

Оценка экономического эффекта совершенствования технологического процесса на угледобывающем предприятии по критерию производственного риска

Василий Сергеевич МИНАКОВ^{1*}

Татьяна Александровна КОРКИНА^{2,3**}

Екатерина Александровна МУШТОНИНА^{4,5***}

¹ООО «ВГК», Шахтерск, Углегорский район, Сахалинская область, Россия

²ООО «НИИОГР», Челябинск, Россия

³Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

⁴Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

⁵ООО «Солнцевский угольный разрез», Шахтерск, Углегорский район, Сахалинская область, Россия

Аннотация

Актуальность. Совершенствование технологического процесса на предприятиях является одним из основных способов повышения качества и количества выпускаемой продукции, что необходимо для обеспечения их устойчивой конкурентной позиции. Существующие методики обоснования эффективности решений по совершенствованию технологического процесса на угледобывающих предприятиях основаны, как правило, на традиционных подходах по оценке инвестиционных проектов. Указанные методики недостаточно адаптированы к условиям горнодобывающих предприятий, поскольку не учитывают наличие отклонений фактических параметров технологических процессов от нормативных значений, а также такие их особенности, как высокая динамичность, а следовательно, неопределенность внутренней среды и высокая опасность производства.

Цель исследования – разработка методики оценки экономического эффекта совершенствования технологического процесса на угледобывающем предприятии по критерию производственного риска.

Методы исследования. Исследование выполнено с применением системного, процессного подходов, положений теории управления рисками. При разработке методики оценки экономического эффекта совершенствования технологического процесса использовались методы анализа, синтеза, дедукции, индукции, сравнения; при ее апробации – методы экспертных оценок, моделирования, статистического анализа.

Результаты работы. Предложена методика оценки экономического эффекта совершенствования технологического процесса на угледобывающем предприятии по критерию производственного риска, основанная на идентификации опасных производственных ситуаций, экспертной оценке их вероятности и тяжести социально-экономических последствий, а также сравнении среднего вероятного экономического ущерба до и после проведения мероприятий по улучшениям. Апробация предложенной методики в условиях ООО «Солнцевский угольный разрез» подтвердила ее правомерность и возможность использования для прогнозирования среднего вероятного экономического ущерба для предприятия в зависимости от состояния технологического процесса.

Выводы. Разработанная методика и приведенное с ее помощью моделирование позволили установить, что связь между уровнем производственного риска, отражающего как риск непосредственно экономических потерь, так и травмирования персонала, описывается экспоненциальной функцией. Применение методики позволяет повысить обоснованность мероприятий по совершенствованию технологического процесса на угледобывающих предприятиях.

Ключевые слова: производственный риск, экономический эффект, угледобывающее предприятие, технологический процесс.

Введение

Функционирование технологических процессов на отечественных угледобывающих предприятиях характеризуется повышенным расходом ресурсов. По оценкам специалистов, в процессе экскавации оборудование ис-

пользуется на 40–60 %, в процессе транспортирования – на 50–75 %, перерасход материально-технических ресурсов относительно нормативных значений достигает 2–3 раз, а трудовых ресурсов – более 6 раз в отдельных

✉ minakovvs@eastmining.ru

** kort2005@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9555-2734>

*** mushtoninaea@eastmining.ru

обеспечивающих процессах [1–3]. Одним из факторов такой ситуации являются регулярные отклонения фактических параметров технологических процессов (рабочей зоны оборудования, транспортных коммуникаций, продолжительности циклов экскавации и т. п.) от рациональных параметров [4]. При значительных отклонениях процессов от нормативных состояний повышаются риски травмирования и экономических потерь, что может негативно сказываться на привлекательности предприятий на рынках продукции, труда, финансов и в конечном итоге на их конкурентоспособности [5, 6]. Возникающие в последние годы внешние деструктивные импульсы и проблемная ситуация с кадровым обеспечением горнодобывающих предприятий, высокой текучестью персонала [7–9] обостряют потребность в разработке методических инструментов, позволяющих оценить эффективность, а следовательно, обосновать организационно-технологические решения по совершенствованию технологического процесса с применением критерия производственного риска как интегративного индикатора вероятности и размера экономических и социальных потерь.

