

Разработка метода оценки влияния инфраструктурных факторов на финансово-экономические показатели освоения участков недр

Н.Д. Харитонов✉

Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

✉ Kharitonov.nd@misis.ru

Резюме: Статья представляет собой исследование, посвященное разработке метода оценки влияния инфраструктуры на оценку финансовых показателей для разработки недр.

Автор статьи обосновывает необходимость разработки нового метода, который позволит более точно оценивать влияние инфраструктуры на финансово-экономические показатели освоения участков недр. В статье рассматриваются основные компоненты метода, такие как анализ инфраструктуры, определение связи финансовых показателей и инфраструктурных особенностей.

В результате исследования были разработаны и учтены коэффициенты для оценки месторождения, такие как: водоснабжение, транспортная инфраструктура, социальная инфраструктура и энергоснабжение ближайших районов.

Одним из основных преимуществ разработанного метода является его практическая применимость. Он может быть использован как на этапе планирования, так и на этапе реализации проектов в области освоения участков недр. Результаты оценки могут помочь принимать решения по оптимизации инфраструктуры и улучшению финансовых показателей проекта. Результаты проведенных исследований представляют интерес для специалистов в области геологии, экономики и управления природными ресурсами.

Ключевые слова: оценка месторождений, геология, полезные ископаемые, разведка, экономика, разработка месторождения, горная промышленность, разведка полезных ископаемых, разработка месторождений

Для цитирования: Харитонов Н.Д. Разработка метода оценки влияния инфраструктурных факторов на финансово-экономические показатели освоения участков недр. *Горная промышленность*. 2023;(3):138–142. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-138-142>

Designing of a method to assess the impact of infrastructure factors on financial and economic indicators of mineral resource development

N.D. Kharitonov✉

National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation

✉ Kharitonov.nd@misis.ru

Abstract: The article is a study dedicated to the development of a method for evaluating the impact of infrastructure on financial performance for mineral resource development.

The author of the article justifies the need for the development of a new method that will allow for a more accurate assessment of the impact of infrastructure on financial and economic indicators of mineral resource development. The article discusses the main components of the method, such as infrastructure analysis and determining the relationship between financial indicators and infrastructure features.

As a result of the study, coefficients were developed and taken into account for evaluating mineral deposits, such as water supply, transportation infrastructure, social infrastructure, and energy supply of nearby areas.

One of the main advantages of the developed method is its practical applicability. It can be used both at the planning stage and during the implementation of projects in the field of mineral resource development. The evaluation results can help make decisions on optimizing infrastructure and improving project financial indicators.

The research results are of interest to specialists in the field of geology, economics, and natural resource management.

Keywords: mineral deposit evaluation, geology, minerals, exploration, economics, deposit development, mining industry, mineral exploration, deposit development

For citation: Kharitonov N.D. Designing of a method to assess the impact of infrastructure factors on financial and economic indicators of mineral resource development. *Russian Mining Industry*. 2023;(3):138–142. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-138-142>

Введение

Геолого-экономическая оценка месторождений является одним из важнейших этапов в геологоразведочной деятельности [1]. Этот процесс необходим для определения ценности участка недр, а также определения сложности добычи полезных ископаемых.

Однако добыча полезных ископаемых является сложным и многоступенчатым процессом. Он включает в себя глубокое исследование месторождения, проведение буровых работ, различные методы добычи и переработки. Все это требует больших финансовых и временных затрат [2].

Оценка ценности участка недр, как правило, основывается на нескольких факторах. Первым из них является стоимость добычи, которая включает в себя расходы на геологоразведочные работы, буровзрывные работы, погрузку, перевозку, переработку и др., а также качественные и количественные характеристики минерального сырья. Вторым фактором является необходимость удовлетворения спроса рынка, который может меняться в зависимости от экономической ситуации ¹.

Оценка месторождения позволяет определить достоверность и рентабельность добычи полезных ископаемых, а также понять, насколько эта добыча экологически безопасна, обеспечивает не только экономическую выгоду, но и сохраняет природные ресурсы для будущих поколений.

