

УПРАВЛЕНИЕ АЭРОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ, ЛИКВИДАЦИИ И КОНСЕРВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

С.В. Баловцев¹, О.В. Скопинцева^{1,2}, К.С. Коликов¹

¹ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: Balovcev@yandex.ru

² Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГУ)

Аннотация: Актуальность разработки научно-обоснованной расчетно-методологической базы по оценке и управлению аэрологическими рисками обусловлена необходимостью увеличения интенсивности угледобычи, отступлениями от проектных решений во время отработки угольных пластов, применением низкоэффективных и опасных схем вентиляции выемочных участков, проблемами эффективности управления газовыделением. Разработанное авторами информационно-аналитическое обеспечение управления аэрологическими рисками позволяет принимать решения по управлению аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля по частоте и интенсивности отказов в подготовительных и очистных выработках по параметрам шахтной атмосферы, на основе данных системы контроля запыленности шахтного воздуха и пылеотложения в вентиляционных выработках, данных системы аэрогазового контроля, прогнозной оценки риска при управлении газовыделением. Представлены результаты оценки степени аэрологического риска по пылевому и газовому факторам для различных схем вентиляции. Полученные результаты отображают опасные схемы вентиляции выемочных участков, применение которых в конкретных горно-геологических условиях влечет за собой аварийную ситуацию. В случае применения опасных схем вентиляции, необходимо ввести ограничения по угледобыче, управлять газовыделением. Приведены результаты оценки степени аэрологического риска при отработке пластов, склонных к горным ударам и самовозгоранию, а также влияния управления газовыделением на показатель прогнозного значения аэрологического риска. Результаты научных исследований позволяют осуществлять прогнозирование аэрологических рисков при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации выработок (закрытии угольных шахт), а также при обосновании аэрологической безопасности.

Ключевые слова: аэрологическая безопасность, аэрологический риск аварий, уязвимость схемы вентиляции, риск загазирования, частота и интенсивность отказов, проектирование вентиляции, аэрогазовый контроль, прогнозирование рисков, управление газовыделением.

Для цитирования: 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.

Aerological risk management in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines

S.V. Balovtsev¹, O.V. Skopintseva^{1,2}, K.S. Kolikov¹

¹ National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia, e-mail: Balovcev@yandex.ru

² Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI-RSGPU), Moscow, Russia

Abstract: The currentness of the development of a scientifically founded calculation and methodological framework for the assessment and management of aerological risks is governed by the required enhancement of high-intensity coal production, distortion of project design in the course of mining, low efficiency and unsafety of mine ventilation schemes and inefficient gas emission control. The information and analysis data support developed by this article authors enables decision-making on aerological risk management based on the air-and-gas control statistics on frequency and intensity of failures in determination of mine air parameters, mine air dust content, dust deposition in mine airways and predictive assessment of gas emission risk in development headings and stopes. The article presents the results of the aerological risk assessment by dust and gas criteria for different ventilation schemes. The results reveal unsafe ventilation schemes which can lead to accidents in extraction panels in specific geological conditions. In case of using unsafe ventilation schemes, it is required to introduce limitation in coal production output and to initiate gas emission control. The authors also describe the results on the aerological risk assessment in mining rockburst-hazardous and ignitable coal beds, as well as on the effect exerted by gas emission control on the predicted value of aerological risk. The research findings allow the aerological risk prediction in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines, as well as in justification of aerological safety.

Key words: aerological safety, aerological risk of accidents, ventilation scheme insecurity, gas pollution risk, failure rate and intensity, ventilation design, air-and-gas control, risk prediction, gas emission control.

For citation: 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.

Введение

Использование высокопроизводительной проходческой и добычной техники, технологий, направленных на увеличение объемов добычи, отставание темпов реконструкции действующих шахт способствует повышению аварийности [1–5]. Вследствие роста интенсивности угледобычи, использования многоштрековой подготовки, отступлений от проектных решений во время отработки угольных пластов, применения низкоэффективных и зачастую опасных схем вентиляции выемочных участков, малых объемов дегазации, а также отсутствия должного аэрогазового контроля параметров шахтной атмосферы и

дегазационной системы увеличиваются аэрологические риски аварий, связанные с отклонением параметров шахтной атмосферы от их нормативных значений.

В настоящее время существует противоречие между значительными ущербами от аварий и чрезвычайных ситуаций и низким уровнем эффективности затрат на снижение аэрологических рисков и смягчение последствий аварий и чрезвычайных ситуаций. Необходимо переход к стратегии, которая будет базироваться на процессах управления аэрологическими рисками. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий отработки угля (фоновых и системных факторов) [3, 6–10], установ-

ление причинно-следственных связей, влияющих на величину аэрологического риска, позволит принимать адекватные решения при проектировании единой вентиляционно-дегазационной системы, при разработке паспортов выемочных участков, при разработке обоснования аэрологической безопасности в случае отступлений от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, при прогнозировании аэрологических рисков при закрытии угольных шахт.

Обзор действующей нормативной базы по обеспечению оценки рисков аварий на угольных шахтах показал отсутствие системного подхода к обеспечению аэрологической безопасности. Определение количественных показателей риска для своевременного выявления возможных причин возникновения взрывов метана и угольной пыли, приводящих к человеческим жертвам и значительным материальным потерям [11, 12], является актуальным направлением при риск-ориентированном подходе.