Теоретическая и методологическая база исследования

Под производственным риском в данном исследовании понимается мера, с помощью которой определяется уровень производственной опасности и возможный размер потерь при реализации этой опасности.

В общем виде оценка риска включает этапы идентификации риска, количественной и качественной оценки риска на основе определения вероятности и тяжести последствий опасного события [10–12]. Для реализации указанных этапов могут применяться статистические либо экспертные методы [13]. Поскольку особенностью функционирования горнодобывающего предприятия является высокая изменчивость внутренней среды, то накопление значительного массива данных, отражающих его функционирование в идентичных условиях, является сложно решаемой задачей, требующей налаживания специальной системы учета, дополнительных затрат времени и ресурсов. В связи с этим в данном исследовании выбран метод экспертных оценок.

В данной работе использовались общенаучные методы исследований – анализ, синтез, индукция, моделирование, статистические методы.

В основу методики положен метод сравнения вероятного ущерба до и после улучшения технологического процесса.

Методика оценки экономического эффекта совершенствования технологического процесса на горнодобывающем предприятии по критерию производственного риска. Оценку экономического эффекта совершенствования технологического процесса на горнодобывающем предприятии по критерию производственного риска предлагается проводить в следующей последовательности.

1. *Выявление опасных производственных ситуаций (ОПС) во всех звеньях угледобычи как результата отклонений технологического процесса от нормативных параметров.*

Под опасной производственной ситуацией понимается сочетание условий работы (осуществление процесса) и факторов, которые угрожают негативным событием [14].

2. *Оценка риска каждой ОПС с применением разработанной шкалы (табл. 1).*

3. *Расчет уровня производственного риска:*

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{т}} R_{\text{эп}} \quad (1)$$

где $R_{\text{т}}$, $R_{\text{эп}}$ – риск травмирования и экономических потерь в i -м процессе соответственно, рассчитывается по формуле 2:

$$R_{\text{т}} = B_{\text{т}} T_{\text{т}} \quad (2)$$

где $B_{\text{т}}$ – вероятность травмирования персонала в i -й опасной производственной ситуации, балл; $T_{\text{т}}$ – тяжесть социальных последствий (травмирования) персонала, балл.

Риск экономических потерь рассчитывается аналогичным образом.

Значение $R_{\text{пр}}$ от 1 до 4 баллов соответствует нормативному уровню риска, от 4 до 35 – приемлемому, от 36 до 224 – повышенному и более 225 – критическому.

Экономический ущерб включает потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных и оборотных фондов (стоимость замещения или ремонта), затраты на ликвидацию последствий ОПС, недополученный доход в результате простоя, затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие травмы или гибели персонала.

4. *Определение структуры технологического процесса по критерию производственного риска* – рассчитываются доли опасных производственных ситуаций с нормативным, приемлемым, повышенным и критическим уровнем риска D_i во всем технологическом процессе.

5. *Расчет среднего вероятного экономического ущерба при фактической структуре технологических процессов по критерию производственного риска (3):*

$$\mathcal{E}_{y0} = \sum_{i=1}^3 D_{i0} \cdot \mathcal{E}_{yi} \quad (3)$$

где D_{i0} – доля ОПС с i -м уровнем производственного риска до реализации мероприятий; \mathcal{E}_{yi} – размер вероятного экономического ущерба при реализации ОПС i -го уровня производственного риска.

