



DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-4-79-89
УДК 330.15(045)
JEL C61, D74, Q32

Механизм факторного анализа стоимости нефтяных месторождений

И.Ю. Новоселова^а, А.Л. Новоселов^б

^а МГИМО (Университет) МИД России,
Москва, Россия; Финансовый университет, Москва, Россия;

^б Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

^а <https://orcid.org/0000-0002-5054-0676>; ^б <https://orcid.org/0000-0003-1495-4836>

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования – вовлечение в хозяйственный оборот месторождений полезных ископаемых с учетом разнонаправленных факторов, влияющих на их стоимость и экономическую целесообразность разработки. В условиях развивающихся торгово-экономических связей и стратегии освоения Арктической зоны России, формирования новых транспортных маршрутов должно учитываться влияние экономических, горно-геологических факторов на реализацию проектов в области горного бизнеса.

Цели работы – создание методического обеспечения выявления влияния разнонаправленных факторов на оценку стоимости месторождения полезных ископаемых в условиях неопределенности; проведение анализа этих факторов на основе вероятностного подхода для последующего принятия решений по возможности смягчения негативного воздействия на них и содействия эффективной эксплуатации месторождений.

В результате исследования разработан механизм проведения факторного анализа стоимости месторождения и предложен алгоритм выполнения расчетов, охватывающий обработку экспертных оценок влияния факторов на параметры, входящие в оценку стоимости месторождения; выявлены негативные факторы, в отношении которых должны приниматься управленческие решения. *Практическое применение* результатов исследования достигается благодаря разработанному алгоритму анализа и программному обеспечению, позволившим выполнять необходимые расчеты для новых нефтяных месторождений. Предложенный механизм и алгоритм анализа несложно использовать для других видов месторождений минеральных ресурсов. *Сделан вывод* о том, что в рамках предложенного механизма можно рассматривать развитие торгово-экономических связей России в целом и возможности интернационализации отдельных направлений экономического развития в частности.

Ключевые слова: факторы; факторный анализ; стоимость месторождения; нефтяное месторождение; годовая добыча; метод статистических испытаний; экспертная оценка; горный бизнес

Для цитирования: Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л. Механизм факторного анализа стоимости нефтяных месторождений. *Экономика. Налоги. Право.* 2020;13(4):79-89. DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-4-79-89

Mechanism for Factor Analysis of Oil Fields Cost

I.Y. Novoselova^а, A.L. Novoselov^б

^а MGIMO (University) of Russian foreign Ministry, Moscow, Russia;
Financial University, Moscow, Russia;

^б Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

^а <https://orcid.org/0000-0002-5054-0676>; ^б <https://orcid.org/0000-0003-1495-4836>

ABSTRACT

The subject of the research is the involvement of mineral deposits in economic turnover, taking into account multidirectional factors that affect their cost and economic feasibility of development. In the context of developing trade and economic relations and strategies for developing the Arctic zone of Russia, internalizing the economy, and creating

new transport routes, the influence of economic, mining and geological factors on the implementation of projects in the field of mining business should be taken into account.

The purpose of the work is to develop methodological support for identifying the negative impact of multidirectional factors on the estimation of the value of a mineral deposit in conditions of uncertainty; to analyze these factors based on a probabilistic approach for subsequent decision-making on the possibility of mitigating the negative impact on them and maintaining the effective operation of deposits for a given period of development.

As a result of the research, a mechanism for conducting factor analysis of the field value was developed and an algorithm for performing calculations was proposed, covering the processing of expert assessments of the influence of factors on the parameters included in the field value assessment; negative factors were identified, in relation to which management decisions should be made. The developed mechanism allows for a probabilistic assessment of the field value taking into account consistently analyzed factors by statistical tests, as well as to compare the impact of economic, mining and geological factors on the deviation from the base value of the field assessment to ensure a 10, 50, 90 percent probability. *Practical application of the research results* is achieved due to the developed analysis algorithm and software that allowed performing the necessary calculations for new oil fields. The proposed mechanism and algorithm of analysis is easy to use for other types of mineral resource deposits.

Keywords: factors; factor analysis; field cost; oil field; annual production; statistical testing method; expert evaluation; mining business

For citation: Novoselova I.Y., Novoselov A.L. Mechanism for factor analysis of oil fields cost. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2020;13(4):79-89. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-4-79-89

ВВЕДЕНИЕ

Глобальный экономический рынок влияет на стоимость, объемы производства и спроса на товары. Особенностью глобального экономического рынка является стремительная реакция на его внезапные изменения по цепочке от добычи природного ресурса до производства высокотехнологичной продукции и ее использования. Торгово-инвестиционные связи пронизывают все отрасли рынка, включая не только добычу топливно-энергетических ресурсов и их транспортировку, но и геологоразведку. Один из самых подвижных рынков текущего столетия — рынок нефти. Цены на нефть зависят не только от затрат на добычу нефти из разведанных месторождений [1]. Политические игры, картельные соглашения добывающих компаний также воздействуют на цену нефти [2, 3]. Весна 2020 г. ознаменовалась резким снижением спроса на нефть и падением ее цены [4]. В качестве хранилищ нефти стали использоваться танкеры, цены на ряд сортов нефти стали отрицательными. В настоящее время активизировался фактор¹ научно-технического прогресса, направленный на повышение коэффициента извлечения нефти, удешевление процесса добычи. Так, в последние десятилетия совершенствуется и все более ши-

роко используется технология горизонтального бурения, появляются новые технологии поднятия давления в пласте [5]. Количество горизонтальных скважин в России составляет 50% от новых скважин. Российские нефтедобытчики создали отечественную технологию гидроразрыва пласта, которая в сочетании с использованием горизонтальных скважин позволила сократить затраты на добычу нефти на Баженовской свите² с 4,05 до 2,16 тыс. руб./барр. В 2021 г. планируется впервые за пятидесятилетнюю историю освоения этого месторождения достигнуть рентабельности добычи нефти за счет снижения затрат до 1,14 тыс. руб./барр.

