

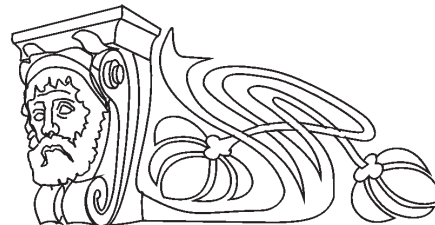


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 295–303  
*Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 295–303  
<https://eup.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-3-295-303>

Научная статья  
УДК 338.45

## Анализ чувствительности как инструмент принятия решений о реализации инвестиционного проекта горнодобывающей отрасли



Е. А. Позднякова<sup>1</sup>, Л. А. Раменская<sup>2</sup> ✉, Д. С. Воронов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Технический университет УГМК, Россия, Свердловская область, 624091, г. Верхняя Пышма, Успенский просп., д. 3

<sup>2</sup>Уральский государственный экономический университет, Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Позднякова Елена Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной экономики, [pozdneyakova\\_elen@list.ru](mailto:pozdneyakova_elen@list.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-3028-349X>

Раменская Людмила Александровна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и корпоративно-го управления, [ramen\\_lu@mail.ru](mailto:ramen_lu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3884-4500>

Воронов Дмитрий Сергеевич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной экономики, [d.voronov@tu-ugmk.com](mailto:d.voronov@tu-ugmk.com), <https://orcid.org/0000-0002-9540-5558>

**Аннотация. Введение.** По ряду внутренних и внешних причин на современном этапе развития российские компании горнодобывающей отрасли вынуждены реализовывать масштабные инвестиционные проекты, направленные как на освоение новых месторождений, так и на техническое оснащение и модернизацию существующих. Для принятия обоснованных управленческих решений необходим инструментальный анализ рисков инвестиционных проектов. **Теоретический анализ.** Обоснована необходимость применения количественных методов оценки инвестиционных рисков, базирующихся на моделировании денежных потоков. Проведен анализ возможности применения методов анализа чувствительности, реальных опционов и метода Монте-Карло для количественной оценки рисков инвестиционных проектов горнодобывающей отрасли. Обоснована целесообразность применения метода анализа чувствительности на ранних этапах инвестиционного проекта. **Эмпирический анализ.** На примере двух проектов горнодобывающей отрасли был проведен анализ чувствительности по таким показателям, как объемы производства, цены на товарную продукцию, капитальные и эксплуатационные затраты. Выявлено, что рассматриваемые проекты наиболее чувствительны к изменениям цены на товарную продукцию. **Результаты.** Анализ чувствительности – полезный инструмент анализа рисков инвестиционных проектов. Применение данного метода к инвестиционным проектам горнодобывающей отрасли должно проводиться с учетом отраслевой специфики.

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, инвестиционные проекты, анализ чувствительности

**Для цитирования:** Позднякова Е. А., Раменская Л. А., Воронов Д. С. Анализ чувствительности как инструмент принятия решений о реализации инвестиционного проекта горнодобывающей отрасли // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 295–303. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-3-295-303>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Sensitivity analysis as a decision-making tool for the implementation of an investment project in mining industry**

Е. А. Pozdneyakova<sup>1</sup>, L. A. Ramenskaya<sup>2</sup> ✉, D. S. Voronov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMMC Technical University, 3 Uspenskiy Ave., Verkhnyaya Pyshma 624091, Sverdlovsk region, Russia

<sup>2</sup>Ural State University of Economics, 62 8 Marta St., Ekaterinburg 620144, Russia

Elena A. Pozdneyakova, [pozdneyakova\\_elen@list.ru](mailto:pozdneyakova_elen@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3028-349X>

Liudmila A. Ramenskaya, [ramen\\_lu@mail.ru](mailto:ramen_lu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3884-4500>

Dmitrii S. Voronov, [d.voronov@tu-ugmk.com](mailto:d.voronov@tu-ugmk.com), <https://orcid.org/0000-0002-9540-5558>

**Abstract. Introduction.** Russian mining companies need to implement large-scale investment projects due to a variety of internal and external reasons. Projects are aimed at the development of new deposits, technical equipment and the modernization of existing ones. To make substantiated management decisions, a toolkit for analyzing the risks of investment projects is required. **Theoretical analysis.** The section contains the need to apply quantitative methods for assessing investment risks based on cash flow modeling. We have analyzed the



possibility of the use of sensitivity analysis techniques, real options and Monte Carlo methods for the quantitative assessment of the mining industry investment projects risks. The result includes a justification of the feasibility of applying the sensitivity analysis method at the early stages of an investment project. **Empirical analysis.** The sensitivity analysis tested metrics such as production volumes, commodity prices, capital and operating costs on two mining projects. It was found out that the projects under consideration are the most sensitive to changes in the price of commercial products. **Results.** Sensitivity analysis is a useful tool for risk analysis of investment projects. The application of this method to an investment project in the mining industry should be carried out taking into account the industry specifics.

