

Научная статья

Original article

УДК 33

doi: 10.55186/2413046X_2024_9_5_237

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ECONOMIC
EFFICIENCY OF MINING ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF
SAKHA (YAKUTIA)**



Колокольцева Алла Владимировна, аспирант, Дальневосточный Институт-филиал РАНХ и ГС, 678960, РС(Я), г. Нерюнгри ул. Мира д.17/3 кв.1, komaga10@mail.ru

Kolokoltseva Alla Vladimirovna, post-graduate student of the Far-Eastern institute of management – branch of RANEPА (Khabarovsk), 678960, Republic of Sakha(Yakutia), Neryungri ul. Mira d. 17/3 sq. 1, komaga10@mail.ru

Аннотация. Минерально–сырьевой комплекс определяет не только текущие возможности страны, но и ее потенциал для будущего развития во всех сферах экономики, поэтому адекватная и достоверная оценка экономической эффективности разработки и добычи полезных ископаемых является важной проблемой современного общества. В статье освещены недостатки методики оценки эффективности добычи полезных ископаемых на базе инвестиционного анализа и внесены предложения по применению корреляционно-регрессионного анализа в качестве альтернативы применяемой методики оценки. На основе проведенного анализа разработана

математическая модель оценки эффективности добычи угольной продукции по показателю рентабельности продаж.

Abstract. The mineral resource complex determines not only the current capabilities of the country, but also its potential for future development in all spheres of the economy, therefore, an adequate and reliable assessment of the economic efficiency of mining and extraction of minerals is an important problem of modern society. The article highlights the shortcomings of the methodology for evaluating the efficiency of mining based on investment analysis and makes suggestions for the use of correlation and regression analysis as an alternative to the applied assessment methodology. Based on the analysis, a mathematical model for evaluating the efficiency of coal production in terms of profitability of sales has been developed.

Ключевые слова: полезные ископаемые, добыча, экономическая эффективность, методика, инвестиции, корреляционно-регрессионный анализ

Keywords: minerals, extraction, economic efficiency, methodology, investments, correlation and regression analysis

Актуальность. Для рационального использования природных ресурсов и принятия обоснованных управленческих решений о целесообразности разработки и добычи полезных ископаемых необходимо проведение оценки экономической эффективности.

Наиболее часто для оценки эффективности добычи полезных ископаемых применяется методика инвестиционного анализа. Однако данный метод имеет ряд существенных недостатков. При наличии несовершенного методологического и методического аппарата оценки эффективности добычи полезных ископаемых в процессе освоения месторождений могут возникать серьезные проблемы с реализацией проекта добычи полезного ископаемого.

Несмотря на то, что в последнее время имеются достаточно обширные работы в области научного обоснования критерия эффективности и методов ее оценки, до сих пор проблемы формирования показателей остаются важной методологической и методической задачей исследователей.

Целью статьи является освещение предложений по совершенствованию методики оценки экономической эффективности добычи полезных ископаемых.

Основная часть

Понятие экономической эффективности рассматривалось и рассматривается до настоящего момента со времени возникновения классической экономической теории, постоянно трансформируясь и дополняясь в зависимости от развития общества и общественных отношений.

В общем понимании экономическая эффективность представляет собой количественное соотношение результатов деятельности субъекта хозяйствования и затрат, понесенных в процессе осуществления процесса производства.

Существует значительное количество критериев экономической эффективности производственной деятельности предприятия, к ним можно отнести показатели прибыли, рентабельности, производительности, финансовой устойчивости, гибкости, динамичности. Кроме того на практике различают абсолютную эффективность, характеризующуюся такими показателями как трудоемкость, материалоемкость и обратным им параметрами, и относительную эффективность, которая определяется при принятии экономических и производственно-технических решений, для отбора из альтернативных вариантов наилучшего (оптимального).

Подходы, используемые для определения экономической эффективности добычи полезных ископаемых, сводятся к оценке эффективности инвестиционных проектов или в усеченном варианте к расчету величины

дифференциальной внутриотраслевой ренты, которую можно получить в процессе выемки и реализации имеющихся в месторождении полезных ископаемых. Однако каждый из вышеуказанных подходов имеет как достоинства, так и недостатки.

Расчет величины дифференциальной внутриотраслевой ренты, основан на расчете величины интегрального чистого дисконтированного дохода, который получит горно-добывающее предприятие за планируемый период извлечения имеющихся запасов и определяет суммарную экономическую эффективность разработки данного конкретного месторождения, и как следствие имеет те же недостатки и достоинства, что и сам метод.