Процесс освоения новых месторождений углеводородных ресурсов продолжается нарастающими темпами. Открываются новые месторождения нефти, природного газа и угля в Арктической зоне; создается необходимая транспортная инфраструктура, включающая железнодорожные магистрали, речные и морские порты. Этому во многом способствуют национальные проекты, включающие развитие Северного морского пути и Северного морского хода.

Среди последних крупнейших разработок в нефтегазовой области заслуживает внимания проект «Восток-Ойл», предполагающий освоение Лодочного,

¹ Фактор (от лат. *factor* — делающий, производящий) — причина, движущая сила какого-либо процесса, определяющая его характер или его отдельные черты.

² Баженовская свита — группа нефтематеринских горных пород (свита), выявленная в 1959 г. в Западной Сибири.

Ванкорского и Тагульского месторождений на полуострове Таймыр. Объем инвестиций за период реализации проекта — 10 трлн руб. Будут построены три аэродрома, два морских терминала, созданы 100 тыс. рабочих мест.

Для освоения новых месторождений необходимы значительные инвестиции на длительный срок с целью обустройства этих месторождений, что требует комплексного учета факторов риска [6–8]. В отличие от существующих моделей учета факторов риска, основанных на включении в коэффициент дисконтирования премии за риск [9], а также на определении этого коэффициента с помощью средневзвешенной стоимости капитала (Weight Average Cost of Capital — WACC) [10] или на основе оценки финансовых активов (*Capital Asset Pricing Model — CAPM*) необходима модель определения вероятностной стоимости месторождения, позволяющая оценивать степень влияния каждого фактора риска для его возможного исключения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

При оценке стоимости месторождения полезных ископаемых, в том числе углеводородных ресурсов, должно учитываться множество факторов, оказывающих позитивное и негативное влияние. В научной литературе представлен ряд наборов таких факторов и вариантов их группировки [11, 12]. В настоящем исследовании использован вариант набора факторов, который применяется в практических расчетах при анализе перспективных нефтяных месторождений.

В разработанном методическом подходе к оценке стоимости месторождения учитывается совокупность факторов, которые подразделяются на следующие группы: горно-геологические, технические, экономические, правовые, финансовые, внешнеполитические. В горно-геологическую группу рекомендуется включать экологические и геолого-разведочные факторы [13], факторы техногенных аварий, факторы смещения и подтопления. К группе технических факторов относятся возможности выхода из строя оборудования. Группа экономических факторов подразумевает рост конкуренции, снижение стоимости добычи нефти, риск увеличения операционных издержек [14]. Среди правовых факторов выделяются риски изменения законодательства

и условий недропользования, риски трансформации валютного и налогового законодательства, риски антимонопольного регулирования. Финансовые факторы риска включают риск изменения процентных ставок, валютный риск, риск роста темпов инфляции, риски ликвидности, кредитные риски. Группа внешнеполитических факторов объединяет учет уровня запасов и добычи нефти в мире, влияния политической нестабильности, стоимости и доступности альтернативных источников энергии, конъюнктуры мирового рынка.

Вероятностная оценка стоимости нефтяного месторождения должна делаться для трех вероятных значений: 10%-ной вероятности (вероятное значение), 50%-ной вероятности (возможное значение) и 90%-ной вероятности (наиболее достоверное значение) — в трех вариантах:

- вариант 1 — с учетом всех вышеперечисленных факторов;
- вариант 2 — с учетом действия совокупности групп факторов;
- вариант 3 — исходя из воздействия каждого фактора по отдельности.

Сопоставление варианта 1 с вариантом 2 позволяет выявить группу факторов с наибольшим негативным влиянием на стоимость оценки месторождения. Внутри группы происходит взаимное погашение негативного и позитивного воздействий на стоимость месторождений факторов, входящих в данную группу. Особый интерес для анализа и принятия решения представляет выявление факторов с наибольшим негативным влиянием внутри группы факторов, которые приводят к наиболее сильному снижению стоимостной оценки месторождения.

Для решения данной задачи потребовалось разработать механизм оценки эффективности инвестиций в обустройство и эксплуатацию месторождения полезных ископаемых, который основывается на экспертном рассмотрении факторов применения метода статистических испытаний (метода Монте-Карло)³ и последовательном сравнительном анализе. Ниже приводится подробный алгоритм выполнения факторного анализа стоимости месторождения полезных ископаемых на примере нефтегазовых месторождений.

³ Процесс оценки описывается математической моделью с использованием генератора случайных величин, которая многократно обчисляется, и на основе полученных данных вычисляются вероятностные характеристики рассматриваемого процесса.

ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Стоимостная оценка месторождения, в общем виде, осуществляется на основе следующей формулы [15, 16]:

$$NPV = \sum_{t=T_1}^{T_2} [(C_t - S_t)V_t](1+r)^{1-t} - \sum_{t=1}^{T_1} Z_t(1+r)^{1-t}, \quad (1)$$

где T_1 — год завершения обустройства месторождения и начала добычи нефти; T_2 — год завершения эксплуатации нефтяного месторождения; C_t — цена реализации 1 т нефти в год t ; S_t — себестоимость добычи 1 т нефти в год t ; V_t — объем добычи нефти в год t ; Z_t — затраты на обустройство месторождения в год t .

В современных условиях данная формула является опорной, и в нее включаются факторы неопределенности [17]. Для проведения факторного анализа необходимо задать прогнозные значения параметров, используемых в формуле (1). На этапе постановки задачи было отмечено, что эти параметры испытывают воздействие значительного числа факторов, которые должны оцениваться в виде интервалов для последующего моделирования. Стоимостные параметры должны задаваться посредством экспертного оценивания в виде отклонений от базового значения. Годовой объем добычи должен предопределяться в форме зависимости, отражающей горно-геологические особенности месторождения, используемые технологии и т.д. в период эксплуатации $t = T_1 + 1, T_1 + 2, \dots, T_2$, и подразделяется на три интервала:

- $(1, 2 \dots t_1)$ — интервал нарастающей добычи нефти;
- $(t_1 + 1, t_1 + 2 \dots t_2)$ — интервал постоянной максимальной добычи;
- $(t_2 + 1, t_2 + 2 \dots t_3)$ — интервал сокращения добычи.

Для расчета добычи нефти по годам с учетом указанного подразделения периода эксплуатации месторождения используется формула

$$V_t = \begin{cases} V^0 s \frac{t}{t_1} & | t = 1, 2, \dots, t_1 \\ V^0 s & | t = t_1 + 1, t_1 + 2, \dots, t_1 + t_2 \\ V^0 s \exp\{-\beta[t - (t_1 + t_2)]\} & | t = t_2 + 1, t_2 + 2, \dots, t_2 + t_3 \end{cases} \quad (2)$$

где V^0 — прогнозный объем добываемой на месторождении нефти, тыс. т; s — величина, характеризующая годовой отбор в период постоянной максимальной добычи, доли; β — параметр падения добычи, доли.

Поскольку перечисленные выше факторы непосредственно влияют на годовой объем добычи, целесообразно учитывать изменение этого параметра на основе задаваемых экспертным путем отклонений от указанного базового значения.

По каждому фактору экспертно оценивается возможное отклонение от базового значения и указывается вероятность реализации предельного значения (табл. 1).

На основе приведенных выше посылок и информации проводится факторный анализ стоимости нефтяного месторождения с помощью разработанного алгоритма.

АЛГОРИТМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Шаг 1. Оценка предельных значений отдельных факторов изменения параметров оценки стоимости месторождения согласно следующему правилу: если влияние фактора k на параметр i больше нуля, т.е. $d_{k,j} > 0$, расчет предельных значений проводится по формуле

$$b_{kj}^{left} = 1; b_{kj}^{av} = 1 + d_{kj}\alpha_k; b_{kj}^{right} = 1 + d_{kj}. \quad (3)$$

В противном случае расчет предельных значений выполняется по формуле

$$b_{kj}^{left} = 1 - d_{kj}; b_{kj}^{av} = 1 + (1 - \alpha_k)d_{kj}; b_{kj}^{right} = 1. \quad (4)$$

Шаг 2. Проведение расчетов вероятностного значения стоимости месторождения при варьировании влияния фактора k на все рассматриваемые параметры с использованием треугольного распределения. При этом стоимость месторождения определяется по формуле

$$NPV_k = \sum_{t=T_1}^{T_2} [(C_t\beta_{k1} - S_t\beta_{k2})V_t\beta_{k3}](1+r)^{1-t} - \sum_{t=1}^{T_1} Z_t\beta_{k4}(1+r)^{1-t}, \quad (5)$$

где β_{kj} — случайная оценка влияния фактора k на параметр j , находящаяся в пределах

Таблица 1 / Table 1

**Экспертная информация о влиянии факторов на параметры стоимости нефтяного месторождения /
Expert information on the influence of factors on the cost parameters of an oil field**

Фактор / Factor	Изменение параметров под действием факторов, доли / Change in parameters under the influence of factors, shares				Вероятность реализации фактора / Probability of factor implementation
	Затраты на обустройство / Costs of arrangement	Затраты на добычу 1 т нефти / The cost of producing 1 ton of oil	Цена за 1 т нефти / Price for 1 ton of oil	Годовой объем добычи / Annual production	
Фактор 1 / Factor 1	$\pm d_{1,1}$	$\pm d_{1,2}$	$\pm d_{1,3}$	$\pm d_{1,4}$	α_1
Фактор 2 / Factor 2	$\pm d_{2,1}$	$\pm d_{2,2}$	$\pm d_{2,3}$	$\pm d_{2,4}$	α_2
...