**Keywords:** mining industry, investment projects, sensitivity analysis

**For citation:** Pozdnyakova E. A., Ramenskaya L. A., Voronov D. S. Sensitivity analysis as a decision-making tool for the implementation of an investment project in mining industry. *Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 295–303 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-3-295-303>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

Предприятия горнодобывающей промышленности успешнее других отраслей преодолевают кризис, вызванный пандемией COVID-19. Для стран, обладающих значительными запасами природных ресурсов, горнодобывающая отрасль в ближайшее время станет основой восстановления экономики [1].

Россия входит в число мировых лидеров по наличию запасов и объемам добычи полезных ископаемых, а горнодобывающая промышленность обеспечивает более 10% ВВП. Это говорит о значительном влиянии развития отрасли на улучшение ситуации в отечественной экономике.

При этом отечественные горнодобывающие предприятия характеризуются высоким износом основных фондов. Так, по данным Росстата, доля полностью изношенных основных фондов по виду деятельности «добыча полезных ископаемых» в 2019 г. составляла 25,2%, что существенно превышает среднее значение (19,5%) и является одним из самых высоких показателей по всем видам экономической деятельности [2].

Со второй половины 2000-х гг. отечественные компании горнодобывающей отрасли переходят от экстенсивной модели роста, состоящей в вовлечении в процесс производств все новых природных ресурсов, к модели снижения затрат посредством масштабного технического перевооружения производства [3, 4].

Компании отрасли также вынуждены трансформироваться под увеличивающимся давлением со стороны потребителей, инвесторов и общества, а также ростом волатильности цен, связанным с протекционистской политикой Китая и США – крупнейших мировых потребителей продукции горнодобывающих компаний. Эксперты называют три ключевых направления трансформационных преобразований: цифровизация, сокращение выбросов и совершенствование аналитических инструментов [5].

Таким образом, компаниям горнодобывающей отрасли требуется реализовывать масштабные инвестиционные проекты, направленные как на освоение новых месторождений, так и на тех-

ническое оснащение и модернизацию. Принятие инвестиционных решений осложняется ростом неопределенности внешней среды и сокращением возможностей привлечения капитала. В этих условиях особенно востребован инструментарий, позволяющий повысить качество принимаемых решений относительно реализации инвестиционных проектов и учитывающий отраслевую специфику.

## Теоретический анализ

Особенности развития горнодобывающего предприятия как объекта инвестирования включают: зависимость срока службы от запасов полезных ископаемых, географическую привязанность к месторождению, уникальность залегания запасов каждого месторождения, контроль надзорных госорганов (обязательное лицензирование, контроль рационального недропользования), значительную капиталоемкость и длительный период возврата инвестиций [6]. Все это свидетельствует о высокой неопределенности инвестиционных проектов горнодобывающей отрасли и многочисленных рисках, которые должны быть учтены при принятии решения об их реализации.

Вопросы описания факторов неопределенности и типологии рисков инвестиционных проектов горнодобывающей отрасли нашли отражение в трудах отечественных и зарубежных ученых [7–9]. При этом большая часть работ имеет концептуальный характер и позволяет осуществлять идентификацию и качественный анализ рисков отраслевых проектов.

Для принятия обоснованных инвестиционных решений только качественной оценки недостаточно, требуется сопоставить показатели экономической эффективности инвестиционного проекта, такие как чистый дисконтированный доход (ЧДД) и внутренняя норма доходности (ВНД), с неким интегральным показателем оценки риска проекта. Данный процесс, в соответствии с международными стандартами управления рисками, представляет собой количественную оценку рисков инвестиционного проекта [10].



Традиционной практикой учета рисков в инвестиционных проектах является учет их в стоимости капитала. Вместе с тем в проектах горнодобывающей отрасли важной оказывается гибкость принимаемых управленческих решений, с которой нецелесообразно справляться посредством корректировки ставки дисконтирования [11]. В этом случае требуется учесть риски при корректировке денежных потоков инвестиционных проектов.

Перечень методов количественной оценки рисков, основанных на моделировании денежных потоков, известен и, как правило, включает оценку чувствительности, анализ по методу реальных опционов, в рамках которого показатели инвестиционных проектов моделируются методом Монте-Карло [7]. При этом метод Монте-Карло, позволяющий получить распределение результирующего показателя финансовой эффективности инвестиций на основе вероятностных распределений исходных показателей, может применяться и как самостоятельный метод, и как средство моделирования неопределенности в рамках других методов.