Методика оценки экономической эффективности инвестиционных вложений изложена в «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов»[1], официальном документе, действующем в настоящий момент на территории Российской Федерации и разработанном на основании рекомендаций Центра промышленных исследований при ООН (UNIDO). Оценка экономической эффективности на основе инвестиционного анализа включает в себя: статический метод, методы расчета срока окупаемости, индекса доходности, внутренней нормы доходности и чистого дисконтированного дохода. В соответствии с принятой методикой отбора, наиболее приемлемым признается проект с максимальной величиной чистого дисконтированного дохода, назначенного определяющей величиной прироста стоимости предприятия в масштабе текущего времени.

Однако как показала многолетняя практика применения данной методики в качестве способа оценки экономической эффективности в целом и добычи полезных ископаемых в частности, она имеет ряд существенных недостатков, которые искажают реальную эффективность производства, представления о жизненном цикле и ведут к расстановке ложных приоритетов. К недостаткам инвестиционного анализа проводимого по

критериям, основанных на дисконтировании денежных потоков к настоящему моменту времени большинство авторов [2,3] относят: отнесение к показателям эффективности абсолютных величин, что противоречит самой сути эффективности; отсутствие однозначности трактовки полученных результатов при взаимоисключающих параметрах оценки эффективности; отсутствие учета фактора риска ; некорректность учета фактора времени через коэффициенты дисконтирования и другие.

В качестве альтернативной методики оценки экономической эффективности добычи полезных ископаемых автором предложено использование корреляционно-регрессионного анализа с построением уравнения множественной регрессии.

Множественная регрессия представляет собой математическое уравнение, описывающее взаимосвязь результирующего показателя (исследуемого параметра) с независимыми переменными (факторами влияния) и применяется для изучения явлений и процессов, когда нельзя выделить доминирующий фактор влияния и необходимо учитывать влияние нескольких факторов.

Общий вид регрессионной модели с несколькими объясняющими переменными имеет вид:

$$y=f(x_1,x_2,x_3,\dots,x_n)+\varepsilon,$$

где y - результирующий показатель;

x_1,x_2,x_3,\dots,x_n - независимые переменные;

ε - погрешность.

Проведение многофакторного корреляционно-регрессионного анализа осуществляется в несколько этапов:

- отбор объясняющих факторов, существенных для анализа;
- сбор и оценка исходной информации;
- определение формы зависимости, наиболее точно описывающей взаимосвязь между исследуемыми параметрами, в виде математического

уравнения;

- расчет основных показателей, характеризующих изучаемую зависимость;
- проверка качества модели в целом и ее параметров в частности и анализ ее практического применения [4].

Исследование проводилось по информации о добывающих предприятиях Республики Саха (Якутия). В качестве носителей информации представлены предприятия угольной промышленности.

В качестве показателя, характеризующего экономическую эффективность добычи полезных ископаемых была принята рентабельность продаж, как величина, наиболее точно раскрывающая сущность эффективности инвестиций через эффективность производства.

Все факторы, оказывающие влияние на экономическую эффективность добычи полезных ископаемых можно сгруппировать на технические, социальные, финансовые и экономические, в то же время они могут быть как внешними, так и внутренними.

При проведении анализ эффективности добычи угля к независимым переменным были отнесены такие показатели как объем добычи полезного ископаемого на предприятии (x1), коэффициент вскрыши (x2), цена за 1 тонну угля(x3), удельная себестоимость угольной продукции(x4), объем добычи угля в Российской Федерации (x5), объем экспорта (x6), курс доллара США (x7), цена угля на внутреннем рынке (x8), индекс потребительских цен (x9), ставка рефинансирования (x10), минимальный размер оплаты труда (x11), среднегодовая стоимость основных фондов (x12), объем экспорта (x13) по республике и цена на топливо(x14).

Проверка параметров на наличие связи факторных признаков с результативным показателем, проведена при помощи парных коэффициентов регрессии, определяемых по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{y} * \bar{x}}{\sigma_x * \sigma_y} \quad ; \quad r_{xixj} = \frac{\overline{xixj} - \bar{xj} * \bar{xi}}{\sigma_{xi} * \sigma_{xj}}$$

где σ - среднеквадратическое отклонение.

По итогам проверки выявлена тесная и заметная связь между результативным показателем и $X_1(0,3), X_5(0,59), X_6(0,46), X_7(0,76), X_8(0,8), X_9(-0,57), X_{11}(0,57), X_{14}(0,55)$, однако параметры X_{11} и X_{14} удалены из массива исходных данных по причине наличия мультиколлинеарности (тесной связи между объясняющими переменными).

Для выбора математического уравнения описывающего распределение результативного показателя построен график (рис.1).