6. *Оценка уровня производственного риска после реализации мероприятий по совершенствованию технологического процесса (устранению ОПС) по формуле (1).*

7. *Расчет среднего вероятного экономического ущерба при достигнутой структуре технологического процесса по критерию производственного риска после реализации мероприятий (4):*

$$\mathcal{E}_{y1} = \sum_{i=1}^3 D_{i1} \cdot \mathcal{E}_{yi} \quad (4)$$

где D_{i1} – доля ОПС с i -м уровнем производственного риска после реализации мероприятий.

8. *Расчет экономического эффекта от снижения вероятного экономического ущерба (5):*

Таблица 1. Шкала оценки производственного риска
Table 1. Production risk assessment scale

Балл	Вероятность (В)		Тяжесть последствий возможного события (Т)	
	Уровень вероятности наступления возможного события	Социальные последствия (травма человека)	Экономические последствия (потери и недополученный доход)	
1	Событие практически исключено	Возникновение боли без повреждений	Незначительное повреждение оборудования, без ремонта и простоя, экономические потери до 500 тыс. руб.	
2	Событие маловероятно	Микротравма	Повреждение оборудования с последующим мелкосрочным ремонтом в течение смены; экономические потери от 500 до 1000 тыс. руб.	
3	Событие возможно со средней степенью вероятности	Легкая травма	Повреждение оборудования с его остановкой продолжительностью больше смены, но меньше суток; экономические потери от 1000 до 5000 тыс. руб.	
4	Событие возможно с высокой степенью вероятности	Травма с тяжелым исходом	Остановка отдельного производственного оборудования или процесса на несколько суток, экономические потери от 5000 до 15 000 тыс. руб.	
5	Событие практически неизбежно	Травма со смертельным исходом или групповая травма со смертельным исходом	Остановка предприятия на сутки и более, экономические потери от 15 000 тыс. руб.	

Источник: развито по [15].

Таблица 2. Форма оценки производственного риска ОПС
Table 2. Form for assessing the production risk of an industrial property object

ОПС	Последствие/ Ущерб	Оценка риска, балл			Уровень производственного риска $R_{пр}$
		Вероятность (В)	Тяжесть последствий возможного события (Т)		
			Социальные последствия	Экономические последствия	
Погрузка угля в узком забое под высоким бортом	Повреждение либо потеря горного оборудования из-за схода горной массы	5	3	3	225
...					

$$\Delta \mathcal{E}_y = \mathcal{E}_{y1} - \mathcal{E}_{y0} \tag{5}$$

9. Расчет эффективности (6):

$$\mathcal{E}_\Phi = \frac{\Delta \mathcal{E}_y}{3} \tag{6}$$

где 3 – затраты на разработку и реализацию мероприятий.

При отсутствии данных о затратах на реализацию мероприятий эффективность определяется по размеру уменьшения вероятного экономического ущерба.

Апробация методики. Опробование предложенной методики оценки экономического эффекта совершенствования технологического процесса по критерию производственного риска осуществлялось в ООО «Солнцевский угольный разрез». По состоянию на июль 2022 г. с участием руководства предприятия, служб и участков

были определены отклонения в процессах, обуславливающие повышенные и критические риски, сформирован реестр опасных производственных ситуаций – выявлено и оценено 99 характерных ОПС во всех звеньях технологического процесса, структура которых представлена в табл. 3.

Для совершенствования технологического процесса разработано 422 организационных и технических мероприятия (табл. 4).

Последовательная реализация разработанных мероприятий позволила изменить структуру технологического процесса по критерию производственного риска, приближаясь к целевым значениям (табл. 3). Отметим, что в целевых значениях на 2028 г. отсутствуют процессы с нормативным уровнем производственного риска, поскольку для его достижения требуется принципиальное изменение организационно-технологического уклада угледобывающих предприятий, возможное только в долгосрочном периоде.

