

## МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА В ШАХТНОМ И ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е.Ю. Куликова  
НИТУ «МИСиС»

**Аннотация:** Интегральная оценка риска в шахтном/подземном строительстве на основе анализа комплексного состояния природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземный объект – окружающая среда» очень важна для оптимизации строительства по критерию качества принятой технологии. Эта оценка приобретает особый статус для определения потенциальной опасности горно-строительного производства в целом, без детализации риска строительных процессов. Таким образом, оценка интегрального риска позволяет определить уровень безопасности шахтного или горно-строительного производства. Главной задачей оценки является такое варьирование начальными параметрами объекта шахтного/подземного строительства, чтобы выполнялось требование обеспечения допустимости интегрального риска. Изменение каждого изначального параметра сопряжено с выработкой мероприятий по минимизации риска. Показана методика оценки интегрального риска с учетом прямых ущербов горного предприятия или горно-строительной организации. Эта методика основана на системе формальных и экспертных процедур, составляющих комплексную оценку риска и имеет широкую область применения в части оценивания. Методика представляет собой системный подход к обеспечению безопасности природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда». При этом методика позволяет спрогнозировать влияние некоторых условий, приводящих к возникновению опасных событий при шахтном или горно-строительном производстве. Этот прогноз не составляет основную суть методики, но позволяет рационально организовать функционирование горного производства, предотвратить несчастные случаи и минимизировать убытки и экономический ущерб предприятия. Методика может осуществляться по двум направлениям – по бинарной структуре и по статистическому распределению ущерба.

**Ключевые слова:** риск, интегральная оценка, матрица свертки, ущерб, распределение, управление рисками.

**Для цитирования:** Куликова Е.Ю. Методика интегральной оценки риска в шахтном и подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 124–133. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-124-133.

### Methods of forming an integral risk assessment in mine and underground construction

E.Yu. Kulikova  
NUST «MISiS», Moscow, Russia

**Abstract:** Integrated assessment of the quality of mine / underground construction, taking into account the complex indicator of the state of the natural and technical geosystem “rock mass –

technology – underground object – environment” is very important for optimizing construction according to the quality criterion of the adopted technology. This assessment takes a special place in determining the potential danger that exists in the mining and construction industry, if it is necessary to assess the risk integrally, without going into the details of the construction processes. Thus, the assessment of integral risk allows determining the level of safety of mining and construction production. The main objective of the assessment is to change the primary parameters of the mine/ underground construction object in such a way that the value of the integral risk becomes acceptable. Changing each primary parameter is associated with the development of measures to minimize the risk. The article shows methods of integral risk assessment taking into account direct damages of a mining enterprise or construction organization. The method of forming an integrated risk assessment is based on the methodology of integrated assessments, which defines a system of formal and expert procedures and can be applied to a wide class of assessment tasks. The method is a systematic approach to ensuring the safety of the natural and technical geosystem “rock mass – technology – underground object – environment”. At the same time, the method allows predicting the impact of certain conditions that lead to the occurrence of dangerous events in the mine or mining and construction industry. This forecast does not constitute the main essence of the methodology, but allows you to rationally organize the functioning of mining production, prevent accidents and minimize losses and economic damage to the enterprise. The methodology can be implemented in two directions – the binar structure and the statistical distribution of damage.

**Key words:** risk, integral assessment, convolution matrix, damage, distribution, risk management.

**For citation:** Kulikova E.Yu. Methods of forming an integral risk assessment in mine and underground construction. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2–1):124-133. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-124-133.

## **Введение**

Интегральная оценка риска представляет собой количественную оценку общего уровня риска без детализации отдельных событий.

При оценке рисков существует принцип их позитивности, показывающий, что интегральный показатель риска не превышает уровня его приемлемости. В шахтном/подземном строительстве этот принцип трансформируется в принцип «результативности» проекта, под которой понимается положительный эффект осуществления последнего. Иными словами, совокупность получаемых результатов при освоении подземного пространства для конкретных целей с учетом всех рисков должна превысить ожидаемые совокупные затраты, требуемые для реализации данного проекта [1 – 4].

Методика формирования интегральной оценки риска основана на системе

формальных и экспертных процедур для обширного спектра задач оценивания [5].

## **Методика оценки интегрального риска по бинарной структуре**

Методика может быть представлена следующим образом [1, 2, 5, 6]. Выберем ряд параметров  $\{a_i\}$  для объекта шахтного или подземного строительства, подлежащего комплексному оцениванию и будем их попарно сравнивать с помощью матриц свертки первого, затем второго, третьего и т.п. уровней. Попарное сравнение осуществляется до тех пор, пока не получим характеристику, представляющую собой комплексную оценку подземного объекта.