Главные факторы при оценке месторождения

Главными факторами, которые учитываются при оценке, являются геологические особенности месторождения (например, тип полезного ископаемого, глубина залегания, размер рудных тел и т.д.), а также экономические факторы, которые включают стоимость разведки и добычи, наличие инвестиционного капитала [3].

В данной работе мы предлагаем провести оценку месторождений с учетом инфраструктурных факторов, таких как социальная и транспортная инфраструктура, наличие водных и энергетических сооружений, для определения и расчета первоначальных затрат на разработку месторождения. Инвестиции в разработку месторождения (ИН или In) – это первоначальные и последующие вложения капитала в разработку месторождения, которые А.Г. Попов [4] представляет с помощью формулы:

$$IN = IN_0 + IN_i, \tag{1}$$

$$IN_i = KЗ_{вос} + KЗ_{зр}, \tag{2}$$

$$IN_0 = (НПФ+ПФ) * K_{ит} + K_{об} + KЗ_{вос} + K_{зр}, \tag{3}$$

где IN_0 – первоначальные вложения; IN_i – последующие вложения; $K_{об}$ – оборотный капитал; НПФ – производственный фонд капитальных затрат; ПФ – производственный фонд капитальных затрат; $KЗ_{вос}$ – капитальные

затраты восстановления ОС; $K_{зр}$ – капитальные затраты реновации производства;

$K_{ит}$ – итоговый балл оценки инфраструктурных особенностей месторождения:

$$\text{итоговый балл(мб Кит)} = 1 - \frac{((R_B * K_B) + (R_{ТД} * K_{ТД}) + (R_Э * K_Э) + (R_{СИ} * K_{СИ}))}{4}. \tag{4}$$

Итоговый балл – сумма баллов по всем факторам, умноженных на их весовой коэффициент, что и позволяет оценить удобство использования месторождения в общей сложности.

В данной формуле: водоснабжение R_B , транспортная доступность $R_{ТД}$ и энергетическая инфраструктура $R_Э$, социальная инфраструктура, $R_{СИ}$ – факторы, которые оцениваются в баллах от 0 до 1 и являются мерой удобства использования месторождения.

Весовой фактор $K_B, K_{ТД}, K_Э, K_{СИ}$ определяет важность каждого фактора для конкретного полезного ископаемого, однако некоторые полезные ископаемые можно объединить в подгруппы, в которых важность одного фактора выше остальных, что увеличивает весовой коэффициент (табл. 1) [5].

Таблица 1
Зависимость весовых коэффициентов

Table 1
Dependence of weight coefficients

Вид полезного ископаемого	Основной весовой фактор (1)	Дополнительный весовой фактор (0.9)	Неявный весовой фактор (0.8)
Антрациты и нерудное сырье	Энергетический Водоснабжение	Транспортный	Социальный
Руды черных цветных металлов, многокомпонентные руды.	Водоснабжение Транспортный	Энергетический	Социальный

Доступность транспортной инфраструктуры

Для разработки месторождений полезных ископаемых важной составляющей является доступность транспортной инфраструктуры. Этот фактор может существенно влиять на экономическую эффективность добычи, а также на ее экологическую безопасность [6].

Хорошо развитая транспортная инфраструктура позволяет уменьшить вклад в первоначальные инвестиции и уменьшить себестоимость добычи ископаемого, зависящего от стоимости доставки:

$$C_{ебп} = \frac{K_З}{МС}, \tag{5}$$

¹ Горная энциклопедия. URL: <http://www.mining-enc.ru/>

где МС – количество полученного минерального сырья (добытое, обогащенное, первично переработанное полезное ископаемое), проданное и транспортированное минеральное сырье до пункта реализации (порт, завод и пр.) с учетом всех расходов.

Одним из примеров зависимости можно считать угольную промышленность в России, где из-за недостаточно развитой транспортной инфраструктуры увеличиваются расходы на доставку угля до портов.

Однако кроме расположения с транспортными узлами на фактор транспортной инфраструктуры также влияет и «Состояние дорог и коммуникаций» по пути следования.

Фактор «Состояние дорог и коммуникаций» относится к оценке технических возможностей проезда транспортных средств к залежам и состояния дорожной инфраструктуры в целом. Важным аспектом этого фактора является не только наличие дороги, но и ее качество, достаточность грузоподъемности мостов и тоннелей, наличие мест для парковки техники и возможность обеспечения быстрого и качественного ремонта дорог.