Выбор конкретного метода для оценки рисков инвестиционного проекта зависит от характеристик проекта, в том числе от стадии его жизненного цикла, стабильности и предсказуемости его внешней среды, квалификации оценщиков.

Анализ чувствительности инвестиционных проектов – наиболее популярный, наглядный метод с простым алгоритмом. Его использование отражено в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов» [12]. К недостаткам метода можно отнести то, что он нацелен на анализ влияния ограниченного перечня рисков и не позволяет учесть синергетический эффект от одновременного возникновения нескольких угроз.

Исследование S. A. Abdel Sabour и G. Wood показало, что для оценки финансовых рисков, таких как волатильность цен на металлы и валютные курсы, метод реальных опционов имеет преимущество перед анализом чувствительности и методом Монте-Карло, поскольку позволяет учесть реакцию менеджмента на изменение рынка [13].

Вместе с тем практическое применение метода реальных опционов ограничено высокой сложностью математических расчетов, применяемых в его рамках [14, с. 46].

Методическим ограничением применения метода реальных опционов для оценки инвестиционных проектов горнодобывающей отрасли является присущее им большое количество факторов неопределенности (как минимум неопре-

деленность запасов и неопределенность рынка). В этом случае проекты должны рассматриваться как радужные опционы (rainbow option), а «применение к ним простых моделей оценки может привести к предвзятым оценкам стоимости» [15, с. 143].

Метод Монте-Карло показывает хорошие результаты при моделировании технических рисков горнодобывающих предприятий [16, 17]. Вместе с тем его применение основано на предположении, что исходные и результирующие показатели подчиняются законам наиболее распространенных вероятностных распределений – бета и нормальному. Это предположение может быть безосновательным для ряда финансовых и рыночных показателей [18].

Таким образом, применение метода чувствительности для оценки показателей инвестиционного проекта оправданно на ранних стадиях его жизненного цикла для первоначальной оценки рисков. В дальнейшем результаты, полученные методом анализа чувствительности, могут быть уточнены посредством других методов, в частности анализа уровня конкурентоспособности предприятия, осуществляющего проект [19].

При этом эмпирическая оценка показателей чувствительности применительно к горнодобывающим проектам позволит выявить наиболее существенные показатели и в дальнейшем сократить время и повысить эффективность принимаемых управленческих решений.

### **Эмпирический анализ**

Для оценки показателей чувствительности были выбраны следующие проекты: проект отработки гидрослюдисто-каолинитовых огнеупорных, формовочных и керамических глин Западно-Упрусского месторождения и проект освоения Западно-Озерного медноколчеданного месторождения. Оба представляют собой типичные проекты разработки рудных и нерудных месторождений, поэтому их опыт может быть использован для широкого спектра проектов.

Экономическая оценка проекта Западно-Упрусского месторождения показала, что при минимальных капитальных вложениях с учетом реновации существующего оборудования проект показывает невысокие показатели экономической эффективности, что говорит о низкой экономической устойчивости проекта: дисконтированный срок окупаемости – 13 лет, внутренняя норма доходности – 13,4 %, чистый дисконтированный доход – 5,58 млн руб. за двадцать лет эксплуатации.

Отработка Западно-Озерного месторождения характеризуется следующими показателями экономической эффективности: дисконтированный



срок окупаемости – 16 лет, внутренняя норма доходности – 12,0%, чистый дисконтированный доход – 962,5 млн руб. за период отработки месторождения девятнадцать лет.

В рамках анализа чувствительности оценивается влияние показателей, имеющих первостепенное значение на результаты экономической оценки инвестиционного проекта:

- объемы производства;
- цены на товарную продукцию;
- капитальные затраты;
- эксплуатационные затраты;
- другие показатели, важные для конкретного проекта.

Масштабы производства являются определяющим фактором для эффективности проекта. При этом в большинстве отраслей объем производства обусловлен спросом на товарный продукт, емкостью рынка.

Отличие проектов горнодобывающей отрасли заключается в том, что объемы добычи, как правило, обусловлены горнотехническими условиями, и их изменение рождает нелинейные многопараметрические зависимости. Так, рост объемов добычи может быть сопряжен с работой в нескольких подэтажах, что потребует дополнительных капитальных затрат на проходку выработок, закупку оборудования, вызовет непропорциональный рост эксплуатационных затрат.

Данные зависимости невозможно просчитать в рамках линейного изменения параметра «объем добычи», что требует детальной проработки каждого варианта производительности на основе горнотехнических условий.

Соответственно, в большинстве случаев параметр «объем производства» не может быть выбран для проведения анализа чувствительности с целью принятия решений о реализации проектов горнодобывающей отрасли.

