

EDN: XVEGWG

УДК 331.45

**Д. А. ДОСТОВАЛОВА<sup>а</sup>, Н. С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ<sup>б</sup>**<sup>а</sup> Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности,  
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация;<sup>б</sup> ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА

**Аннотация.** Целью работы является решение задачи прогнозирования параметров состояния производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон посредством оценки профессиональных рисков для выгрузчика на отвалах 2 разряда. В работе использовались аналитический, экспертный, расчетный и графический методы. В основе разработки сценариев используются протоколы инструментальных измерений вредных и опасных производственных факторов и предложения из утвержденного руководителем предприятия перечня мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда. На основании проведенных исследований предложено решение задачи оценки и снижения рисков возникновения опасных ситуаций при рекультивации породных отвалов. Наилучших результатов можно добиться, реализовав «Сценарий 10 (комплексный)», что приведет к снижению уровня профессионального риска на 92,8 %. Из сценариев, снижающих вредное воздействие только одного из факторов, наилучшими являются «Сценарий 1. Мероприятия для фактора «Химический фактор», «Физический фактор» «Пыль» и «Сценарий 2. Мероприятия для фактора «Шум» – снижение уровня профессионального риска на 50 % и 56 % соответственно.

**Ключевые слова:** рекультивация, условия труда, профессиональный риск, сценарий, иерархия, прогнозирование, породный отвал.

### ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Одним из основных элементов системы управления охраной труда является идентификация опасностей, представляющих угрозу жизни и здоровью работников, посредством управления профессиональными рисками. Процедура управления профессиональными рисками предусматривает несколько этапов и осуществляется с привлечением службы (специалиста) охраны труда, комитета (комиссии) по охране труда, работников или уполномоченных ими представительных органов [1].

Объектом оценки профессионального риска является рабочее место, где существует наибольшая вероятность утраты здоровья от воздействия на работников различных опасных и вредных факторов производственной среды и трудового процесса (химических, биологических, физических и факторов трудового процесса: тяжесть, напряженность).

Рекультивация нарушенных земель в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59057-2020 предполагает выполнение двух последовательных этапов: техническую рекультивацию и биологическую рекультивацию.

Технический этап рекультивации сопровождается воздействием на занятых работников таких опасных и вредных производственных факторов, как: высокая запыленность воздуха, повышенная интенсивность шума, инфразвука, вибрации, неблагоприятные микроклиматические условия, ультрафиолетовая и инфракрасная радиации, тяжесть труда. На биологическом этапе рекультивации на занятых работников воздействуют разнообразные химические вещества токсического, удушающего, раздражающего, канцерогенного характера действия.

Снижение уровня профессионального риска при рекультивации породных отвалов является актуальной задачей системы управления охраной труда угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий.



## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Прогнозирование профессиональных рисков является одной из основных целей создания безопасных условий труда. Так как профессиональный риск тесно связан с неопределенностью и вероятностными характеристиками параметров состояния производственной среды, опасными ситуациями и опасными зонами, оценка его заключается в систематическом использовании всей информации для идентификации опасностей и оценки риска нежелательных событий [2].

Технический этап рекультивации сопровождается воздействием на занятых работников таких опасных и вредных производственных факторов, как: высокая запыленность воздуха, повышенная интенсивность шума, инфразвука, вибрации, неблагоприятные микроклиматические условия, ультрафиолетовая и инфракрасная радиации, тяжесть труда. На биологическом этапе рекультивации на занятых работников воздействуют разнообразные химические вещества токсического, удушающего, раздражающего, канцерогенного характера действия [3].

### ЦЕЛЬ

Оценка и снижение рисков возникновения опасных ситуаций при рекультивации породных отвалов посредством прогнозирования параметров состояния производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Рассмотрим решение задачи снижения уровня профессионального риска при рекультивации породных отвалов на примере рабочего места выгрузчика на отвалах 2 разряда. Исходными данными являются результаты аттестации рабочего места выгрузчика на отвалах 2 разряда (табл. 1).