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

$(b_{kj}^{left}, b_{kj}^{right})$ и подчиняющаяся треугольному распределению (6):

$$b_{kj} = \begin{cases} b_{kj}^{left} + \sqrt{\omega(b_{kj}^{av} - b_{kj}^{left})(b_{kj}^{right} - b_{kj}^{left})} \\ \text{при } \omega \leq (b_{kj}^{av} - b_{kj}^{left})(b_{kj}^{right} - b_{kj}^{left}) \\ b_{kj}^{right} + \sqrt{(1-\omega)(b_{kj}^{av} - b_{kj}^{left})(b_{kj}^{right} - b_{kj}^{left})} \\ \text{при } \omega > (b_{kj}^{av} - b_{kj}^{left})(b_{kj}^{right} - b_{kj}^{left}), \end{cases} \quad (6)$$

где ω — случайное число, полученное с помощью генератора псевдослучайных чисел в пределах от 0 до 1, подчиняющееся равномерному закону распределения.

Шаг 3. Оценка предельных значений групп факторов изменения параметров оценки стоимости месторождения:

$$g_{lj}^{left} = \min_{j \in J_l} \{b_{kj}^{left}\}; \quad g_{lj}^{av} = \frac{1}{M(J_l)} \sum_{j \in J_l} b_{kj}^{av};$$

$$g_{lj}^{right} = \max_{j \in J_l} \{b_{kj}^{right}\}. \quad (7)$$

Шаг 4. Проведение расчетов вероятностного значения стоимости месторождения при варьировании влияния l -й группы факторов на все рассматриваемые параметры с использованием треугольного распределения. При этом стоимость месторождения определяется по формуле

$$NPV_l = \sum_{t=T_1}^{T_2} [(C_t \gamma_{l1} - S_t \gamma_{l2}) V_t \gamma_{l3}] (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^{T_1} Z_t \gamma_{l4} (1+r)^{-t}, \quad (8)$$

где γ_{lj} — случайная оценка влияния l -й группы факторов на параметр j , находящаяся в пределах $(g_{lj}^{left}, g_{lj}^{right})$ и подчиняющаяся треугольному распределению (7):

$$\gamma_{lj} = \begin{cases} g_{lj}^{left} + \sqrt{\omega(g_{lj}^{av} - g_{lj}^{left})(g_{lj}^{right} - g_{lj}^{left})} \\ \text{при } \omega \leq (g_{lj}^{av} - g_{lj}^{left})(g_{lj}^{right} - g_{lj}^{left}) \\ g_{lj}^{right} + \sqrt{(1-\omega)(g_{lj}^{av} - g_{lj}^{left})(g_{lj}^{right} - g_{lj}^{left})} \\ \text{при } \omega > (g_{lj}^{av} - g_{lj}^{left})(g_{lj}^{right} - g_{lj}^{left}). \end{cases} \quad (9)$$

Шаг 5. Оценка предельных значений влияния всех групп факторов изменения параметров оценки стоимости месторождения:

$$\mu_j^{left} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L g_{lj}^{left}; \quad \mu_j^{av} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L g_{lj}^{av}; \quad \mu_j^{right} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L g_{lj}^{right}. \quad (10)$$

Шаг 6. Проведение расчетов вероятностного значения стоимости месторождения при варьировании всех факторов. При этом стоимость месторождения определяется по формуле

Таблица 2 / Table 2

Экспертные оценки воздействия факторов неопределенности горно-геологической группы на параметры стоимостной оценки анализируемого нефтяного месторождения / Expert estimates of the impact of the uncertainties of the mining and geological group on the cost parameters of the analyzed oil field

Факторы неопределенности / Uncertainties	Изменение параметров, доли / Change in parameters, shares				Вероятность воздействия фактора, % / The probability of exposure to the factor, %
	Инвестиции / Investments	Текущие затраты / Current expenses	Цена / Price	Объем добычи / Production volume	
1.1. Экологические / Environmental	0,30	0,28	0,00	-0,25	40
1.2. Геологоразведочные / Exploration	0,20	0,15	0,01	0,10	60
1.3. Техногенная авария / Technogenic accident	0,15	0,18	0,00	-0,15	10
1.4. Смещение грунтов, подтопление / Soil displacement, flooding	0,18	0,17	0,00	-0,10	15

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

$$NPV_0 = \sum_{t=T_1}^{T_2} [(C_t \lambda_1 - S_t \lambda_2) V_t \lambda_3] (1+r)^{1-t} - \sum_{t=1}^{T_1} Z_t \lambda_4 (1+r)^{1-t}, \quad (11)$$

где λ_j — случайная оценка влияния всех факторов на параметр j , находящаяся в пределах $(\mu_j^{left}, \mu_j^{right})$ и подчиняющаяся треугольному распределению (12):

$$\lambda_j = \begin{cases} \mu_j^{left} + \sqrt{\omega} (\mu_j^{av} - \mu_j^{left}) (\mu_j^{right} - \mu_j^{left}) \\ \text{при } \omega \leq (\mu_j^{av} - \mu_j^{left}) (\mu_j^{right} - \mu_j^{left}) \\ \mu_j^{right} + \sqrt{(1-\omega)} (\mu_j^{av} - \mu_j^{left}) (\mu_j^{right} - \mu_j^{left}) \\ \text{при } \omega > (\mu_j^{av} - \mu_j^{left}) (\mu_j^{right} - \mu_j^{left}) \end{cases} \quad (12)$$