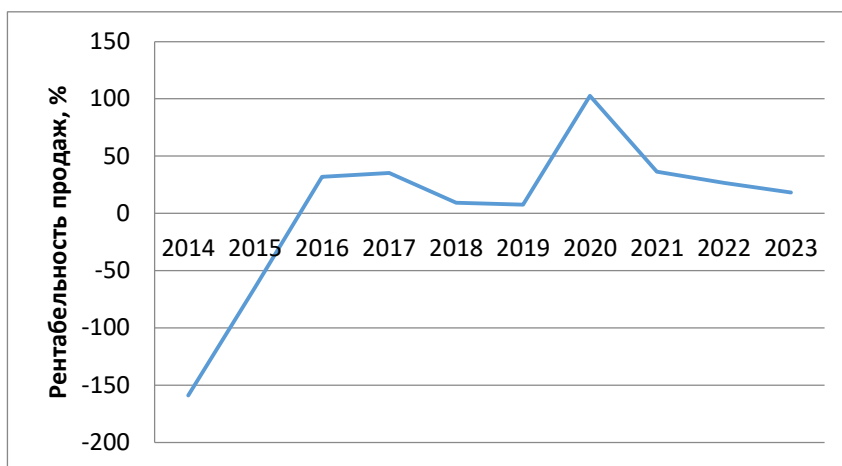


Рис.1.Динамика рентабельности продаж по предприятиям угледобывающей отрасли Республики Саха Якутия)

В качестве математических уравнений претендентов на описание функциональной зависимости между результативным показателем и факторными параметрами рассматривались линейная, степенная, квадратичная и показательная функции.

Для оценки параметров уравнения множественной регрессии применим метод наименьших квадратов (МНК). Для линейных уравнений и нелинейных уравнений, приводимых к линейным, строится следующая система нормальных уравнений, решение которых позволяет получить оценки параметров регрессии:

$$\begin{cases} \sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + \dots + b_p \sum x_p, \\ \sum yx_1 = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + \dots + b_p \sum x_px_1, \\ \dots \\ \sum yx_p = a \sum x_p + b_1 \sum x_1x_p + b_2 \sum x_2x_p + \dots + b_p \sum x_p^2, \end{cases}$$

Для ее решения может быть применен метод определителей:

$$a = \frac{\Delta a}{\Delta}, \quad b_1 = \frac{\Delta b_1}{\Delta}, \dots, \quad b_p = \frac{\Delta b_p}{\Delta},$$

где $\Delta = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \dots & \sum x_p \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_2x_1 & \dots & \sum x_px_1 \\ \sum x_2 & \sum x_1x_2 & \sum x_2^2 & \dots & \sum x_px_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum x_p & \sum x_1x_p & \sum x_2x_p & \dots & \sum x_p^2 \end{vmatrix}$ -определитель системы;

$\Delta a, \Delta b_1, \dots, \Delta b_p$ - частные определители, которые получаются путем замены отсутствующего столбца матрицы определителя системы данными левой части системы.

Уравнения, описывающие зависимость рентабельности продаж от отобранных параметров, имеют вид:

- линейное уравнение:

$$y = 375,92 - 0,00103x_1 - 0,00064x_5 - 0,00021x_6 + 3,5x_7 + 0,033x_8 - 4,41x_9$$

- квадратичная функция:

$$y = 1042,8 + 0,032\sqrt{x_1} - 1,13\sqrt{x_5} - 0,22\sqrt{x_6} + 47,63\sqrt{x_7} + 5,64\sqrt{x_8} - 99,35\sqrt{x_9}$$

- степенная функция:

$$y = 234,4 * x_1^{1,65} * x_5^{-21,69} * x_6^{0,37} * x_7^{-3,64} * x_8^{3,99} * x_9^{2,86}$$

- показательная функция:

$$y = 20,8 * 0,0001^{x_1} * (-5,33 * 10^{-5})^{x_5} * (1,63 * 10^{-6})^{x_6} * (0,65)^{x_7} * 0,0007^{x_8} * 0,028^{x_9}$$

При проведении анализа математических уравнений кандидатов были использованы:

- коэффициент множественной корреляции: R

$$y, x_1, x_2, \dots, x_n = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{y, x_1, x_2, \dots, x_n}^2}{\sigma_y^2}}$$

- коэффициент детерминации $R^2_{y, x_1, x_2, \dots, x_p}$.

- среднюю ошибку аппроксимации: $A = \frac{1}{n} * \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| * 100\%$.

- значимость уравнения в целом оценивается с помощью *F*-критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}.$$

- оценка значимости коэффициентов регрессии проведена с помощью *t*-критерия Стьюдента: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$.