Таким образом, в процедуре комплексного оценивания безопасности подземного объекта фигурируют пары, наиболее характерные для данного объекта, и соответствующие им матрицы

свертки, которые формируются таким образом, чтобы значения оценок на низшем уровне давали возможность получить оценки заданных характеристик на всех уровнях.

Следовательно, комплексно оценить безопасное с точки зрения рисков состояние объекта подземного/шахтного строительства можно за счет пошагового сравнения показателей по  $N$  критериям, причем сравнение на каждом из шагов осуществляется только по двум критериям. Именно в этом случае обеспечивается устойчивость подаваемой информации (согласно теории бинарности) и нейтрализуется человеческий фактор как основной источник возникновения риска. То есть при проектировании подземного/шахтного объекта технологические параметры выбираются через процедуру свертки по двум критериальным свойствам, что дает возможность выработать оптимальную стратегию строительства для конкретных условий.

Предложенная методика представляет собой системный подход к обеспечению безопасности природно-технической геосистемы «порodный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» и является базовой для комплексного оценивания подземных/шахтных объектов с учетом специфики проектов строительства и механизма управления рисками.

Согласно источникам [1, 2, 5–7] процедура оценивания (при наличии постоянных исходных данных и дерева оценок, логические матрицы свертки которого аккумулируют информацию из матриц предыдущего слоя) включает:

- нормирующие преобразования;
- определение вида, параметров частных функций оценки и оценочных шкал с учетом методов их перехода от непрерывных к дискретным значениям;
- выбор типа свертки.

Нештатную или аварийную ситуацию в подземном/шахтном строительстве могут сформировать экономический ( $a_1$ ), экологический ( $a_2$ ) и социальный риски [8–10]. Последний определяется вероятностью возникновения несчастных случаев, вплоть до летального исхода ( $a_3$ ) и ухудшением условий работы персонала ( $a_4$ ) (рис. 1).

Логические матрицы свертки будут выстраиваться из обобщенных оценок:

- экономического и экологического риска (материальный риск);
- вероятности несчастных случаев на объектах строительства и ухудшения условий работы персонала (социальный риск).

Объединение обобщенных оценок материального и социального рисков представляет собой интегральную оценку риска (рис. 2) [1–3, 5, 7, 9], позволяющую судить о величине ущерба на объектах шахтного/подземного строительства и выработать меры по минимизации рисков на этих объектах.

Таким образом, методика позволяет спрогнозировать влияние некоторых внешних условий, приводящих к возникновению опасных событий при шахтном или горно-строительном производстве. Этот прогноз не составляет ее основную суть, но позволяет рационально организовать функционирование горного производства, предотвращать несчастные и штатные случаи и минимизировать убытки и экономический ущерб горного предприятия или строительной организации.

Интегральная оценка риска часто выражается через оценивание ущерба и вероятности его возникновения на конкретном участке строительства, при этом каждому типу ущерба соответствует распределение вероятностей его возможных значений [10–16].



Рис. 1. Бинарная структура дерева рисков для подземного объекта  
 Fig. 1. Binary structure of the risk tree for underground facility



Рис. 2. Логические матрицы свертки  
 Fig. 2. Logical convolution matrices

Задача решается с применением логических матриц свертки [1, 5, 7].

Исходя из допущения, что ущербы различных типов — независимые случайные величины, получим для материального ущерба:

- оценка 1 — незначительный ущерб (при незначительных экономическом и экологическом ущербах, а также при условии, что экологический ущерб принимает незначительные величины, а экономический ущерб существенен):

$$q_{11} = p_{11}p_{21} + p_{12}p_{21}$$

- оценка 2 — ощутимый ущерб:

$$q_{12} = p_{11}p_{22} + p_{11}p_{23} + p_{12}p_{22} + p_{13}p_{21}$$

- оценка 3 — существенный ущерб:

$$q_{13} = p_{12}p_{23} + p_{13}p_{22} + p_{13}p_{23}$$

для социального  $q_{2j}$  ущерба:

- $q_{21} = p_{31}p_{41} + p_{32}p_{41} + p_{31}p_{42} + p_{32}p_{42}$

- $q_{22} = p_{31}p_{43} + p_{33}p_{41}$

- $q_{23} = p_{32}p_{43} + p_{33}p_{42} + p_{33}p_{43}$

где  $q_{1j}$  — оценка  $j$  материального ущерба.