Шаг 7. Выбор группы факторов, приводящих к снижению стоимости месторождения относительно вероятностной оценки стоимости месторождения при варьировании всех факторов. Расчеты проводятся для трех значений вероятности — 10%; 50% и 90%, т.е. для значений $NPV_i(10\%)$, $NPV_i(50\%)$, $NPV_i(90\%)$. Среди рассматриваемых групп выделяются те группы, которые приводят к снижению оценки стоимости месторождения относительно NPV_0 , найденные для соответствующих вероятно-

стей. В качестве оценочного критерия используется величина f_i :

$$f_i(10\%) = \frac{NPV_i(10\%)}{NPV_0(10\%)}; \quad f_i(50\%) = \frac{NPV_i(50\%)}{NPV_0(50\%)}; \\ f_i(90\%) = \frac{NPV_i(90\%)}{NPV_0(90\%)}. \quad (13)$$

Если полученная оценка для некоторой l -й группы оказывается меньше единицы, необходимо провести детальный анализ факторов, входящих в данную группу, и выявить факторы, которые могут приводить к уменьшению стоимости месторождения.

Шаг 8. По факторам, входящим в выявленные группы, которые могут привести к сокращению стоимости месторождения, проводится аналогичный расчет относительных величин R_{lk} :

$$R_{lk}(10\%) = \frac{NPV_{lk}(10\%)}{NPV_0(10\%)}; \quad R_{lk}(50\%) = \frac{NPV_{lk}(50\%)}{NPV_0(50\%)}; \\ R_{lk}(90\%) = \frac{NPV_{lk}(90\%)}{NPV_0(90\%)}. \quad (14)$$

Факторы, для которых оценка равна $R_{lk} < 1$, должны быть детально оценены, и по ним следует принять решение по предотвращению их негативного влияния на стоимость месторождения.

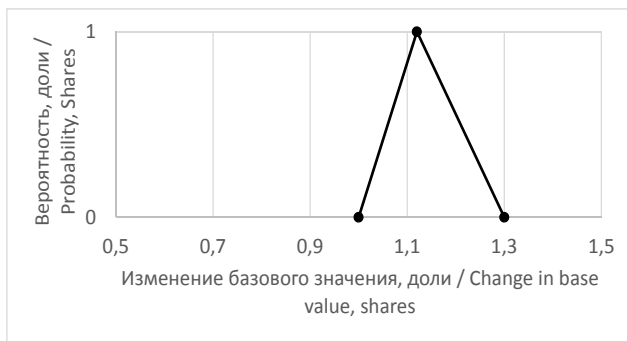


Рис. 1 / Fig. 1. Треугольное распределение изменения роста инвестиций в обустройство нефтяного месторождения под действием экологических факторов / The triangular distribution of changes in investment growth in the development of an oil field under the influence of environmental factors

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.



Рис. 2 / Fig. 2. Треугольное распределение изменения падения добычи нефти под действием экологических факторов / The triangular distribution of changes in the decline in oil production under the influence of environmental factors

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

ПРИМЕР ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для иллюстрации описанного алгоритма с целью анализа нефтяного месторождения был использован приведенный выше набор факторов, разделенный на шесть групп, базовые значения параметров и их экспертные оценки пределов изменения. Например, для первой группы (горно-геологические факторы) экспертная оценка изменений параметров приведена в табл. 2.

В соответствии с шагом 1 алгоритма исходя из данных табл. 2 определяются значения треугольного распределения по формулам (3–4). Поскольку, например, под действием экологических факторов инвестиции будут увеличиваться ($0,3 > 0$), следует воспользоваться формулой (3). Тогда предельные значения распределения инвестиций под действием этого фактора будут равны следующим значениям: $b_{1,1}^{left} = 1$; $b_{1,1}^{av} = 1 + d_{1,1}\alpha_1 = 1 + 0,3 \times 0,4 = 1,12$; $b_{1,1}^{right} = 1 + d_{1,1} = 1 + 0,3 = 1,3$.

Визуализация полученного треугольного распределения случайных значений роста инвестиций в обустройство месторождения приведена на рис. 1.

В табл. 2 показано, что экологические факторы неопределенности могут привести к сокращению добычи нефти ($-0,25 < 0$), поэтому границы треугольного распределения смещаются вправо от единицы (рис. 2).

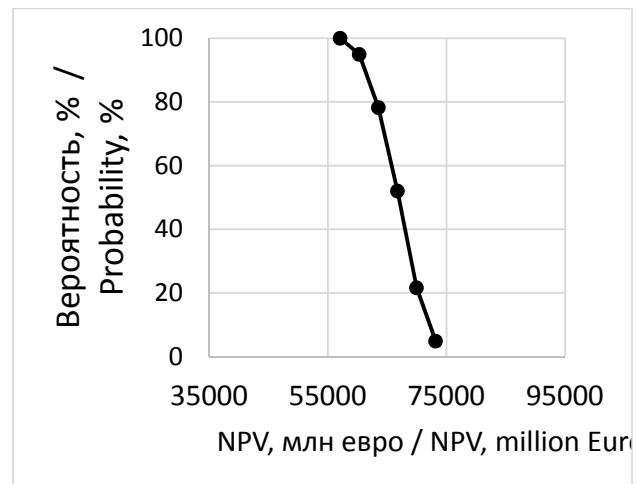


Рис. 3 / Fig. 3. Вероятностная оценка стоимости месторождения под влиянием экологических факторов / Probabilistic assessment of the value of the field under the influence of environmental factors

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

На шаге 2 следует провести вероятностную оценку стоимости месторождения для каждого фактора по формуле (5). В соответствии с методом статистических испытаний при использовании случайных изменений базовых параметров (6) было проведено 5000 расчетов, позволивших построить вероятностную кривую стоимостной оценки нефтяного месторождения (рис. 3).