Таблица 3. Структура технологического процесса в ООО «Солнцевский угольный разрез»
Table 3. Structure of the technological process at LLC "Solntsevsky Coal Mine"

Уровень риска	Доля опасных производственных ситуаций, %			
	До реализации мероприятий по совершенствованию технологического процесса	После реализации части мероприятий по состоянию на декабрь 2022 г.	После реализации части мероприятий по состоянию на декабрь 2023 г.	Целевое значение на 2028 г.
Нормативный	0	0	0	0
Приемлемый	0	6	25	34
Повышенный	40	41	58	61
Критический	60	53	17	5

Таблица 4. Примеры разработанных мероприятий по совершенствованию технологического процесса в ООО «Солнцевский угольный разрез»
Table 4. Examples of developed measures to improve the technological process at LLC "Solntsevsky Coal Mine"

Опасная производственная ситуация	Мероприятия по совершенствованию технологического процесса
	<i>Процесс транспортирования</i>
Выгрузка автосамосвала в условиях мягких пород	Укрепление отвала породами послойно отражать в годовом и месячном планировании При выдаче наряда информировать водителей о возможной просадке, особенно в неблагоприятных климатических условиях
	<i>Процесс экскавации</i>
Работа машиниста ГТО в условиях отсутствия либо наличия слабого сигнала радиосвязи	Оборудовать горнотранспортное оборудование и хозяйственную технику быстродействующими рациями Установить усилитель сигнала радиосвязи Проводить регулярную ревизию средств связи
Осмотр помощником машиниста экскаватора кабельной продукции, расположенной на нескольких уступах	Спроектировать перестройку включения ячейки экскаваторов на один горизонт с забоем Установка приключательного пункта (КРУПЭ, ЯКНО) на один горизонт с экскаватором
Работа подрядных организаций в зоне подготовки и проведения взрывных работ	Разработка регламента порядка проведения совместных работ Освоение регламента порядка проведения совместных работ Внести в обязанности руководителей структурных подразделений, взаимодействующих с подрядными организациями, выполняющими работы в границах земельного отвода, ответственность за информирование о месте и времени проведения опасных видов работ, например, буровзрывных работ
Нахождение и работа габаритной и малогабаритной техники в стесненных условиях при малой ширине рабочей площадки	Разработать и освоить типовые визуализированные технологические схемы выполнения совместных работ Запретить въезд в такие зоны без рации либо без ИТР с рацией Оснащение экскаваторов системой Red Kill Zone

Исходный размер среднего вероятного экономического ущерба от реализации опасной производственной ситуации составил:

$$0,40 \cdot 3000 + 0,60 \cdot 27\,500 = 17\,700 \text{ тыс. руб.}$$

Реализованные в течение полугода мероприятия по совершенствованию технологического процесса позволили снизить средний вероятный экономический ущерб до 15 850 тыс. руб.:

$$0,06 \cdot 750 + 0,41 \cdot 3000 + 0,53 \cdot 27\,500 = 15\,850 \text{ тыс. руб.}$$

Ожидаемый уровень среднего вероятного экономического ущерба при достижении целевого состояния технологического процесса через 6 лет:

$$0,34 \cdot 750 + 0,61 \cdot 3000 + 0,05 \cdot 27\,500 = 3460 \text{ тыс. руб.}$$

На графике (рис. 1) видно, что связь между уровнем производственного риска и экономическим ущербом близка к экспоненциальной, т. е. на первых этапах совершенствования технологического процесса по критерию производственного риска экономический ущерб снижается более быстрыми темпами, чем при приближении к нормативному уровню. Для построения графика использованы результаты оценки технологического процесса по критерию производственного риска 12 производственных участков по состоянию на май 2022 г. (начало работы) через полгода и через полтора года после начала разработки и реализации мероприятий. Полученная модель может быть использована для прогнозирования среднего вероятного экономического ущерба в зависимости от состояния технологического процесса.