**Таблица 1** – Результаты оценки условий труда выгрузчика на отвалах 2 разряда по степени вредности и опасности

Факторы производственной среды и трудового процесса	Классы условий труда						
	оптимальный	допустимый	вредный				опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химические							+
Физические:							
пыль							+
шум				+			
вибрация			+				
инфразвук				+			
микроклимат летом		+					
микроклимат зимой							+
освещенность		+					
Психофизиологические:							
монотонность труда			+				
тяжесть труда					+		

Введем балльное обозначение классов условий труда для выгрузчика на отвалах 2 разряда (табл. 2).

**Таблица 2** – Шкала классов условий труда

Класс условий труда	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Балльное обозначение	1	2	3	4	5	6	7

Разработаем сценарии по каждому фактору производственной среды и трудового процесса, отнесенному к категории вредных или опасных по результатам оценки условий труда выгрузчика на отвалах 2 разряда. Выполним экспертное оценивание влияния сценариев на класс условий труда.

Составим прогнозы профессиональных рисков для каждого из сценариев, просуммировав балльные оценки воздействия сценариев с результатами аттестации рабочего места (текущее состояние) (табл. 3). Для удобства восприятия балльные значения переведены в обозначения классов условий труда.

Таблица 3 – Прогнозирование профессиональных рисков выгрузчика на отвалах 2 разряда

Сценарии	Химические факторы, Физический фактор пыль	Физические факторы (шум)	Физические факторы (вибрация)	Физические факторы (инфразвук)	Физические факторы (микроклимат летом)	Физические факторы (микроклимат зимой)	Физические факторы (освещенность)	Психофизиологические факторы (монотонность труда)	Психофизиологические факторы (тяжесть труда)
Текущее состояние	4	3.2	3.1	3.2	2	4	2	3.1	3.3
Сценарий 1	2	3.2	3.1	3.2	2	4	2	3.1	3.3
Сценарий 2	4	1	3.1	3.2	2	4	2	3.1	3.3
Сценарий 3	4	3.2	1	3.2	2	4	2	3.1	3.3
Сценарий 4	4	3.2	3.1	3.1	2	4	2	3.1	3.3
Сценарий 5	4	3.2	3.1	3.2	1	4	2	3.1	3.3
Сценарий 6	4	3.2	3.1	3.2	2	3.3	2	3.1	3.3
Сценарий 7	4	3.2	3.1	3.2	2	4	1	3.1	3.3
Сценарий 8	4	3.2	3.1	3.2	2	4	2	1	3.3
Сценарий 9	4	3.2	3.1	3.2	2	4	2	3.1	3.1
Сценарий 10	2	1	1	3.1	1	3.3	1	1	3.1

Используя метод сравнения альтернатив относительно стандартов, рассчитаем снижение уровня профессионального риска при реализации каждого из сценариев [4].

Присутствующие на данном рабочем месте вредные и опасные производственные факторы оцениваются с помощью матрицы парных сравнений, используя 9-бальную шкалу отношений. Оценке подлежат только те факторы, которые имеют оценку условий труда, относящуюся к категории вредной и (или) опасной, то есть имеющие показатели ниже 2 допустимого класса условий труда [4].

В таблице 4 представлена оценка опасности факторов для выгрузчика на отвалах 2 разряда.

Таблица 4 – Матрица парных сравнений оценок опасности факторов для выгрузчика на отвалах 2 разряда