Таблица 3 / Table 3

Расчет границ изменения инвестиций под действием совокупности горно-геологических факторов / Calculation of the boundaries of investment changes under the influence of a combination of geological factors

Название фактора / Factor Name	Границы изменения роста инвестиций / The boundaries of investment growth		
	левая / left	средняя / average	правая / right
Экологические / Environmental	1,000	1,1200	1,300
Геологоразведочные / Exploration	1,000	1,1200	1,200
Техногенная авария / Technogenic accident	1,000	1,0150	1,150
Смещение грунтов, подтопление / Soil displacement, flooding	1,000	1,0270	1,180
Совокупность горно-геологических факторов / The combination of geological factors	1,000	1,0705	1,300

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Таблица 4 / Table 4

Результаты оценки стоимости месторождения с учетом действия групп факторов / The results of the evaluation of the cost of the field taking into account the action of groups of factors

Название группы факторов / The name of the group of factors	Стоимость месторождения для вариантов вероятности NPV(P), млн евро / Field cost for NPV (P) probability options, mln. Euro		
	$NPV_i(90\%)$	$NPV_i(50\%)$	$NPV_i(10\%)$
1. Горно-геологические / Mining geological	64 270,46	72 592,77	79 674,88
2. Технические / Technical	72 240,00	79 227,55	85 561,34
3. Экономические / Economic	48 132,15	61 316,07	72 975,45
4. Правовые / law	75 672,84	80 450,78	84 940,66
5. Финансовые / Financials	65 113,72	73 311,30	81 464,79
6. Внешнеполитические / Foreign policy	63 253,73	74 567,45	86 885,52

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Для дальнейшего анализа на основе вероятностной кривой определяются значения оценок стоимости месторождения для вероятностей 90, 50 и 10%: $NPV(90\%) = 61\,259$ млн евро, $NPV(50\%) = 66\,967$ млн евро, $NPV(10\%) = 72\,198$ млн евро.

На шаге 3 устанавливаются границы изменения параметров под воздействием совокупности факторов, входящих в каждую группу по формуле (7).

Пример расчета границ изменения инвестиций для группы горно-геологических факторов приведен в табл. 3.

Вероятностная оценка стоимости месторождения по каждой группе факторов определяется на шаге 4 по формулам (8, 9) методом статистических испытаний. Результаты такой оценки для вероятностей 90, 50 и 10% приведены в табл. 4.

На основе шагов 5 и 6 алгоритма определяются оценки стоимости месторождения под действием всех рассматриваемых факторов:

$$\begin{aligned} NPV_0(90\%) &= 51093,34 \text{ млн евро;} \\ NPV_0(50\%) &= 67228,49 \text{ млн евро;} \\ NPV_0(10\%) &= 84113,90 \text{ млн евро.} \end{aligned}$$

Анализ влияния факторов начинается с оценки влияния групп факторов (шаг 7 алгоритма). По формуле (13) устанавливаются оценочные критерии f_i , которые отражены на диаграмме (рис. 4).

Из графика (рис. 4) следует, что по всем трем вариантам (для 90-, 50- и 10%-ной вероятности) критерий $f_i < 1$ для группы экономических факторов. На основе этого можно сделать вывод, что данная группа может привести к падению стоимости месторождения.

На шаге 8 алгоритма необходимо провести детальный анализ факторов данной группы ($l = 3$), результаты которого приведены на рис. 5.

Значения оценочного критерия $R_{3,k}$ для всех трех вариантов оценки оказались меньше единицы для фактора «3.1. Рост конкуренции». По остальным факторам данной группы только значения для 10%-ной оценки были меньше единицы, т.е. факторы 3.2 и 3.3 практически не оказывают негативного влияния на стоимость месторождения. На этом основании можно сделать вывод о необ-

ходимости повышения конкурентоспособности добывающей компании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный механизм факторного анализа стоимости месторождения может быть использован для любых месторождений минерального сырья. При этом должен быть уточнен ряд особенностей добычи рассматриваемого природного ресурса. Например, для нефтяного месторождения динамика добычи определяется на основе формулы (2). В случае добычи природного газа, угля в шахте или угля в разрезе (открытым способом) необходимо использовать иные тенденции изменения годовых объемов добываемого ресурса, учитывающие как его специфику, так и горно-геологические и технологические особенности процесса добычи. Решение описанной задачи особенно важно в условиях современного этапа экономической глобализации. В рамках предложенного механизма можно рассматривать развитие торгово-экономических связей России в целом и возможности интернационализации отдельных направлений экономического развития.