При этом для отдельных типов нерудных месторождений при добыче открытым способом применение этого параметра возможно и целесообразно.

Анализ чувствительности к изменению объемов товарной продукции, проведенный для проекта отработки Западно-Упругского месторождения, с шагом 5% от исходного показал возможность улучшения исходно неблагоприятных финансовых показателей данного проекта за счет увеличения объемов добычи (табл. 1, рис. 1). При максимальном увеличении объема товарной продукции до 20%, что вполне достижимо по горнотехническим условиям и возможно без дополнительных капиталовложений, проект имеет следующие показатели эффективности:

- ЧДД при ставке дисконтирования 12,0% равен 87 015,6 тыс. руб.;
- ВНД составляет 33,2%.

Таблица 1 / Table 1

**Зависимость основных показателей эффективности отработки Западно-Упругского месторождения от увеличения объема товарной продукции**  
**Dependence of the main Zapadno-Uprunskoe deposit development efficiency indicators on the increase in marketable production**

Показатели / Indicators	0%	5%	10%	15%	20%
Объем производства по сортам нерудной товарной продукции, тыс. т					
НУ 1	59,6	62,6	65,5	68,5	71,5
НУ 2	350,5	368,1	385,6	403,1	420,7
НУПК	732,7	769,3	806,0	842,6	879,3
НУК	1817,0	1907,9	1998,7	2089,6	2180,4
НУФ	740,1	777,1	814,1	851,2	888,2
ЧДД, тыс. руб.	5580,8	25 939,5	46 298,2	66 656,9	87 015,6
ВНД, %	13,4	18,3	23,1	28,1	33,2

Наиболее важным параметром, оказывающим максимальное влияние на экономическую эффективность и применимым для анализа любых проектов горнодобывающей отрасли, является цена на товарную продукцию. При этом необходимо понимать, что руда, добываемая на руднике, сама по себе не является товарной продукцией (исключение составляют нерудные полезные ископаемые), лишь пройдя технологическую цепочку обогащения и металлургический передел, полу-

чается товарный продукт, реализуемый на рынке.

Особенность данного параметра заключается в том, что у собственника проекта, как правило, отсутствует возможность влияния на цену товарного продукта (за исключением влияния на сортность и качество). Появляется только возможность увидеть, как будет выглядеть тот или иной проект при изменении конъюнктуры рынка и соответствующем изменении цены.

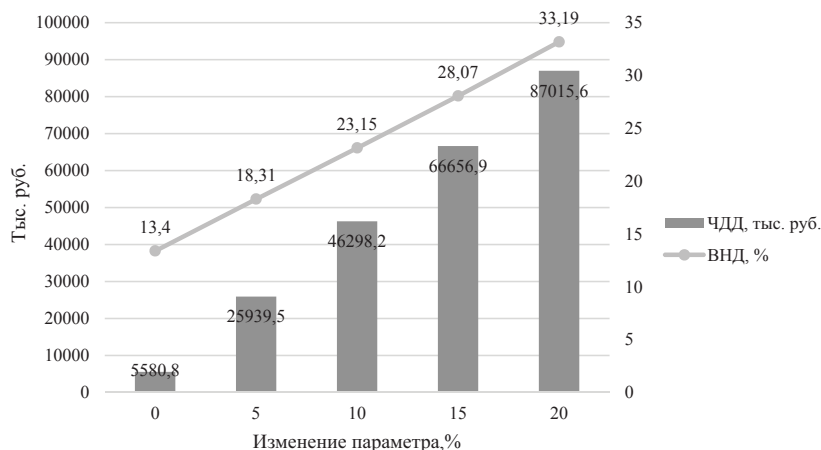


Рис. 1. График чувствительности основных показателей эффективности отработки Западно-Упрунского месторождения к увеличению объема товарной продукции  
 Fig. 1. Graph of the main Zapadno-Uprunskoe deposit development efficiency indicators sensitivity to an increase in the marketable production volume

В рамках проекта отработки Западно-Упрунского месторождения был проведен расчет чувствительности проекта к увеличению цены на товарную

продукцию с шагом 5%. Эффективность проекта зависит полностью от цены товарной продукции, что подтверждается данными табл. 2 и рис. 2.