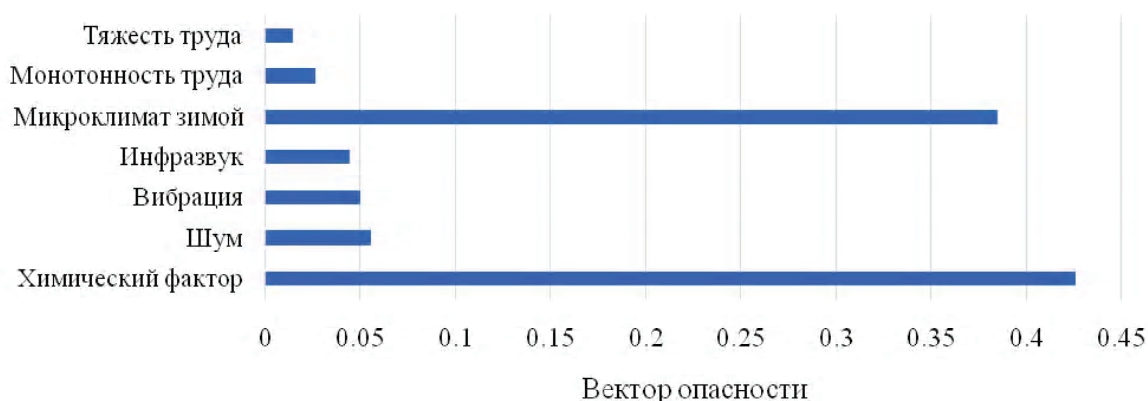
Факторы	Химические факторы, Физический фактор пыль	Физические факторы (шум)	Физические факторы (вибрация)	Физические факторы (инфразвук)	Физические факторы (микроклимат зимой)	Психофизиологические факторы (монотонность труда)	Психофизиологические факторы (тяжесть труда)
1	2	3	4	5	6	7	8
Химические факторы, Физический фактор пыль	1	5	3	5	1	3	7
Физические факторы (шум)	1/5	1	3	1	1/2	3	1/2
Физические факторы (вибрация)	1/3	1/3	1	3	1/5	1	5
Физические факторы (инфразвук)	1/5	1	1/3	1	1/3	3	3
Физические факторы (микроклимат зимой)	1	5	2	3	1	5	7
Психофизиологические факторы (монотонность труда)	1/3	1/3	1	1/3	1/5	1	3
Психофизиологические факторы (тяжесть труда)	1/7	5	1/5	1/3	1/7	1/3	1

Для расчета вектора приоритетов используется среднегеометрический подход [3]. Значения вектора приоритетов факторов (оценки относительной опасности), рассчитанные как нормированный вектор среднегеометрических значений строк, представлены в табл. 5.

**Таблица 5** – Вектор приоритетов факторов (оценки относительной опасности) для выгрузчика на отвалах 2 разряда

Факторы производственной среды и трудового процесса	Оценка опасности
Химические факторы, Физический фактор пыль	0,42573
Физические факторы (шум)	0,05535
Физические факторы (вибрация)	0,04989
Физические факторы (инфразвук)	0,04391
Физические факторы (микроклимат зимой)	0,38469
Психофизиологические факторы (монотонность труда)	0,02590
Психофизиологические факторы (тяжесть труда)	0,01453
Σ	1

Графически оценка относительной опасности факторов производственной среды и трудового процесса может быть представлена в виде гистограммы, изображенной на рис. 1, где очевидно видна наибольшая значимость профессиональных рисков от воздействия химических факторов, пыли и микроклимата зимой на рабочем месте. В меньшей степени, но относящиеся к категории вредных, являются профессиональные риски от воздействия шума, вибрации, инфразвука.



**Рисунок 1** – Оценка относительной опасности факторов для выгрузчика на отвалах 2 разряда.

Оценка опасности сценариев по каждому фактору производится по шкале стандартов для классов условий труда (табл. 6). Оценки шкалы выставлены в соответствии с предположением, что опасности условий труда возрастают в геометрической прогрессии при возрастании класса условий труда.

**Таблица 6** – Шкала стандартов для классов условий труда

Класс условий труда	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Балльное обозначение	1	2	4	8	16	32	64

Для текущего состояния (табл. 1) и предлагаемых сценариев проставляются оценки в соответствии со шкалой стандартов (табл. 6). Далее оценки по каждому фактору нормируются. Результаты для всех сценариев и факторов представлены в табл. 7.

Расчет оценки опасности сценариев, снижения уровня профессионального риска, для выгрузчика на отвалах 2 разряда представлен в табл. 8.