По результатам анализа математических уравнений были получены следующие оценки, приведенные в табл.1.

Таблица 1.

Функция \ Характеристика	линейная	квадратичная	степенная	показательная
R	0,93	0,9421	0,994	0,992
R ²	0,866	0,887	0,987	0,984
A	13020%	930,36%	2,09%	2,28%
F	3,23	3,95	12,94	10,83
t	все <t _{табл.}	все <t _{табл.}	t1,t2,t4, t5> t _{табл}	t1,t2,t4, t5> t _{табл}

На основании проведенных расчетов линейная и квадратичная функция не рассматриваются для описания зависимости рентабельности продаж угольной продукции от отобранных независимых переменных, так как не удовлетворяют условиям по значениям средней ошибки аппроксимации (должно быть менее 10-12%) и значимости параметров регрессии по *t*-критерию Стьюдента ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$).

При уточнении степенной и показательной функции в связи с незначимостью параметров x_6 и x_9 были получены следующие результаты (табл.2).

Таблица 2.

Функция Характеристика	Степенная	Показательная
Уравнение	$y=4,8*10^{108}*x_1^{1,96}*x_5^{-22,21}*x_7^{-3,94}*x_8^{4,37}$	$y=32,19*10^9*1^{x_1}*1^{x_5}*0,93^{x_7}*1^{x_8}$
R	0,99	0,98
R ²	0,98	0,98
A	2,74	3,07
F	38,42>10,13	30>10,13
t(x1)	5,88>3,1825	5,17>3,1825
t(x5)	-12,1 >3,1825	-10,53 >3,1825
t(x7)	-3,72 >3,1825	-3,7 >3,1825
t(x8)	8,3>3,1825	7,52> 3,1825

По данным таблицы можно говорить о том, что оба уравнения и их параметры статистически значимы, однако степенная функция более надежна по всем параметрам оценки.

Таким образом, функциональная зависимость уровня рентабельности продаж угольной продукции может быть описана уравнением степенной функции с объясняющими переменными x_1 - объем добычи полезного ископаемого на предприятии, x_5 - объем добычи угля в Российской Федерации, x_7 -курс доллара США и x_8 -цена угля на внутреннем рынке. Теснота связи между результативным и факторными показателями, тесная, 98% вариации уровня рентабельности продаж угольной продукции зависит от четырех вышеописанных объясняющих переменных.

Уравнение в целом признается статистически значимым, однако нельзя исключить возможности улучшения модели путем проведения работы по

спецификации модели. Это касается не только отбора факторов, но и выбора функции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. "Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов" (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert-nii-kpu.ru/files/nzd/innovation/Methodicheskie_rekomendatsii_po_otsenke_effektivnosti_investitsionnyh_proektov_21_06_1999_NVK477.pdf.
2. Дасковский В.Б., Киселёв В.Б. Новый подход к экономическому обоснованию/ В.Б.Дасковский, В.Б.Киселёв.- М:Канон+РООИ «Реабилитация», 2015-400с.
3. Лысова М.А. Анализ действующих методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-deystvuyuschih-metodicheskikh-rekomendatsiy-po-otsenke-effektivnosti-investitsionnyh-proektov>
4. Хайруллина, О.И. Эконометрика: базовый курс : учебник / О.И. Хайруллина, О.В. Баянова; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2019 – 176 с

References

1. "Methodological recommendations for evaluating the effectiveness of investment projects" (approved by the Ministry of Economy of the Russian Federation, the Ministry of Finance of the Russian Federation, Gosstroy of the Russian Federation on 06/21/1999 N VK 477) [Electronic resource]. – Access mode: [http://expert-nii-kpu.ru/files/nzd/innovation](http://expert-nii-kpu.ru/files/nzd/innovation/Methodological) / Methodological

recommendations for evaluating the effectiveness of investment projects_21_06_1999_№VK477.pdf.

2. Daskovsky V.B., Kiselev V.B. A new approach to economic justification/ V.B.Daskovsky, V.B.Kiselev.- M: Canon+ROOI "Rehabilitation", 2015-400s.

3. Lysova M.A. Analysis of current methodological recommendations for evaluating the effectiveness of investment projects [Electronic resource]. – Access mode:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-deystvuyuschih-metodicheskikh-rekomendatsiy-po-otsenke-effektivnosti-investitsionnyh-proektov>

4. Khairullina, O.I. Econometrics: basic course : textbook / O.I. Khairullina, O.V. Bayanova; Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm Agrarian Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov". – Perm : CPI "Prokrost", 2019 – 176 s

© Колокольцева А.В., 2024. Московский экономический журнал, 2024, № 5.