Таблица 2 / Table 2

**Зависимость основных показателей эффективности отработки Западно-Упрунского месторождения от изменения цены на товарную продукцию**  
**Dependence of the Zapadno-Uprunskoe deposit development efficiency indicators on changes in the commercial products price**

Показатели / Indicators	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
Цены по сортам нерудной товарной продукции, руб./т						
НУ 1	742,90	782,00	821,10	860,20	899,30	938,40
НУ 2	646,95	681,00	715,05	749,10	783,15	817,20
НУПК	363,85	383,00	402,15	421,30	440,45	459,60
НУК	304,95	321,00	337,05	353,10	369,15	385,20
НУФ	421,80	444,00	466,20	488,40	510,60	532,80
ЧДД, тыс. руб.	-18 925,5	5580,8	30 087,1	54 593,4	79 099,7	103 606,0
ВНД, %	6,9	13,4	19,2	24,9	30,7	36,7

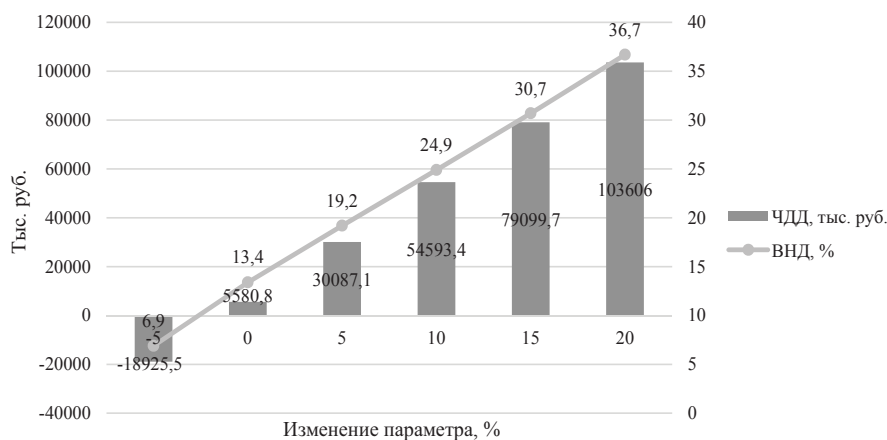


Рис. 2. График чувствительности основных показателей эффективности отработки Западно-Упрунского месторождения к изменению цены на товарную продукцию  
 Fig. 2. Graph of the main Zapadno-Uprunskoe deposit development efficiency indicators sensitivity to the changes in the commercial products price



При увеличении цены до 20%, ЧДД равен 103 606 тыс. руб., а ВНД составляет 36,7%. Снижение цены даже на 5% приводит к отрицательному значению ЧДД и к снижению ВНД до 6,9%. Как видно из данных табл. 1 и 2, проект в большей степени зависит от цены на товарный продукт, чем от изменения объема.

При расчете эффективности обработки За-

падно-Озерного медноколчеданного месторождения анализ чувствительности показателей к цене на товарный продукт показал снижение ЧДД с шагом уменьшения цены на 5%. Эффективность проекта зависит полностью от цены товарной продукции, что подтверждается данными табл. 3 и рис. 3. При уменьшении цены до 15% ЧДД уже отрицателен.

Таблица 3 / Table 3

**Зависимость основных показателей эффективности обработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения от уменьшения цены на товарную продукцию**  
**Dependence of the main Zapadno-Ozernoe copper-pyrite deposit development efficiency indicators on the decrease in marketable production**

Изменение цены / The change of price	0%	-5%	-10%	-15%
Чистый доход (ЧД), тыс. руб.	6672,5	5696,1	4719,7	3743,3
ЧДД, тыс. руб.	962,5	611,8	261,0	-89,8
ВНД, %	12,0	10,7	9,4	7,8

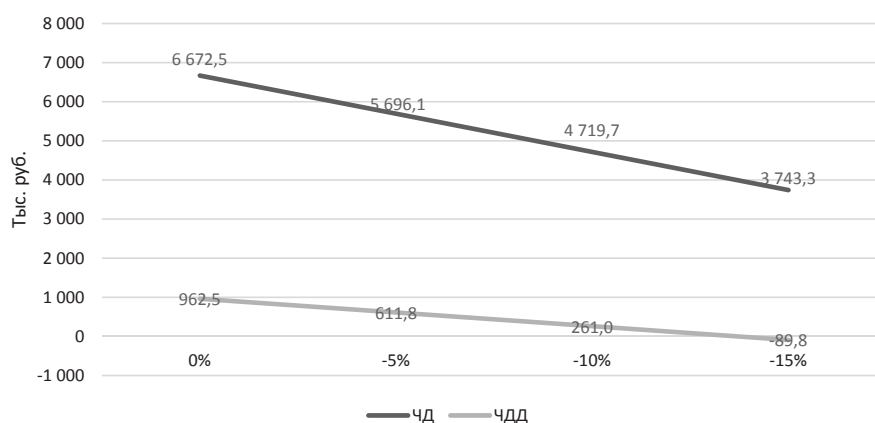


Рис. 3. График чувствительности основных показателей эффективности обработки Западно-Озерного месторождения к уменьшению цены на товарную продукцию  
 Fig. 3. Graph of the main Zapadno-Ozernoe deposit development efficiency indicators sensitivity to a decrease in the marketable production volume

Капитальные затраты выступают параметром, в отношении которого часто проводится анализ чувствительности. В отличие от цены на товарный продукт, данный параметр является управляемым, при реализации проекта имеется возможность управления величиной капитальных вложений. В то же время, как показывает опыт подготовки проектов, влияние изменения капитальных за-

трат на показатели проекта менее ощутимо, чем влияние изменения цен на товарную продукцию.