Распределение вероятностей возможных значений интегрального ущерба  $Q_j$  [1, 5] получают в результате интеграции значений материального и социального ущербов, а интегральный риск рассчитывается как среднее значение интегральных оценок ущерба:

$$Q_1 = q_{11}(q_{21} + q_{22})$$

$$Q_2 = q_{11}q_{23} + q_{12}q_{22} + q_{12}q_{21}$$

$$Q_3 = q_{12}p_{23} + q_{13}q_{23} + q_{13}q_{22} + q_{13}q_{21}$$

$$R = 1 \cdot Q_1 + 2 \cdot Q_2 + 3 \cdot Q_3$$

В подземном/шахтном строительстве такой подход не всегда оправдан, так как аварийное или нештатное событие может развиваться по нескольким сценариям, которым присущ определенный ущерб, но ущербы каждого из сценариев не являются независимыми случайными величинами. Поэтому зачастую используется сценарный подход.

2. Сценарный подход к интегральному оцениванию риска

Интегральная оценка ущерба  $K_j$  может быть получена и при наличии нескольких сценариев развития события. При этом риск определится как:

$$R = \sum_{j=1}^m Q_j j, \quad (1)$$

где  $m$  — число возможных значений оценок интегрального ущерба;  $Q_j$  — возможные значения оценки интегрального ущерба для  $j$ -го варианта.

Описанная зависимость в шахтном/подземном строительстве наглядно может быть описана следующими возможными сценариями (рис. 3) [5].

Первый вариант сценария (рис. 3, А) представляет функции распределения небольшой величины ущерба, связанного с отказами проходческого щита (например, выход из строя дисков и т. п.) и другими мелкими, быстро устранимыми и малозатратными неполадками.

Проявление максимального ущерба характеризуется минимальной вероятностью и связано с потенциальными нештатными (аварийными) ситуациями (например, перекося щита, его разрушение толщей обрушившейся породы, переборы грунта по вине оператора щита и т. п.). На рис. 3 эта область показана в правой части диаграммы.

Второй вариант сценария (рис. 3, Б) описывает суммарный ущерб в течение одного временного отрезка (года).

При этом построение диаграммы имеет следующую последовательность [1 — 3, 5, 7, 11 — 19]:

- на горизонтальной оси отмеряют равные интервалы;
- в выделенном интервале отмечают нежелательные события, произошедшие в течение одного года, и соотносят их с величиной вызванного ими ущерба;
- для этого же интервала, а затем и для всех выделенных интервалов, оценивается количество случаев, приведших к ущербу (причем оцениваются даже единичные случаи ущерба), а затем это количество соотносится с общим числом случаев ущерба за оцениваемый период.

Как следует из анализа диаграммы в какой-то момент времени вероятность незначительного ущерба снижается, при этом наиболее вероятное значение ущерба достигает максимума, что может свидетельствовать о неполноте или недостоверности данных о внешней среде. В этом случае зависимость «вероятность — ущерб» принимает интегральную форму, а аппроксимация этой зависимости описывается нормальной функцией распределения (рис. 4).

В отличие от отказов и аварий технических систем при шахтном и подземном строительстве, природные и техногенные процессы описываются экспоненциальным распределением Больцмана. Также при анализе природных рисков (землетрясения, наводнения) часто используется распределение Парето. Этот факт необходимо четко осознавать, так как функции распределения ущерба играют важную роль для выработки стратегии управления риском.

Пример стратегических решений для различных событий показан в табл. 1 [1, 5, 7].