Таблица 7 – Оценки опасности сценариев по факторам для выгрузчика на отвалах 2 разряда

Сценарии	Химические факторы, Физический фактор пыль	Физические факторы (шум)	Физические факторы (вибрация)	Физические факторы (инфразвук)	Физические факторы (микроклимат зимой)	Психофизиологические факторы (монотонность труда)	Психофизиологические факторы (тяжесть труда)
Текущее состояние	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 1	0,00344	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 2	0,11034	0,01351	0,01351	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 3	0,11034	0,10810	0,10810	0,02631	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 4	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 5	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 6	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,02631	0,10521	0,10526
Сценарий 7	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,10526
Сценарий 8	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,02631	0,10526
Сценарий 9	0,11034	0,10810	0,10810	0,10526	0,10526	0,10526	0,02631
Сценарий 10	0,00344	0,01351	0,01351	0,02631	0,02631	0,02631	0,02631

Таблица 8 – Оценки опасности сценариев снижения уровня профессионального риска для выгрузчика на отвалах 2 разряда

Название сценария	Оценка опасности сценария
Текущее состояние	0,12440
Сценарий 1	0,06220
Сценарий 2	0,05414
Сценарий 3	0,09427
Сценарий 4	0,12440
Сценарий 5	0,12440
Сценарий 6	0,09427
Сценарий 7	0,12440
Сценарий 8	0,09427
Сценарий 9	0,09427
Сценарий 10	0,00893
Σ	1

Оценки опасности сценариев (табл. 8) являются основой для расчета интегрального показателя уровня профессионального риска  $R_p$  [2]:

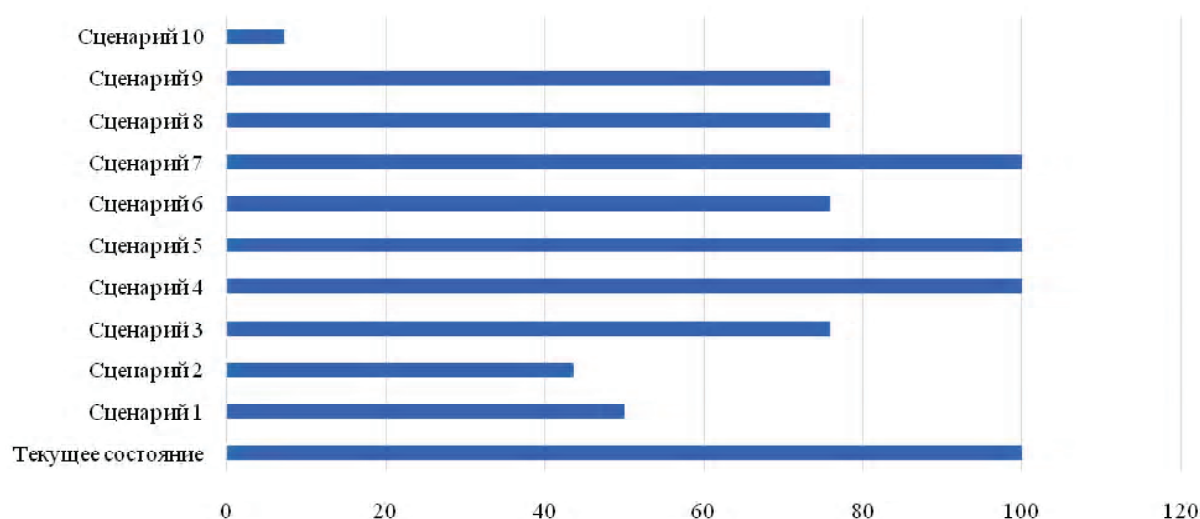
$$R_p = \frac{W_i}{\max(W_i)} \cdot 100\%,$$

где  $W_i$  – оценка опасности  $i$ -го сценария;  
 $\max(W_i)$  – максимальная оценка опасности среди всех сценариев (предполагая, что все сценарии будут направлены на улучшение параметров состояния производственной среды).

Для удобства расчетов за основу принимается интегральный показатель уровня профессионального риска, который может быть рассчитан на каждый из разработанных сценариев.