Механизм факторного анализа стоимости месторождения является универсальным, поскольку он может состоять из любого количества факторов и их разбиений на группы. Для реализации разработанного алгоритма было создано

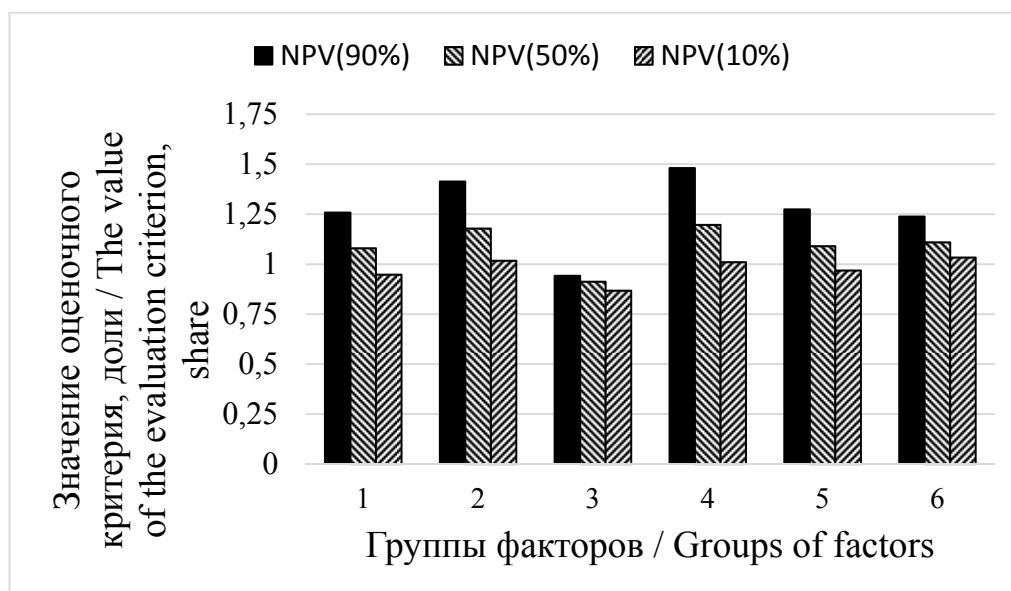


Рис. 4 / Fig. 4. Влияние групп факторов на стоимостную оценку месторождения / The influence of groups of factors on the valuation of the field

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

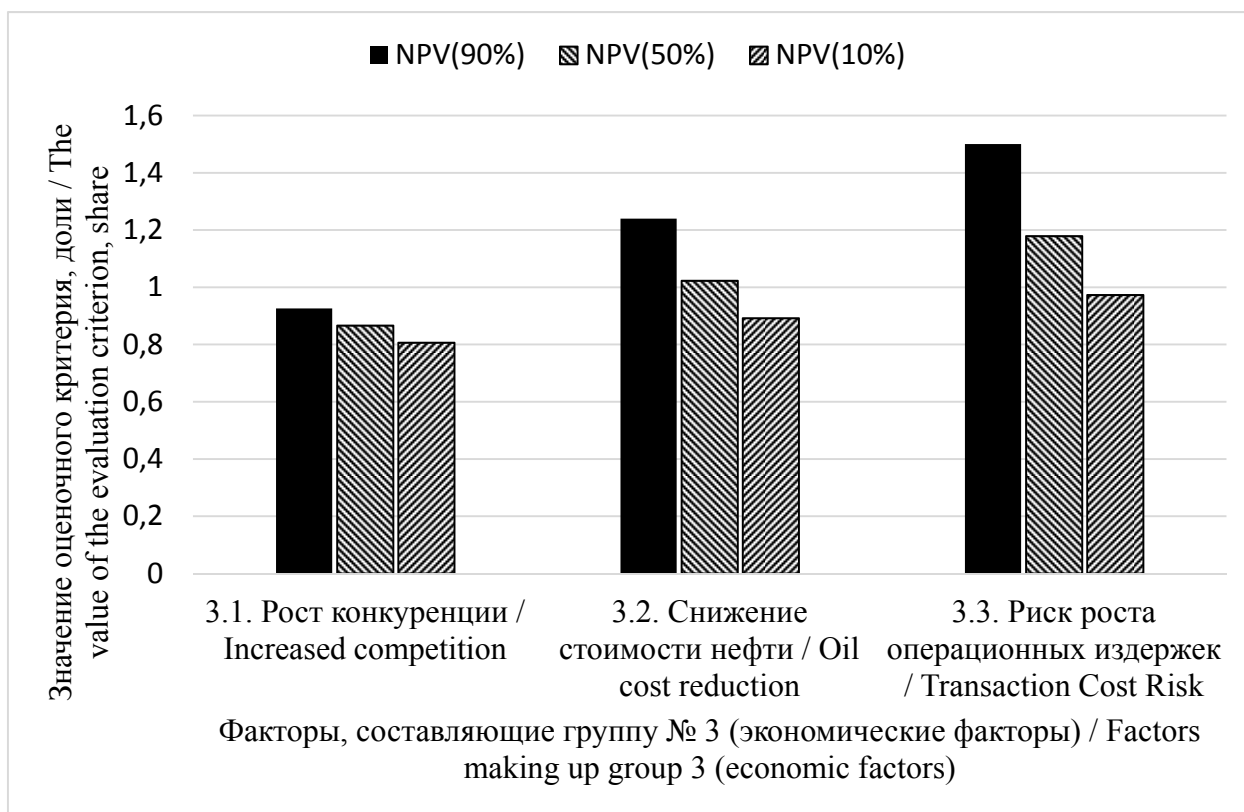


Рис. 5 / Fig. 5. Влияние факторов экономической группы на стоимостную оценку месторождения / The influence of factors of the economic group on the valuation of the field