Например, при проведении работ на месторождениях стратегически важной нефтегазовой компании в Африке были выявлены проблемы с доступностью дорог и их качеством. Данный фактор сказался на персонале, приводя к недостаточному выполнению работ и продлению сроков их выполнения.

Объединив эти факторы в один, можем получить общий фактор «Транспортной доступности» (табл. 2).

Таблица 2
Транспортная доступность

Table 2
Transport accessibility

Виды месторождений	R_{td}
Высокое качество дорог и коммуникаций: месторождение имеет доступ к главной линии коммуникации	1
Среднее качество дорог и коммуникаций: месторождение может иметь прямой доступ к транспортным магистралям, но необходимы дополнительные вложения в инфраструктуру для обеспечения надежного и эффективного транспортирования продукции	0.9
Низкое качество дорог и коммуникаций: месторождение расположено в удаленных или неосвоенных районах, где требуются значительные вложения в коммуникации	0.8
Отсутствие дорог и коммуникаций: месторождение находится в труднодоступных или очень отдаленных районах, где отсутствуют любые виды коммуникаций	0.7

Среди всех факторов, учитываемых при оценке месторождений, фактор состояния дорог и коммуникаций должен учитываться как один из основных критериев.

Наличие энергоинфраструктуры

Наличие энергоинфраструктуры при разработке месторождений полезных ископаемых является критически важным фактором для успешной и эффективной добычи. Наличие энергии позволяет проводить работы на месторо-

ждении, а также обрабатывать и транспортировать добытый материал [7].

При добыче полезных ископаемых разных типов (угля, нефти, газа, руды и т.д.) предъявляются свои требования к энергоинфраструктуре, что определяет необходимость индивидуального подхода и адаптации стратегии разработки месторождения. С учетом этого фактора наличие «подходящей» энергетической инфраструктуры существенно снижает объем первоначальных инвестиций [8]. С учетом расположения и наличия энергоинфраструктур классификацию месторождений можно сделать по следующим признакам (табл. 3):

Таблица 3
Классификация месторождений по степени наличия энергоинфраструктуры

Table 3
Classification of deposits according to the degree of energy infrastructure availability

Виды месторождений	R_e
Угольные месторождения, находящиеся вблизи энергетических структур	1
Месторождения руды, расположенные вблизи готовых предприятий	1
Месторождения, требующие дополнительных вложений для использования энергоносителей	0.9
Месторождения, не располагающиеся рядом с какими-либо энергетическими ресурсами и требующие полноценных вложений для обеспечения энергетической инфраструктурой	0.8
Месторождения промышленных и драгоценных минералов, которые не требуют значительных энергозатрат на их добычу и обогащение	0.8
Месторождения, находящиеся в непосредственной близости от потребителей, обеспечивающие минимизацию издержек на транспортировку и обработку полезных ископаемых	0.8

Наличие водообеспечения

Наличие водоснабжения является одним из важных факторов, который необходимо учитывать при оценке и разработке месторождений [9]. Необходимость оценки и разработки месторождений с учетом наличия водной инфраструктуры становится жизненно важной задачей для любой компании, занимающейся добычей природных ресурсов.

Из-за разнообразия водных ресурсов введем классификацию различных видов инженерных и природных сооружений.

К водным объектам, которые учитываются в данном факторе, относятся: подземные воды, поверхностные воды, включая реки, озера, водохранилища, талые и дождевые воды, а также водные ресурсы морей и океанов [10].

Для классификации месторождений по степени обеспеченности водными ресурсами недостаточно одной информации о самой водной инфраструктуре района, так как не все полезные ископаемые требуют больших объемов водных ресурсов в процессе их добычи и переработки (табл. 4) [11].