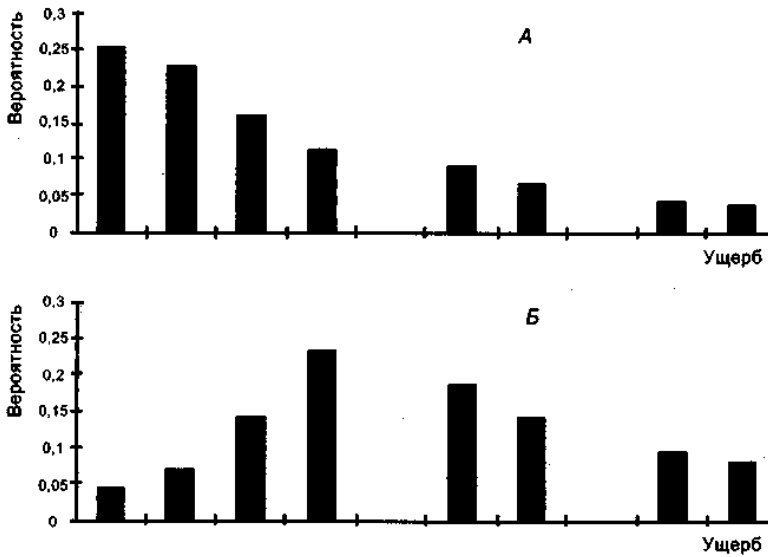


Рис. 3. Зависимость «вероятность – ущерб»: А – для отдельных событий; Б – для убытков, суммированных в течение года  
 Fig. 3. “Probability – damage” relationship: A – for individual events; B – to losses are summarized in the course of the year

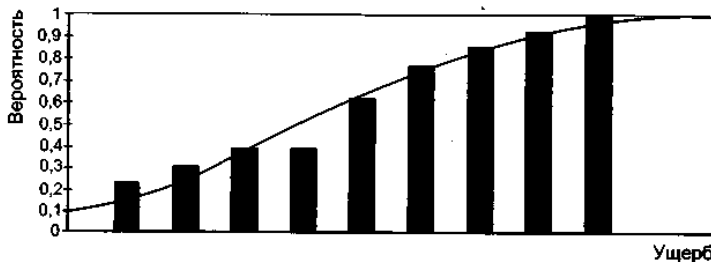


Рис. 4. Интегральная зависимость «вероятность – ущерб»  
 Fig. 4. Integral dependence “probability-damage”

### Заключение

1. Предложенная методика интегральной оценки риска в шахтном/подземном строительстве базируется на тщательном учете величин ущерба или убытков, проявившихся в результате ведения работ и при соответствующих технологиях.

2. Незначительные отказы при строительстве горного или горно-строительного объекта приводят к небольшим и частым убыткам, которые легко

предсказуемы и могут оцениваться как риски среднего уровня.

3. В горной и горно-строительной практике крайне важно рассматривать события, сопровождающиеся возникновением средних по величине и относительно редких по проявлению ущербов, что характерно для оценки надежности технических систем. Риск при этом может соответствовать среднему уровню, если представляется возможность спрогнозировать потенциальные

Таблица 1

**Стратегические решения по управлению риском в зависимости от ущерба**  
**Risk management decisions according to the type of loss**

Характеристики ущерба	Типы ущербов			
	Обычный	Малый	Средний	Большой
Частота возникновения	Очень высокая	Высокая	Низкая	Очень низкая
Размер	Малый	Небольшой	Средний	Большой
Предсказуемость	Очень высокая	Разумная в течение года	Разумная в течение 10 лет	Минимальная
Показатели риска, которые следует принимать в расчет	Средние	Средние	Средние и предельные	Предельные
Последствия для горного предприятия или горно-строительной организации	Весьма незначительные	Незначительные	Серьезные	Катастрофические
Управленческое решение	Управляющих действий не требуется	Самострахование, минимизация риска	Минимизация риска, частичное страхование	Страхование

ущербы для природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» на ближайшие 5—10 лет. Прогноз ущербов в последующие годы жизненного цикла геосистемы требует введения поправки на их максимальную величину, которая когда-либо имела место.

4. Максимально приемлемый размер ущерба ставится во главу угла при принятии решений по минимизации геотехнического риска на горном или горно-строительном производстве при возникновении катастрофиче-

ских ситуаций с частотой, сравнимой с жизненным циклом формируемой природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда».

5. Предложенное методическое обеспечение для оценки рисков при подземном строительстве актуально при реализации образовательных программ высшего и дополнительно профессионального образования подготовки горных инженеров для обеспечения формирования специальных профессиональных компетенций [20—23].


## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлов Н.В. Управление риском. — М.: ЮНИТИ-Дана, 1999. — 239 с.
2. Деньга В.С., Котельников Н.Ю., Полупорный А.В. Экологическое страхование в топливно-энергетическом комплексе. — М.: Газоил пресс, 1998. — 120 с.
3. Алымов В.Т., Крпачтов В.П., Тарасова Н.П. Анализ техногенного риска. — М.: Центр «Интеграция», 1999. — 160 с.
4. Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Дзюбко С.И., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления безопасностью. Серия «Безопасность». — М.: СИНТЕГ, 2001. — 160 с.