**Таблица 9** – Результаты расчета интегрального показателя уровня профессионального риска для выгрузчика на отвалах 2 разряда

Название сценария	Интегральный показатель уровня профессионального риска $R_p$ , %
Текущее состояние	100,00
Сценарий 1	50,00
Сценарий 2	43,53
Сценарий 3	75,79
Сценарий 4	100,00
Сценарий 5	100,00
Сценарий 6	75,79
Сценарий 7	100,00
Сценарий 8	75,79
Сценарий 9	75,79
Сценарий 10	7,18



**Рисунок 2** – Результаты сравнения интегрального показателя уровня профессионального риска по сценариям для выгрузчика на отвалах 2 разряда.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований предложено решение задачи оценки и снижения рисков возникновения опасных ситуаций при рекультивации породных отвалов.

Наилучших результатов можно добиться, реализовав «Сценарий 10 (комплексный)», что приведет к снижению уровня профессионального риска на 92,8 %. Из сценариев, снижающих вредное воздействие только одного из факторов, наилучшими являются «Сценарий 1. Мероприятия для фактора «Химический фактор», «Физический фактор» «Пыль» и «Сценарий 2. Мероприятия для фактора «Шум» – снижение уровня профессионального риска на 50 и 56 % соответственно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда : Приказ Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР от 28.02.2019 г. № 138 : зарегистрирован № 3051 от 19 марта 2019 г. – Текст : электронный // gisnpa-dnr.ru : [сайт]. – 2019. – URL: <https://gisnpa-dnr.ru/npa/0105-138-20190228/> (дата обращения: 01.03.2023).

2. Масюкова, Л. В. Прогнозирование параметров производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон посредством оценки профессиональных рисков в строительстве : специальность 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Масюкова Любовь Васильевна. – Волгоград, 2011. – 293 с. – Текст : непосредственный.
3. Самохвалов, Ю. Я. Экспертное оценивание. Методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – Киев : Видавництво ДУИКТ, 2007. – 362 с. – Текст : непосредственный.
4. Weighted Maximum Likelihood for Dynamic Factor Analysis and Forecasting with Mixed Frequency / F. Blasques, J. Koopman, M. Mallee [et al.]. – Текст : непосредственный // Journal of Econometrics. – 2016. – Volume 193 (2): 405–17. – P. 185–189.
5. Research and development intensity in business: Russia and EU / V. M. Dzhukha, A. N. Kokin, A. S. Li [et al.]. – Текст : непосредственный // European Research Studies Journal. – 2017. – Volume 20, № 1. – P. 64–764.
6. Pollution extents of organic substances from a coal gangue dump of Jiulong Coal Mine / Y. Sun, J. Fan, P. Qin [et al.]. – Текст : непосредственный // Environ Geochem Health. – 2009. – Volume 31(1). – P. 81–89.

Получена 10.03.2023

Принята 21.04.2023

Д. О. ДОСТОВАЛОВА <sup>a</sup>, М. С. ПОДГОРОДЕЦЬКИЙ <sup>b</sup>  
ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ ПРИ  
РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ

<sup>a</sup> Макіївський науково-дослідний інститут безпеки праці в гірничодобувній промисловості, м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація; <sup>b</sup> ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

**Анотація.** Метою роботи є вирішення завдання прогнозування параметрів стану виробничого середовища, небезпечних ситуацій та небезпечних зон у вигляді оцінки професійних ризиків для вивантажувача на відвалах 2 розряду. У роботі використовувалися аналітичний, експертний, розрахунковий та графічний методи. В основі розробки сценаріїв використовуються протоколи інструментальних вимірювань шкідливих та небезпечних виробничих факторів та пропозиції із затвердженого керівником підприємства переліку заходів щодо покращення та оздоровлення умов праці. Найкращих результатів можна досягти, реалізувавши «Сценарій 10 (комплексний)», що приведе до зниження рівня професійного ризику на 92,8 %. Зі сценаріїв, що знижують шкідливий вплив лише одного з факторів, найкращими є «Сценарій 1. Заходи для фактора «Хімічний фактор», «Фізичний фактор» «Пил» та «Сценарій 2. Заходи для фактора «Шум» – зниження рівня професійного ризику на 50 та 56 % відповідно.