Как показал анализ чувствительности показателей проекта к росту капитальных затрат на освоение Западно-Озерного медноколчеданного месторождения, эффективность проекта сохраняется при увеличении капиталовложений до 30% (табл. 4, рис. 4).

Таблица 4 / Table 4

**Зависимость основных показателей эффективности обработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения от увеличения объема капитальных вложений**  
**Dependence of the main Zapadno-Ozernoe copper-pyrite deposit development efficiency indicators on the increase in the capital investments volume**

Изменение инвестиций / The change of investment	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
ЧД, тыс. руб.	6672,5	6449,7	6226,8	6004,0	5781,1	5558,3	5335,4	5112,6
ЧДД, тыс. руб.	962,5	810,0	657,5	505,0	352,5	199,9	47,4	-105,1
ВНД, %	12,0	11,3	10,7	10,1	9,5	8,9	8,4	7,9

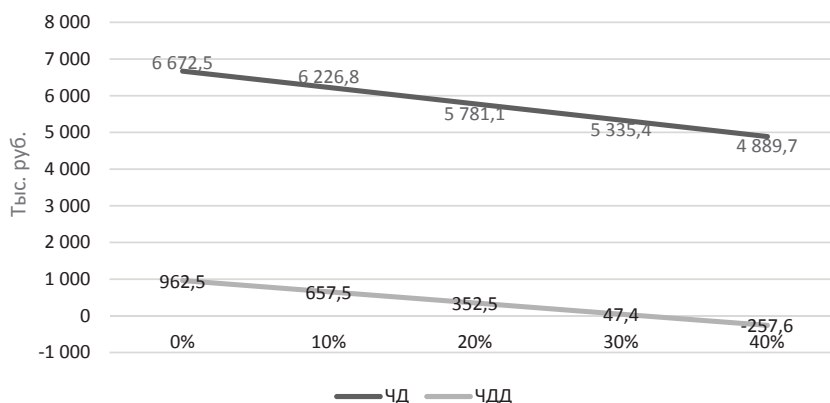


Рис. 4. График чувствительности основных показателей эффективности отработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения к увеличению объема капитальных вложений

Fig. 4. Graph of the main Zapadno-Ozernoe copper-pyrite deposit development efficiency indicators sensitivity to an increase in the capital investments volume

Еще одним распространенным параметром, выбираемым для анализа чувствительности, являются эксплуатационные затраты. Данный показатель напрямую зависит от технологических решений и объема производства, ввиду этого управление им показателем весьма ограничено. Однако анализ чувствительности позволяет определить потенциальный резерв эффективности при выявлении возможности снижения или риске роста эксплуатационных затрат. Изменение данного показателя

оказывает достаточно существенное влияние на эффективность проекта, в большей степени, чем влияние изменения капитальных вложений, но в меньшей, чем влияние цены на товарную продукцию.

В условиях отработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения анализ чувствительности показателей проекта к росту эксплуатационных затрат выявил, что эффективность проекта сохраняется при увеличении эксплуатационных затрат до 23% (табл. 5, рис. 5).

Таблица 5 / Table 5

**Зависимость основных показателей эффективности отработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения от увеличения себестоимости получения товарных металлов**  
**Dependence of the main Zapadno-Ozernoe copper-pyrite deposit development efficiency indicators on the obtaining commercial metals cost increase**

Изменение себестоимости The change of cost price	0%	5%	10%	15%	20%	25%
ЧД, тыс. руб.	6672,5	6091,1	5509,7	4457,1	4346,9	3765,5
ЧДД, тыс. руб.	962,5	756,9	551,2	345,7	140,0	-65,6
ВНД, %	12,0	11,3	10,5	9,7	8,9	8,0