Таблица 4
Виды месторождений по степени обеспеченности водными ресурсами

Table 4
Types of deposits according to the degree of water resources availability

Виды месторождений	Коэффициент
Месторождения строительных горных пород, не требующие большого количества воды при добыче и обогащении	1
Месторождения черных и цветных металлов, находящиеся рядом с железнодорожными станциями	0.9
Месторождения угля, требующие больших объемов воды при добыче	0.8
Месторождения строительных материалов, требующие добычи гидравлическим способом	0.8
Месторождения руд, требующие использования значительных объемов воды при обогащении	0.8

Наличие социальной инфраструктуры

Для расположения любого горного предприятия первым делом необходима установка качественного социального «Фундамента» [10] – наличие базовых услуг для удовлетворения потребностей рабочего персонала – для дальнейшего проведения работ. Вне зависимости от полезного ископаемого социальная инфраструктура всегда одина-

ковая. Классификация социальной инфраструктуры при разработке месторождений может быть представлена как формула, также в табл. 5 можно увидеть распределение факторов наличия социальной инфраструктуры:

$$R_{си} = \frac{(D+Cy+Ky+Dy)}{4} \tag{6}$$

На основании этих критериев можно сделать распределение месторождения по расположению относительно развитых или слаборазвитых районов страны.

Важно отметить, что степень развития социальной инфраструктуры может зависеть не только от местоположения месторождения, но также от уровня развития страны, региона или состояния рынка полезных ископаемых.

Заключение

Разработка метода оценки влияния инфраструктурных факторов на финансово-экономические показатели освоения участков недр является важным шагом для определения оптимальных условий разведки и добычи природных ресурсов. Этот метод позволяет учитывать все необходимые факторы, такие как доступность и состояние дорог, наличие энергоснабжения и связи, наличие необходимых линий передачи, условия жизни и работы персонала.

Такой метод оценки необходим для выявления наиболее целесообразных условий освоения недр как в финансовом, так и в экономическом аспекте, и может повысить эффективность проведения работ. Он также может помочь определить необходимый уровень инвестиций в инфраструктуру для успешной реализации проекта.

Таблица 5
Критерии классификации социальной инфраструктуры

Table 5
Criteria for classification of social infrastructure

Доступность D	
Высокоразвитая: представляет собой готовую систему, обеспечивающую население необходимыми услугами, которые выполняются в доступных и удобных местах	1
Среднеразвитая: обеспечивающая доступность услуг, но с ограниченным выбором	0.8
Незначительное развитие: ограниченный доступ к услугам или услуги предоставляются на некотором расстоянии	0.7
Количество и спектр услуг C_y	
Широкий диапазон услуг, обеспечивающих население всем необходимым для удовлетворения базовых потребностей: медицинские, транспортные и культурные	1
Ограниченный выбор: предоставляются только основные услуги, такие как медицинские и образовательные услуги	0.8
Отсутствие базовых услуг	0.7
Качество услуг K_y	
Высокое качество: услуги, отвечающие современным стандартам и предоставляемые высококвалифицированными специалистами	1
Услуги предоставляются непрофессионалами	0.8
Услуги предоставляются не в полном объеме	0.7
Уровень доступности D_y	
Доступны все основные услуги и присутствуют дополнительные виды услуг	1
Средний уровень доступности: ограниченный доступ к основным услугам, но предоставляются базовые услуги	0.8
Низкий уровень доступности: потребности людей не удовлетворены из-за отсутствия необходимых услуг	0.7

