_{t_0}^T$ , с определенным будущим периодом поставки  $T > t_0$ , где условия изначально установлены таким образом, что контракт не имеет затрат; то есть в период  $t_0$  (обычно в начале года) горнодобывающая компания (продавец) соглашается поставить в период  $T > t_0$  (обычно конец года) определенное количество актива (металла) покупателю по определенной цене за единицу,  $F_{t_0}^T$ , которая указывает на то, что это цена за единицу актива, согласованная в период  $t_0$ , подлежащая оплате в период  $T > t_0$ . Другими словами, продавец получит общую согласованную цену –  $F_{t_0}^T$ .

Метод реальных опционов (*real options – RO*), основанный на современной теории ценообразования активов (*modern asset pricing – MAP*), использует концепцию форвардных контрактов для оценки проектов по добыче полезных ископаемых в качестве альтернативы метода дисконтированных денежных потоков (DCF), понимая и контролируя влияние неопределенности и риска в проекте. Это стало возможным благодаря значительным достижениям в теории ценообразования активов, сделанным за последние три десятилетия.

Проведенное исследование методов оценки проектов капитальных вложений в горнодобывающей отрасли позволило сделать следующие выводы:

- оценка может быть проведена в точном приближении на совершенном рынке (свободном от транзакционных барьеров). На таком рынке различные активы, которые дают одинаковый результат денежного потока, имеют одинаковую цену. Кроме того, на совершенном рынке можно воспроизвести результаты денежного потока и, следовательно, стоимость сложного актива (горнодобывающего предприятия), реализуя торговую стратегию в портфеле простых активов, таких как безрисковые облигации и фьючерсные контракты на металлы.
- цены на активы определяются риск-предпочтениями инвестора. Таким образом, те активы, которые имеют непосредственное взаимодействие с будущими макроэкономическими переменными, предоставляют информацию о дисконтировании риска. В контексте горнодобывающей промышленности базовыми активами являются фьючерсные контракты на металлы, которые связаны с соответствующими будущими ценами на металлы.

## Заключение

Подводя краткие итоги, можно сказать, что появление новых методик в качестве стандартного инструмента для оценки эффективности разрабатываемых проектов в условиях неопределенности, несомненно, имеет большое значение для специалистов по планированию горных работ, руководителей горных предприятий и инвесторов. Горнодобывающая промышленность нуждается в альтернативном методе оценки проектов горных работ, учитывающем неопределенность, эксплуатационную гибкость, а также процедуры планирования, проектирования и оптимизации.

По мнению авторов, первый метод считается более обоснованным, чем второй и третий, поскольку подразумевает инвестирование по требуемой ставке, а не по внутренней ставке окупаемости проекта.

## Библиография

1. Аверин Е.А. Выбор критерия оценки инвестиционной привлекательности проектов в горной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. № 4. С. 363-370.
2. Джиоева Щ.О., Танделова О.М. Анализ методов оценки эффективности инвестиционных проектов при реформировании предприятий в условиях цифровой экономики // Национальная ассоциация ученых. 2020. № 55. С. 63-65.
3. Заернюк В.М., Забайкин Ю.В., Скрябин М.С. Формирование методического подхода к экономической оценке инновационной активности горного предприятия // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Т. 10. № 1-1. С. 68-77.
4. Заернюк В.М. Оценка операционных и финансовых эффектов бережливого производства в горнодобывающей отрасли // Человек. Общество. Инклюзия. 2023. Том 14. № 4-3. С. 68-79.
5. Пономаренко Т.В., Цараков О.И. Стратегическая оценка крупных инвестиционных проектов горных компаний // Записки Горного института. 2011. Т. 194. С. 301.
6. Чуркин О.Е., Гилярова А.А. Методические подходы к оценке инвестиционной привлекательности перспективных рудных месторождений Мурманской области // Фундаментальные исследования. 2020. № 11. С. 205-210.
7. Gentry D.W., O'Neil T.J. Mine investment analysis. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 1984. 510 p.
8. Guj P. Mineral project evaluation-dealing with uncertainty and risk // Mineral Economics: Australian and global perspectives. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013. P. 145-176.
9. Lintner J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolio and capital budgets // Review of Economics and Statistics. 1965. 47 (1). P. 13-37.
10. Smith J.E. Alternative approaches for solving real-options problems // Decision Analysis. 2005. 2 (2). P. 89-102.