Выводы

Технологический процесс угледобывающих предприятий характеризуется регулярными отклонениями

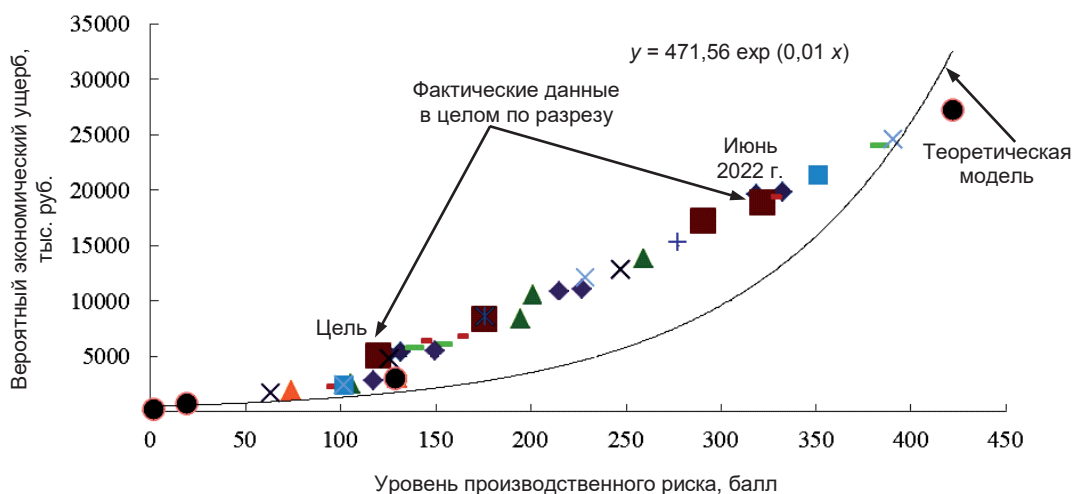


Рисунок 1. График взаимосвязи уровня производственного риска и вероятного экономического ущерба
Figure 1. Graph of the relationship between the level of production risk and probable economic damage

от нормативных параметров, которые определяют повышенный производственный риск – риск экономических потерь и риск травмирования персонала. Для оценки результатов совершенствования технологического процесса разработана методика с использованием критерия

производственного риска. Применение предложенной методики в условиях ООО «Солнцевский угольный разрез» подтвердило правомерность и возможность ее использования в практике деятельности угледобывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев В. Л., Килин А. Б., Галкин В. А., Макаров А. М. Концепция системы непрерывного совершенствования производственного процесса открытой угледобычи // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2021. Вып. 4. С. 489–500. <http://doi.org/10.46689/2218-5194-2021-4-1-489-500>
2. Костарев А. С. Оценка резервов инновационного развития угледобывающего производственного объединения и влияние организационно-экономических отношений на их использование // Известия УГГУ. 2020. Вып. 1(57). С. 208–217. <http://doi.org/10.21440/2307-2091-2020-1-208-217>
3. Черских О. И., Минаков В. С., Назарян С. А. Повышение операционной эффективности деятельности угольного разреза посредством цифровизации процессов // Уголь. 2023. № 3. С. 79–84. <http://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-79-84>
4. Великосельский А. В., Галкин А. В. Влияние рисков негативных событий на экономические показатели предприятия // Известия ИГЭА (БГУЭП). 2014. № 5. С. 1–9.
5. Сывороткин А. Н. Повышение эффективности использования ресурсного потенциала высокопроизводительных шахт на основе стандартизации производственных процессов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22. М., 2004. 20 с.
6. Азев В. А. Совершенствование систем организации и планирования производства в условиях интенсивного развития угольных разрезов // ГИАБ. 2012. Отд. вып. № 5. С. 25–40.
7. Рынок труда угольной промышленности (профессиональный срез) / И. А. Волошина [и др.]. М.: ИНФРА-М, 2022. 147 с. <http://doi.org/10.12737/1845801>. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1845801>
8. Фомичева Л. М., Пронская О. Н., Арзамасова Е. Л., Фомин О. С., Куренная В. В. Моделирование спроса и предложения на рынке труда в угольных моногородах России на основе теории равновесия // Уголь. 2024. № 2. С. 39–46.
9. Korkina T., Zakharov S., Loyko O. Technology Development of Coal Industry Enterprises and Professional Staff Development / Competitiveness and the Development of Socio-Economic Systems. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2021. Vol. 105. P. 199–204. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.04.21>.
10. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 253. Issue 1. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
11. Aven T., Krohn B. S. A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen // Reliability Engineering & System Safety. 2014. Vol. 121. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.res.2013.07.005>
12. Шарохина С. В., Шевченко Т. А., Ерофеев А. Л. Определение сущности и классификация экономических рисков на микроуровне // Фундаментальные исследования. 2023. № 5. С. 66–70. <https://doi.org/10.17513/fr.43461>
13. Соловьева И. П., Игнатьев А. И., Асаева Т. А. Проблемы оценки производственных рисков // Актуальные проблемы правового и экономического знания: теория и практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Т. 2 / отв. ред. И. П. Подмаркова (Донецк, 17 мая 2018 г.). Донецк: Цифровая типография, 2018. С. 245–249. <https://www.elibrary.ru/xvtnmd>
14. Артемьев В. Б., Галкин В. А., Макаров А. М., Кравчук И. Л., Галкин А. В. Механизм предотвращения реализации опасной производственной ситуации // Уголь. 2016. № 5(1082). С. 73–77. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2016-5-73-77>
15. Черских О. И., Минаков В. С., Муштонина Е. А., Полещук М. Н. Подход к оценке уровня безопасности производства на горнодобывающем предприятии // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2022. Вып. 4. С. 156–164.