Список литературы

1. Асанов М.А., Кадыкова М.Б. *Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых*. Алматы; 2012. 92 с.
2. Городнянский И.В. *Экономические и правовые основы недропользования*. Бишкек: Изд-во КРСУ; 2014. 246 с.
3. Самсонов Н.Ю., Семьягин И.Н. Обзор мирового и российского рынка редкоземельных металлов. *ЭКО*. 2018;44(2):45–54. Режим доступа: <https://ecotrends.ru/index.php/eco/article/view/730>
4. Попов А.Г. *Экономические основы разведки и разработки месторождений. Твердые полезные ископаемые*. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та; 2022. 112 с.
5. Замотин В.Б., Кошкина Л.Б., Лысков И.А. (сост.) *Подсчет запасов твердых полезных ископаемых*. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та; 2012. 33 с.
6. Полуфунтикова Л.И., Сандакова Л.Г. *Организация геологоразведочных работ и сметно-финансовые расчеты*. Якутск: ИПК СВФУ; 2012. 107 с.
7. Плякин А.М. *Подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых*. 2-е изд. Ухта: УГТУ; 2011. 235 с.
8. Valacchi G., Raffo, J., Daly, A. Et al. Mining innovation and economic cycles: how commodity prices affect mining related patenting? *Mineral Economics*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00359-7>
9. Нго Чан Тхиен Кюи, Кириченко Ю.В. Минеральный потенциал подводных месторождений в Южно-Китайском море Вьетнама. *Горная промышленность*. 2020;(1):140–143. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-1-140-143>
10. Ческидов В.В., Барабанов Н.Н., Ложкин М.О., Смирнов П.А., Лагутина А.А. Анализ закономерностей распределения соединений серы и железа на примере намывных техногенных массивов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2021;(3):142–153. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-3-0-142-153>
11. Cheskidov V.V., Lipina A.V., Manevich A.I., Kurenkov D.S. Status monitoring of sloping structures. In: Litvinenko V. (ed.) *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources. Proceedings of the International Forum-Contest of Young Researchers, 2018, St. Petersburg, April 18–20, 2018*. St. Petersburg; 2019, pp. 41–47. <https://doi.org/10.1201/9780429398063>

References

1. Asanov M.A., Kadykova M.B. *Geological and economic assessment of mineral deposits*. Almaty; 2012. 92 p. (In Russ.)
2. Gorodnyansky I.V. *Economic and legal fundamentals of subsoil use*. Bishkek: Kyrgyz-Russian Slavic University; 2014. 246 p. (In Russ.)
3. Samsonov N.Yu., Semyagin I.N. World and Russian Rare Earth Market Survey. *ECO*. 2018;44(2):45–54. (In Russ.) Available at: <https://ecotrends.ru/index.php/eco/article/view/730>
4. Popov A.G. *Economic fundamentals of exploration and mining of deposits. Solid minerals*. Perm: Perm State University; 2022. 112 p. (In Russ.)
5. Zamotin V.B., Koshkina L.B., Lyskov I.A. (eds) *Calculation of solid mineral reserves*. Perm: Perm State University; 2012. 33 p. (In Russ.)
6. Polufuntikova L.I., Sandakova L.G. *Organization of geological prospecting and financial estimates*. Yakutsk: Ammosov North-Eastern Federal University; 2012. 107 p. (In Russ.)
7. Plyakin A.M. *Reserve calculation of solid minerals deposits*. 2nd ed. Ukhta: Ukhta State Technical University; 2011. 235 p. (In Russ.)
8. Valacchi G., Raffo, J., Daly, A. Et al. Mining innovation and economic cycles: how commodity prices affect mining related patenting? *Mineral Economics*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00359-7>
9. Ngo Chan Thien Quy, Kirichenko Yu. V. Mineral Potential of Subsea Deposits in Vietnamese Part of South China Sea. *Russian Mining Industry*. 2020;(1):140–143. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-1-140-143>
10. Cheskidov V.V., Barabanov N.N., Lozhkin M.O., Smirnov P.A., Lagutina A.A. Distribution of iron and sulfur compounds: a case study of hydraulic waste fills. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2021;(3):142–153. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-3-0-142-153>
11. Cheskidov V.V., Lipina A.V., Manevich A.I., Kurenkov D.S. Status monitoring of sloping structures. In: Litvinenko V. (ed.) *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources. Proceedings of the International Forum-Contest of Young Researchers, 2018, St. Petersburg, April 18–20, 2018*. St. Petersburg; 2019, pp. 41–47. <https://doi.org/10.1201/9780429398063>

Информация об авторах

Харитонов Николай Дмитриевич – аспирант кафедры геологии и маркшейдерского дела, Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: Kharitonov.nd@misis.ru

Information about the authors

Nikolay D. Kharitonov – Postgraduate student, Department of Geology and Mine Surveying, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation; e-mail: Kharitonov.nd@misis.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 19.04.2023
 Поступила после рецензирования: 05.05.2023
 Принята к публикации: 10.05.2023

Article info

Received: 19.04.2023
 Revised: 05.05.2023
 Accepted: 10.05.2023