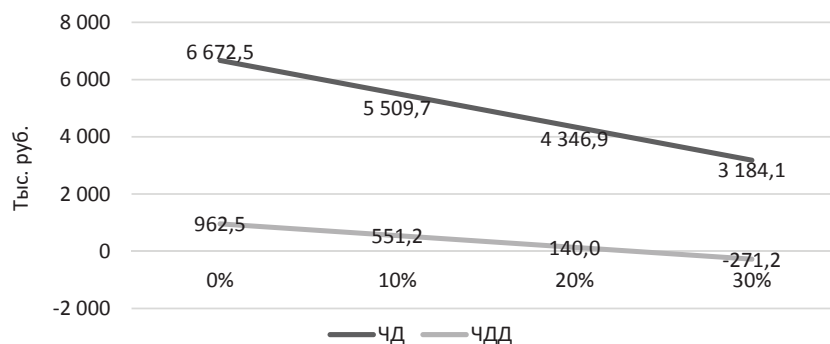


Рис. 5. График чувствительности основных показателей эффективности отработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения к увеличению себестоимости товарных металлов

Fig. 5. Graph of the main Zapadno-Ozernoe copper-pyrite deposit development efficiency indicators sensitivity to obtaining commercial metals cost increase



## Результаты

На основе рассмотрения показателей чувствительности можно сделать вывод о том, что рассматриваемые проекты наиболее чувствительны к изменениям цен на товарную продукцию. На показатели эффективности проекта отработки Западно-Озерного медноколчеданного месторождения после цены товарной продукции большее влияние оказали эксплуатационные затраты и меньшее – капитальные.

При анализе рисков и потенциала реализации проекта анализ чувствительности является важнейшим инструментом при принятии решений. Каждый проект горнодобывающей отрасли в зависимости от горнотехнических условий и способа отработки месторождения имеет свои особенности, соответственно, помимо ключевых параметров, влияющих на показатели проекта, могут возникать параметры, требующие рассмотрения в рамках данного проекта (изменение извлечения, изменение курса валюты и т.п.). Анализ и оценка степени влияния всех значимых для проекта показателей будет способствовать принятию взвешенного решения о реализации и управлении проектом.

## Список литературы

1. Горнодобывающая промышленность, 2020 год. С запасом сил и ресурсов. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/mine-2020/mine-2020.pdf> (дата обращения: 30.04.2021).
2. Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> (дата обращения: 30.04.2021).
3. Каплан А. В., Баев И. А., Терешина М. А. Концепция устойчивого социально-экономического развития горнодобывающего предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия : Экономика и менеджмент. 2018. Т. 12, № 3. С. 76–82. <https://doi.org/10.14529/em180308>
4. Шелкунова Т. Г. Особенность реализации инновационных проектов в горнодобывающей промышленности России // Экономика в промышленности. 2015. № 4. С. 32–38. <https://doi.org/10.1707/2072-1663-2015-4-32-38>.
5. Deloitte Insights. Tracking the trends 2020. Leading from the front. URL: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/tracking-the-trends-2020/DI\\_Tracking-the-trends-2020.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/tracking-the-trends-2020/DI_Tracking-the-trends-2020.pdf) (дата обращения: 30.04.2021).
6. Каплан А. В., Лейдерман Л. П., Терешина М. А. Особенности организации инвестиционного процесса для горнодобывающего предприятия // Рациональное освоение недр. 2013. № 6. С. 10–16.
7. Заернюк В. М., Черникова Л. И. О роли рисков и

неопределенности при осуществлении инвестиций в горнодобывающую отрасль // Финансовая жизнь. 2017. № 3. С. 47–54.

8. Kazakidis V. Operating risk : Planning for flexible mining systems. Doctoral dissertation, University of British Columbia. URL: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0081178> (дата обращения: 20.04.2021).
9. Badri A., Nadeau S., Gbodossou A. A mining project is a field of risks : A systematic and preliminary portrait of mining risk // International Journal of Safety and Security Engineering. 2012. Vol. 2, № 2. P. 145–166.
10. Стандарт ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (дата обращения: 25.04.2021).
11. McGill J. E. Technical risk assessment techniques in Mineral Resource Management with special reference to the junior and small-scale mining sectors. URL: <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/27609/00dissertation.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 25.04.2021).
12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов : утв. Минэкономки России, Минфином России, Госстроем России 21.06.1999 № ВК 477 URL. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
13. Abdel Sabour S. A., Wood G. Modelling financial risk in open pit mine projects : Implications for strategic decision-making // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2008. Vol. 109. P. 169–175.
14. Магаев Н. А., Скопина Л. В., Рымаренко М. В., Мкртчян Г. М. Метод реальных опционов в оценке стоимости месторождений // Мир экономики и управления. 2019. Т. 19, № 2. С. 31–48. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2019-192-31-48>
15. Дамодаран А. Инвестиционная оценка : Инструменты и методы оценки любых активов. 5-е изд. М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. 1340 с.
16. Гончаренко С. Н., Парсегов А. С. Моделирование и оценка риска эксплуатации промышленного оборудования в отечественных и зарубежных исследованиях // Управление риском. 2013. № 2 (66). С. 35–43.
17. Vargas J. P., Koppe J. C., Pérez S. Monte Carlo simulation as a tool for tunneling planning // Tunnelling and Underground Space Technology. 2014. Vol. 40. P. 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2013.10.011>
18. Талёв Н. Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. М. : КоЛибри. 2021. 736 с.
19. Воронов Д. С., Криворотов В. В. Методика повышения конкурентоспособности предприятия // Проблемы развития территории. 2017. № 5. С. 59–74.