Статья поступила в редакцию 27 апреля 2024 года

Assessment of the economic effect of improving the technological process at a coal mining enterprise based on the criterion of production risk

Vasily Sergeevich MINAKOV^{1*}

Tat'yana Aleksandrovna KORKINA^{2**}

Ekaterina Aleksandrovna MUSHTONINA^{3***}

¹LLC "VGK", Shakhtersk, Ulegorsk district, Sakhalin Region, Russia

²LLC "NII OGR", Chelyabinsk, Russia

³Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

⁴Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

⁵LLC "Solntsevsky coal mine", Shakhtersk, Ulegorsk district, Sakhalin Region, Russia

Abstract

Relevance. Improving the technological process at enterprises is one of the main ways to improve the quality and quantity of products, which is necessary to ensure their sustainable competitive position. Existing methods for substantiating the effectiveness of decisions to improve the technological process at coal mining enterprises are based, as a rule, on traditional approaches to evaluating investment projects. These methods are not sufficiently adapted to the conditions of mining enterprises, since they do not take into account the presence of deviations of the actual parameters of technological processes from standard values, as well as their features such as high dynamism, and, consequently, the uncertainty of the internal environment and the high danger of production.

The purpose of the study is to develop a methodology for assessing the economic effect of improving the technological process at a coal mining enterprise based on the criterion of production risk.

Research methods. The study was carried out using systemic, process approaches, and the principles of risk management theory. When developing a methodology for assessing the economic effect of improving the technological process, methods of analysis, synthesis, deduction, induction, and comparison were used; when testing it, methods of expert assessments, modeling, and statistical analysis are used.

Results of the work. A methodology for assessing the economic effect of improving the technological process at a coal mining enterprise on the criterion of production risk, based on the identification of hazardous production situations, an expert assessment of their likelihood and the severity of socio-economic consequences, as well as a comparison of the average probable economic damage before and after the measures for improvements have been proposed. Testing of the proposed methodology in the conditions of LLC "Solntsevsky Coal Mine" confirmed its validity and the possibility of using it to predict the average probable economic damage for an enterprise depending on the state of the technological process.