## Comparative Analysis of Methods for Evaluating Capital Investment Projects in the Mining Industry

**Viktor M. Zaernyuk**

Doctor of Economics,  
Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences,  
Professor of the Department of Economics of the Mineral Resource Complex,  
Russian State Geological Prospecting University,  
117485, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: zvm4651@mail.ru

**Shaidulla N. Gatiyatulin**

PhD in Economics,  
Head of the Department of Business Management and Service Technologies,  
Russian Biotechnological University,  
125080, 11, Volokolamskoe h., Moscow, Russian Federation,  
e-mail: sacha9@ya.ru

**Abstract**

The main criteria of quantitative methods for assessing the costs and values associated with a proposed mine project are analyzed from a perspective. It is shown that companies should use different risk-adjusted discount rates for different mining projects. To do this, it is necessary to assess the correlation between the profitability of a specific project and the market as a whole, or by identifying a measure of correlation between the profitability of the company's shares and the profitability of the market portfolio from companies "close in risk". Some features of the application of the concept of forward contracts that consider the influence of uncertainty and risk for the evaluation of mining projects as an alternative to the discounted cash flow method are considered. In summary, the emergence of new methodologies as a standard tool for assessing project performance under conditions of uncertainty is undoubtedly of great importance to mine planners, mine managers and investors. The mining industry needs an alternative method for evaluating mining projects that considers uncertainty, operational flexibility, and planning, design and optimization procedures. According to the authors, the first method is considered more reasonable than the second and third, since it involves investing at the required rate, and not at the internal rate of return on the project.

**For citation**

Zaernyuk V.M., Gatiyatulin Sh.N. (2024) Sravnitel'nyi analiz metodov otsenki proektov kapital'nykh vlozhenii v gornodobyvayushchei otrasli [Comparative Analysis of Methods for Evaluating Capital Investment Projects in the Mining Industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (5A), pp. 148-155.

**Keywords**

Capital investments, mining, valuation methods, cost and value assessment, mining projects.

**References**

1. Averin E.A. (2017) Vybór kriteriya otsenki investitsionnoi privlekatel'nosti proektov v gornoi promyshlennosti [Selecting a criterion for assessing the investment attractiveness of projects in the mining industry]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle* [News of the Tula State University. Geosciences], 4, pp. 363-370.
2. Churkin O.E., Gilyarova A.A. (2020) Metodicheskie podkhody k otsenke investitsionnoi privlekatel'nosti perspektivnykh rudnykh mestorozhdenii Murmanskoi oblasti [Methodological approaches to assessing the investment attractiveness of promising ore deposits in the Murmansk region]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 11, pp. 205-210.
3. Dzhioeva Shch.O., Tandelova O.M. (2020) Analiz metodov otsenki effektivnosti investitsionnykh proektov pri reformirovanii predpriyatii v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Analysis of methods for assessing the effectiveness of investment projects when reforming enterprises in the digital economy]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National Association of Scientists], 55, pp. 63-65.
4. Gentry D.W., O'Neil T.J. (1984) *Mine investment analysis*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
5. Guj P. (2013) Mineral project evaluation-dealing with uncertainty and risk. In: *Mineral Economics: Australian and global*

- 
- perspectives*. Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
6. Lintner J. (1965) The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolio and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47 (1), pp. 13-37.
  7. Ponomarenko T.V., Tsarakov O.I. (2011) Strategicheskaya otsenka krupnykh investitsionnykh proektov gornykh kompanii [Strategic assessment of large investment projects of mining companies]. *Zapiski Gornogo instituta* [Notes of the Mining Institute], 194, p. 301.
  8. Smith J.E. (2005) Alternative approaches for solving real-options problems. *Decision Analysis*, 2 (2), pp. 89-102.
  9. Zaernyuk V.M. (2023) Otsenka operatsionnykh i finansovykh effektov berezhlivogo proizvodstva v gornodobyvayushchei otrasli [Assessing the operational and financial effects of lean production in the mining industry]. *Chelovek. Obshchestvo. Inklyuziya* [Man. Society. Inclusion], 14, 4-3, pp. 68-79.
  10. Zaernyuk V.M., Zabaikin Yu.V., Skryabin M.S. (2020) Formirovaniye metodicheskogo podkhoda k ekonomicheskoy otsenke innovatsionnoy aktivnosti gornogo predpriyatiya [Formation of a methodological approach to the economic assessment of the innovation activity of a mining enterprise]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (1A), pp. 68-77.