## References

1. Gorno-dobyvaiuschaia promyshlennost', 2020 god. S zapasom sil i resursov (Mining industry, 2020. With a reserve of strength and resource). Available at: <https://>





- www.pwc.ru/ru/publications/mine-2020/mine-2020.pdf (accessed 30 April 2021) (in Russian).
2. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* (Federal State Statistics Service. Site). Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> (accessed 30 April 2021) (in Russian).
  3. Kaplan A. V., Bayev I. A., Tereshina M. A. The concept of sustainable socio-economic development of a mining enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 76–82 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/em180308>
  4. Shelkunova T. G. The peculiarity of the implementation of innovative projects in the mining industry of Russia. *Ekonomika v promyshlennosti* [Economy in Industry], 2015, no. 4, pp. 32–38 (in Russian). <https://doi.org/10.1707/2072-1663-2015-4-32-38>
  5. *Deloitte Insights. Tracking the trends 2020. Leading from the front*. Available at: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/tracking-the-trends-2020/DI\\_Tracking-the-trends-2020.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/tracking-the-trends-2020/DI_Tracking-the-trends-2020.pdf) (accessed 30 April 2021).
  6. Kaplan A. V., Leiderman L. P., Tereshina M. A. Special aspects of the investment process management for a mine. *Ratsional'noe osvoenie nedr* [Rational Development of Mineral Resources], 2013, no. 6, pp. 10–16 (in Russian).
  7. Zaerniuk V. M., Chernikova L. I. On the role of risks and uncertainties in investing in the mining industry. *Finansovaya zhizn'* [Financial Life], 2017, no. 3, pp. 47–54 (in Russian).
  8. Kazakidis V. *Operating risk: Planning for flexible mining systems*. Doctoral dissertation, University of British Columbia. Available at: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0081178> (accessed 20 April 2021).
  9. Badri A., Nadeau S., Gbodossou A. A mining project is a field of risks: a systematic and preliminary portrait of mining risk. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 145–166.
  10. *ISO 31000-2019 Standart. Risk management. Principles and guidelines*. Available at: <https://docs.cntd.ru/docu-ment/1200170125> (accessed 25 April 2021) (in Russian).
  11. McGill J. E. *Technical risk assessment techniques in Mineral Resource Management with special reference to the junior and small-scale mining sectors*. Available at: <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/27609/00dissertation.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 25 April 2021).
  12. Guidelines for assessing the effectiveness of investment projects, Approved by the Ministry of Economy of Russia, the Ministry of Finance of Russia, Gosstroy of Russia on 21.06.1999 no. VK 477). *ATP «Consultant»* [electronic resource] (in Russian).
  13. Abdel Sabour S. A., Wood G. Modelling financial risk in open pit mine projects: implications for strategic decision-making. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2008, vol. 109, pp. 169–175.
  14. Magayev N. A., Skopina L. V., Rymarenko M. V., Mkrtychyan G. M. Real Options Valuation of Deposits. *World of Economics and Management*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 31–48 (in Russian). <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2019-19-2-31-48>
  15. Damodaran A. *Investment Valuation. Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. John Wiley & Sons, Inc., 2002. 1340 p. (Russ. ed.: Moscow, Al'pina Biznes Buks, 2008. 1340 p.).
  16. Goncharenko S. N., Parsegov A. S. Modeling and risk assessment of industrial equipment operation in domestic and foreign research. *Upravlenie riskom* [Risk Management], 2013, no. 2 (66), pp. 35–43 (in Russian).
  17. Vargas J. P., Koppe J. C., Pérez S. Monte Carlo simulation as a tool for tunneling planning. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2014, vol. 40, pp. 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2013.10.011>
  18. Taleb N. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Random house, 2007. 400 p. (Russ. ed.: Moscow, KoLibri Publ., 2021. 736 p.).
  19. Voronov D. S., Krivorotov V. V. Methods of increasing the competitiveness of the enterprise. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of the Development of the Territory], 2017, no. 5, pp. 59–74 (in Russian).

Поступила в редакцию 15.05.2021, после рецензирования 20.05.2022, принята к публикации 21.05.2021  
 Received 15.05.2021, revised 20.05.2021, accepted 21.05.2021