5. *Буркова И.В., Толстых А.В., Уандыков Б.К.* Модели и методы оптимизации программ обеспечения безопасности // Проблемы управления. — 2005. — Выпуск 1. — С. 51–55.
6. *Мазур С.И.* Современные методы снижения экологического риска при строительстве и эксплуатации наземных объектов нефтегазотранспортных систем. — М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2001. — 82 с.
7. *Мазур И.М., Шапиро В.Д.* и др. Управление проектами. — М. — 2001. — 874 с.
8. *Меньшиков В.В., Швыряев А.А.* Опасные химические объекты и техногенный риск: учебное пособие. — М.: МГУ. — 2003. — 254 с.
9. *Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Коликов К.С.* Управление аэрологическими рисками при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 85–94. DOI: 10.25018/0236–1493–2020–6-0–85–94.
10. *Скопинцева О.В., Баловцев С.В.* Оценка влияния аэродинамического старения выработок на аэрологические риски на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6–1. — С. 74–83. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-74-83.
11. *Brillinger D.R.* Risk Analysis: Examples and Discussion, Applications of Statistics and Probabilities in Civil Engineering // Millpress, Rotterdam, the Netherlands. 2003.
12. *Carlsson Mats.* Management of geotechnical risks in infrastructure projects. Division of Soil and Rock Mechanics Department of Civil and Architectural Engineering // Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2005.
13. *Clayton C.R. I.* Managing Geotechnical Risk: Time for Change // Journal of Geotechnical Engineering. 2001. Vol. 149. The Institution of Civil Engineers, London, United Kingdom.
14. *Hebblewhite B.K.* Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management. J Wesseloo (ed.). // Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk. 2019. Pp. 299–308, Australian Centre for Geomechanics, Perth.
15. *Restrepo J., Luxbacher K., Ripepi N., Schafrik S., Kirsch P., Shi M., Mitra R. & Hebblewhite B.* Barriers and incentives: the application of comprehensive risk management in the US underground coal mining industry, Society for Mining, Metallurgy and Exploration Annual Meeting, Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Englewood. 2015, pp. 285–290.
16. *Пелипенко М.В., Баловцев С.В., Айнбиндер И.И.* К вопросу комплексной оценки рисков аварий на рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 11. — С. 180–192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192.
17. *Hebblewhite B.K.* Management of core geotechnical risks for underground mining projects // Mining Risk Management Conference. 2003. Pp. 5, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
18. *Mishra R.K.* Geotechnical Risk classification for underground mines / *Mishra R.K. and Rinne M.* // De Gruyter open. 2015. No. 60. Pp. 51–60.
19. Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines / *Mishra R.K., Janiszewski M., Uotinen L.K. T., Szydłowska M., Siren T. and Rinne M.* // Procedia Engineering. 2017. No. 191. Pp. 361–368.
20. *Петров В.Л.* Подготовка горных инженеров-обогащителей в российских вузах // Цветные металлы. — 2017. — № 7. — С. 14–19. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.02.
21. *Петров В.Л.* Федеральное учебно-методическое объединение «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» — новый этап сотрудничества государства, академического сообщества и промышленности // Горный журнал. — 2016. — № 9. — С. 115–119. DOI: 10.17580/gzh.2016.09.23.



22. Климов И.Ю. Анализ эффективности реализации компетентностного подхода в программе опережающего обучения горнодобывающей компании // Горные науки и технологии. – 2020. № 5(1). – С. 56–68. <https://doi.org/10.17073/2500–0632–2020–1-56–68>.

23. Puchkov L.A., Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia // Eurasian Mining. 2017. No 2. Pp. 57–60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14. 

## REFERENCES

1. Khokhlov N.V. *Upravleniye riskom* [Risk Management]. Moscow: UNITY-Dana, 1999, 239 p. [In Russ].

2. Den'ga V.S., Kotelnikov N. Yu., Polutorny A.V. *Ecologiycheskoye strakhovaniye v toplivno.-energetivheskom komplexe* [Environmental insurance in the fuel and energy complex]. M.: Gazoil Press, 1998, 120 p. [In Russ].

3. Alymov V.T., Krapchatov V.P., Tarasova N.P. *Analiz tekhnogennogo riska* [Analysis of technogenic risk]. M.: Center "Integration", 1999, 160 p. [In Russ].

4. Burkov V.N., Gratsiansky E.V., Dziubko S.I., Schchepkin A.V. *Modeli i mekhanizmy upravleniya bezopasnostiu* [Models and mechanisms of safety management]. Series "Safety" – Moscow: SINTEG, 2001, 160 p. [In Russ].