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

программное обеспечение в среде *Excel*, включающее собственные макросы на языке *VBA*. Программное обеспечение охватывает весь процесс анализа от проведения экспертной процедуры до

выполнения расчетов методом статистических испытаний и выявления негативных факторов для последующего принятия управленческих решений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

- Balcilar M., Ozdemir Z.A. The nexus between the oil price and its volatility risk in a stochastic volatility in the mean model with time-varying parameters. *Resources Policy*. 2019;61:572–584. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.07.001
- Kim M.S. Impacts of supply and demand factors on declining oil prices. *Energy*. 2018;155:1059–1065. DOI: 10.1016/j.energy.2018.05.061
- Toscano A., Bilotti F., Asdrubali F., Guattari C., Evangelisti L., Basilicata C. Recent trends in the world gas market: Economical, geopolitical and environmental aspects. *Sustainability (Switzerland)*. 2016;8(2). DOI: 10.3390/su8020154
- Liu Y., Dong H., Failler P. The oil market reactions to OPEC's announcements. *Energies*. 2019;17(12). DOI: 10.3390/en12173238
- Naseer A., Su C.-W., Mirza N., Li J.-P. Double jeopardy of resources and investment curse in South Asia: Is technology the only way out? *Resources Policy*. 2020;68. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101702
- Ahmadi M., Manera M., Sadeghzadeh M. The investment-uncertainty relationship in the oil and gas industry. *Resources Policy*. 2019;63. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101439
- Zhou H.-L., Tang B.-J., Cao H. Abandonment decision-making of overseas oilfield project coping with low oil price. *Computational Economics*. 2018. DOI: 10.1007/s10614-018-9837-2

8. Zhou N., Wu Q., Hu X., Xu D., Wang X. Evaluation of Chinese natural gas investment along the Belt and Road Initiative using super slacks-based measurement of efficiency method *Resources Policy*. 2020;67. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101668
9. Hahn W.J., DiLellio J.A., Dyer J.S. Risk premia in commodity price forecasts and their impact on valuation. *Energy Economics*. 2018;72:393–403. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.04.018
10. Ramiz ur Rehman, Awais Raouf. Weighted average cost of capital (wacc) traditional vs new approach for calculating the value of firm international. *Research Journal of Finance and Economics*. 2010;45:7–9.
11. Ампилов Ю.П., Холодиллов В.А., Хоштария В.Н. Многофакторная система оценки месторождений углеводородов российского шельфа // Газовая промышленность. — 2017. — Т. 747. — № 1. — С. 10–19. — ISSN 0016–5581.
Ampilov Yu.P., Kholodilov V.A., Khoshtaria V.N. Multifactor system for assessing hydrocarbon deposits of the Russian shelf. *Gazovaya promyshlennost = Gas industry*. 2017;747(1):10–19. (In Russ.).
12. Meibodi A.E., Taklif A., Arbab H., Monji H.B. Investigating the effects of contractual factors and arrangements on the optimum level of production in oil and gas projects: Evidence from the South Pars phases 17 & 18. *Iranian Economic Review*. 2020;24(1):181–223. DOI: 10.22059/ier.2020.74479
13. Misund B. Exploration vs. acquisition of oil and gas reserves: Effect on stock returns. *Cogent Economics and Finance*. 2018;6(1). DOI: 10.1080/23322039.2018.1443368
14. Liao G., Li Z., Du Z., Liu Y. The heterogeneous interconnections between supply or demand side and oil risks. *Energies*. 2019;12(11). DOI: 10.3390/en12112226
15. Мелехин Е.С., Афонина И.А. Проблемы геолого-экономической и стоимостной оценки в недропользовании // Микроэкономика. — 2018. — № 1. — С. 28–30. — ISSN 1817–1591.
Melekhin E.S., Afonina I.A. Problems of geological, economic and valuation in subsoil use. *Mikroekonomika = Microeconomics*. 2018;(1):28–30. (In Russ.).
16. Toscano A., Bilotti F., Asdrubali F., Guattari, C. Evangelisti L. Basilicata C. Recent trends in the world gas market: Economical, geopolitical and environmental aspects. *Sustainability (Switzerland)*. 2016;8(2). DOI: 10.3390/su8020154

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина Юрьевна Новоселова — доктор экономических наук, профессор кафедры международных комплексных проблем природопользования и экологии МГИМО (Университет) МИД России, Москва, Россия; профессор Департамента отраслевых рынков, Финансовый университет, Москва, Россия
iunov2010@yandex.ru

Андрей Леонидович Новоселов — доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
alnov2004@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Irina Y. Novoselova — Dr. Sci. (Econ.), Prof. of Department of International Complex Problems of Nature Management and Ecology, MGIMO (University) MFA of Russia, Moscow, Russia; Prof. of Department of Industry Markets, Financial University, Moscow, Russia
iunov2010@yandex.ru

Andrey L. Novoselov — Dr. Sci. (Econ.), Prof. of Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia
alnov2004@yandex.ru

Статья поступила 15.05.2020; принята к публикации 16.07.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 15.05.2020; accepted for publication 16.07.2020.

The authors read and approved the final version of the manuscript.