Conclusions. The developed methodology and the modeling performed with its help made it possible to establish that the relationship between the level of production risk, reflecting both the risk of direct economic losses and personnel injury, is described by an exponential function. The use of the methodology makes it possible to increase the validity of measures to improve the technological process at coal mining enterprises.

Keywords: production risk, economic effect, coal mining enterprise, technological process.

REFERENCES

1. Yakovlev V. L., Kilin A. B., Galkin V. A., Makarov A. M. 2021, Concept of a system for continuous improvement of the open-pit coal mining production process. *Izvestiya TulaGU. Nauki o Zemle* [News of the Tula state university. Sciences of Earth], issue 4, pp. 489–500. (In Russ.) <http://doi.org/10.46689/2218-5194-2021-4-1-489-500>
2. Kostarev A. S. 2020, Assessment of reserves of innovative development of a coal-mining production association and the impact of organizational and economic relations on their use. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], issue 1 (57), pp. 208–217. (In Russ.) <http://doi.org/10.21440/2307-2091-2020-1-208-217>
3. Cherskikh O. I., Minakov V. S., Nazaryan S. A. 2023, Increasing the operational efficiency of a coal mine through digitalization of processes. *Ugol* [Coal], no. 3, pp. 79–84. (In Russ.) <http://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-79-84>
4. Velikoselsky A. V., Galkin A. V. 2014, Impact of risks of negative events on the economic performance of an enterprise. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii* [News of the Irkutsk State Economic Academy], no. 5, pp. 1–9. (In Russ.)
5. Syvorotkin A. N. 2004, Increasing the efficiency of using the resource potential of high-productivity mines based on standardization of production processes, PhD thesis. Moscow, 20 p. (In Russ.)

✉ minakovvs@eastmining.ru

** kort2005@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9555-2734>

** mushtoninaea@eastmining.ru

6. Azev V. A. 2012, Improving systems for organizing and planning production in conditions of intensive development of coal mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining information and analytical bulletin], no. 5, pp. 25–40. (In Russ.)
7. 2022, Labor market in the coal industry (professional profile) / I. A. Voloshina [et al.]. Moscow, 147 p. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1845801> (In Russ.) <http://doi.org/10.12737/1845801>.
8. Fomicheva L. M., Pronskaya O. N., Arzamasova E. L., Fomin O. S., Kurennaya V. V. 2024, Modeling supply and demand on the labor market in Russian coal single-industry towns based on equilibrium theory. *Ugol'* [Coal], no. 2, pp. 39–46. (In Russ.)
9. Korkina T., Zakharov S., Loyko O. 2021, Technology Development of Coal Industry Enterprises and Professional Staff Development. Competitiveness and the Development of Socio-Economic Systems. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, vol. 105, pp. 199–204. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.04.21>.
10. Aven T. 2016, Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, vol. 253, issue 1, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
11. Aven T., Krohn B. S. 2014, A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 121, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.res.2013.07.005>
12. Sharokhina S. V., Shevchenko T. A., Erofeev A. L. 2023, Determination of the essence and classification of economic risks at the micro level. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Basic Research], no. 5, pp. 66–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/fr.43461>
13. Solovyova I. P., Ignatiev A. I., Asaeva T. A. 2018, Problems of assessing production risks. Current problems of legal and economic knowledge: theory and practice: materials of the International scientific-practical conference, vol. 2. Donetsk, pp. 245–249. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/xvtnmd>
14. Artemyev V. B., Galkin V. A., Makarov A. M., Kravchuk I. L., Galkin A. 2016, Mechanism for preventing the occurrence of a hazardous production situation. *Ugol'* [Coal], no. 5 (1082), pp. 73–77. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2016-5-73-77>
15. Cherskikh O. I., Minakov V. S., Mushtonina E. A., Poleshchuk M. N. 2022, Approach to assessing the level of production safety at a mining enterprise. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* [News of the Tula state university. Sciences of Earth], issue 4, pp. 156–164. (In Russ.)

The article was received on April 27, 2024