5. Burkova I.V., Tolstykh A.V., Wandykov B.K. *Modely i metody optimizacii problem bezopasnosti* [Models and methods of optimization of safety programs] // Management Problems, 2005, issue 1, pp. 51–55. [In Russ].

6. Mazur S.I. *Sovremenniy metody snizheniya ekologicheskogo riska pri stoitel'stve i exploatacii naztmnykh ob'ektov nefetrnsportnykh system* [Modern methods of reducing environmental risk in the construction and operation of ground-based oil and gas transportation systems]. – Moscow: JSC "VNIIOENG", 2001, 82 p. [In Russ].

7. Mazur I.M., Schapiro V.D., etc *Upravlenie proectami* [Project management]. Moscow: 2001, 874 p. [In Russ].

8. Menshikov V.V., Schvyriayev A.A. *Opasniye khimicheskiye ob'ekty i technogenny risk* [Dangerous chemical objects and technogenic risk]: Sudy. Manual. – Moscow: MSU, 254 p. [In Russ].

9. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V., Kolikov K.S. Aerological risk management in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6):85–94. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236–1493–2020–6-0–85–94

10. Skopintseva O.V., Balovtsev S.V. Evaluation of the influence of aerodynamic aging of production on aerological risks on coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6–1):74–83. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-74-83.

11. Brillinger D.R. Risk Analysis: Examples and Discussion, Applications of Statistics and Probabilities in Civil Engineering. Millpress, Rotterdam, the Netherlands. 2003.

12. Carlsson Mats. Management of geotechnical risks in infrastructure projects. Division of Soil and Rock Mechanics Department of Civil and Architectural Engineering. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2005.

13. Clayton C.R. I. Managing Geotechnical Risk: Time for Change. *Journal of Geotechnical Engineering*. 2001. Vol. 149. The Institution of Civil Engineers, London, United Kingdom.

14. Hebblewhite B.K. Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management. J Wesseloo (ed.). Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk. 2019. Pp. 299–308, Australian Centre for Geomechanics, Perth.

15. Restrepo J., Luxbacher K., Ripepi N., Schafrik S., Kirsch P., Shi M., Mitra R. & Hebblewhite B. Barriers and incentives: the application of comprehensive risk management in the US underground coal mining industry, Society for Mining, Metallurgy and Explo-

ration Annual Meeting, Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Englewood. 2015, pp. 285 – 290.

16. Pelipenko M.V., Balovtsev S.V., Aynbinder I.I. Integrated accident risk assessment in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 11, pp. 180 – 192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192. [In Russ].

17. Hebblewhite B.K. Management of core geotechnical risks for underground mining projects. Mining Risk Management Conference. 2003. Pp. 5, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.

18. Mishra R.K. and Rinne M. Geotechnical Risk classification for underground mines. *De gruyter open.* 2015. no. 60. Pp. 51 – 60.

19. Mishra R.K., Janiszewski M., Uotinen L.K. T. , Szydlowska M., Siren T. and Rinne M. Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines. *Procedia Engineering.* 2017. no. 191. Pp. 361 – 368.

20. Petrov V.L. Training of mineral dressing engineers at Russian Universities. *Tsvetnye Metally.* 2017, no. 7, pp. 14 – 19. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.02. [In Russ].

21. Petrov V.L. Federal training and guideline association on applied geology, mining, oil and gas production and geodesy. A new stage of government, academic community and industry cooperation. *Gornyi Zhurnal.* 2016, no. 9, pp. 115 – 119. DOI: 10.17580/gzh.2016.09.23. [In Russ]

22. Klimov I.Y. Analysis of Soft Skills-Based Approach Effectiveness in Advanced Training Program for Mining Company. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia).* 2020;5(1):56 – 68. (In Russ.) <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-1-56-68>.

23. Puchkov L.A., Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia. *Eurasian Mining.* 2017. no. 2. Pp. 57 – 60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Куликова Е.Ю. — доктор технических наук, профессор, кафедра «Безопасность и экология горного производства», [fragrante@mail.ru](mailto:fragrante@mail.ru), НИТУ «МИСиС».

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kulikova E.Yu., Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department “Safety and Ecology of Mining Production”, [fragrante@mail.ru](mailto:fragrante@mail.ru), NUST «MISiS», Moscow, Russia.

Получена редакцией 21.12.2020; получена после рецензии 12.01.2021; принята к печати 01.02.2021.

Received by the editors 21.12.2020; received after the review 12.01.2021; accepted for printing 01.02.2021.