**Ключові слова:** рекультивация, умови праці, професійний ризик, сценарій, ієрархія, прогнозування, породний відвал.

DARYA DOSTOVALOVA <sup>a</sup>, NICHOLAS PODGORODETSKY <sup>b</sup>  
FORECASTING THE LEVEL OF OCCUPATIONAL RISK DURING THE  
RECLAMATION OF A ROCK DUMP

<sup>a</sup> Makeevka Research Institute for Mining Safety, DPR, Russian Federation; <sup>b</sup> FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the work is to solve the problem of predicting the parameters of the state of the production environment, hazardous situations and hazardous areas by assessing occupational risks for an unloader on dumps of the 2nd category. Analytical, expert, computational and graphical methods were used in the work. The development of scenarios is based on the protocols of instrumental measurements of harmful and hazardous production factors and proposals from the list of measures approved by the head of the enterprise to improve and improvements working conditions. Based on the studies, a solution to the problem of assessing and reducing the risks of hazardous situations during the reclamation of rock dumps is proposed. The best results can be achieved by implementing «Scenario 10 (complex)», which will lead to a reduction in the level of occupational risk by 92.8 %. Of the scenarios that reduce the harmful effects of only one of the factors, the best are «Scenario 1. Measures for the «Chemical factor», «Physical factor» «Dust» and «Scenario 2. Measures for the «Noise» factor – reducing the level of occupational risk by 50 and 56 % respectively.

**Keywords:** reclamation, working conditions, occupational risk, scenario, hierarchy, forecasting, rock dump.

**Достовалова Дарья Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории рудничной пыли, аспирант Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности, г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: исследование химического состава сбрасываемых шахтных вод Донбасса, разработка технологической схемы очистки шахтных вод с перспективой их повторного использования в народном хозяйстве. Исследование процесса горения и химического состава породы шахтных отвалов Донбасса и их воздействия на окружающую среду с целью разработки технологии их газификации, утилизации тепловой энергии, а также выщелачивания металлов из породы. Исследование возможности и разработка схемы рекультивации территории после утилизации породного отвала.

**Подгородецкий Николай Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: охрана труда в строительстве; повышение энергоэффективности управления измельчительным переделом промышленного сырья в строительстве; повышение эффективности ультразвуковых методов контроля и диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации строительных объектов.

**Достовалова Дар'я Олександрівна** – молодший науковий співробітник лабораторії рудничного пилу, аспірант Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості, м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: дослідження хімічного складу скидаються шахтних вод Донбасу, Розробка технологічної схеми очищення шахтних вод з перспективою їх повторного використання в народному господарстві. Дослідження процесу *Sogenje* і хімічного складу породи шахтних відвалів Донбасу та їх впливу на навколишнє середовище з метою розробки технології їх газифікації, утилізації теплової енергії, а також вилуговування металів з породи. Дослідження можливості та розробка схеми рекультивації території після утилізації породного відвалу.

**Подгородецький Микола Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: охорона праці в будівництві; підвищення енергоефективності управління подрібнювальним переделом промислової сировини в будівництві; підвищення ефективності ультразвукових методів контролю і діагностики для забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів.

**Dostovalova Darya** – junior researcher at the Mine Dust Laboratory, a postgraduate student at the Makeevka Research Institute for Mining Safety. Scientific interests: research of the chemical composition of the discharged mine waters of Donbass, development of a technological scheme for the treatment of mine waters with the prospect of their reuse in the national economy. Investigation of the burning process and chemical composition of the rock of the Donbass mine dumps and their impact on the environment in order to develop a technology for their gasification, utilization of thermal energy, as well as leaching of metals from the rock. Investigation of the possibility and development of a scheme for re-cultivation of the territory after the disposal of the rock dump.

**Podgorodetsky Nicholas** – Ph. D. (Eng.), Professor, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: labor safety in construction; improve management efficiency crushing redistribution of industrial raw materials in construction; improving the efficiency of ultrasonic methods for monitoring and diagnostics to ensure safe operation of construction projects.