Для принятия технических и технологических решений по снижению аэрологических рисков необходимо принимать во внимание ранжирование степеней опасности аварий по каждому из показателей риска. Разработка обоснованной комплексной расчетно-методологической базы по оценке и управлению аэрологическими рисками при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации горных выработок угольных шахт, а также при обосновании аэрологической безопасности является актуальной и значимой научной задачей.

Информационно-аналитическое обеспечение управления аэрологическими рисками

Системный подход к информационно-аналитическому обеспечению является одной из ключевых задач при управ-

лении аэрологическими рисками. Чтобы эффективно использовать один из возможных методов анализа риска аварий, а именно метод деревьев отказов и событий, необходимо создание огромного массива данных по горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки пластов.

Основными принципами формирования информационно-аналитического обеспечения оценки рисков для дальнейшего принятия решений по их снижению, в том числе принятия проектных решений, являются достоверность и полнота информации. Повышению эффективности информационного обеспечения будут способствовать дополнительные сведения, отражающие предпосылки развития негативных событий и выявляющие причины возникновения нарушений федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, требований аэрологической безопасности.

Задачи системного подхода к информационно-аналитическому обеспечению:

- установление областей применения схем вентиляции выемочных участков угольных шахт для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий на основании оценки аэрологического риска аварий на выемочных участках при принятии проектных решений;
- прогнозирование аэрологического риска в подготовительных и очистных выработках, а также порядок принятия решений по его снижению в соответствии с установленными показателями риска;
- мониторинг параметров шахтной вентиляционной системы, аэрогазовый контроль;
- прогнозирование аэрологического риска при ликвидации и консервации горных выработок (закрытии угольных шахт).

Разработанное авторами информационно-аналитическое обеспечение управ-

ления аэрологическими рисками на угольных шахтах в рамках проведенных научных исследований, включающих в себя оценку и прогнозирование рисков, возникающих из-за нарушения работы системы управления вентиляцией, пылевым и газовым режимами, позволяет получить следующие результаты:

- научно-обоснованные решения по управлению аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля по частоте и интенсивности отказов в подготовительных и очистных выработках по параметрам шахтной атмосферы;

- научно-обоснованные решения по управлению аэрологическими рисками угольных шахт на основе данных системы контроля запыленности шахтного воздуха и пылеотложения в вентиляционных выработках;

- научно-обоснованные решения по управлению аэрологическими рисками угольных шахт для обнаружения подземных пожаров в начальных стадиях их возникновения на основе данных системы аэрогазового контроля;

- научно-обоснованные предложения по управлению аэрологическими рисками при управлении газовой выделением и др.

Показатели аэрологического риска

Результатами научных исследований, проведенных С.В. Баловцевым и О.В. Скопинцевой с 2012 г. по настоящее время, являются установление причинно-следственных связей между нежелательными событиями, влияющими на аэрологический риск, установленная иерархическая структура аэрологического риска аварий на угольных шахтах, определение весовостей фоновых и системных факторов, влияющих на аэрологический риск, установление количественных зависимостей аэрологи-

ческого риска от горно-геологических и горнотехнических факторов, формирование критериев оценки аэрологического риска, установление показателей аэрологического риска. Комплексная оценка и прогнозирование аэрологического риска при проектировании угольных шахт, их эксплуатации, в том числе до и после возможных отступлений от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, при ликвидации и консервации шахт базируется на основе установленных показателей аэрологического риска. Приведем некоторые из них:

- аэрологический риск аварий на выемочном участке R_a , учитывающий пылевую и газовый режимы, а также уязвимость схемы вентиляции выемочного участка:

$$R_a = \lambda v_y \quad (1)$$

где λ — коэффициент опасности возникновения аварии, учитывающий удельное пылевыделение и относительную метаобоильность; v_y — коэффициент уязвимости схемы вентиляции выемочного участка (свойство вентиляционной системы участка терять способность к выполнению заданных функций);

- показатель прогнозного значения аэрологического риска на выемочных участках угольных шахт, учитывающий влияние на риск таких факторов, как склонность угольных пластов к самовозгоранию и горным ударам, применение дегазации, применение газоотсасывающих установок, использование газодренажных выработок. С целью проведения сравнения прогнозных величин риска при принятии технических и организационных решений по аэрологической безопасности показатель позволяет оценивать риск при разном сочетании приведенных факторов:

$Q_{np} = R_a (1 + k_1 + k_2 - k_3 - k_4 - k_5)$ (2)
где k_1 — коэффициент, учитывающий склонность угольных пластов к само-

возгоранию; k_2 — коэффициент, учитывающий склонность к горным ударам; k_3 — коэффициент, учитывающий применение дегазации; k_4 — коэффициент, учитывающий применение газоотсасывающих установок; k_5 — поправочный коэффициент, учитывающий использование газодренажных выработок. Показатель $Q_{пр}$ может быть представлен для различных способов и схем дегазации источников метановыделения [6, 13–15], которые могут быть реализованы в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях, учитывает эффективность дегазации;

- риск загазирования, позволяющий учитывать влияние аэродинамического старения выработок, частоту и интенсивность отказов (базируется на результатах аэрогазового контроля). Риск загазирования рассчитывается для подготовительных и очистных выработок. Риск загазирования выемочного участка рассчитывается по формуле

$$R_{заг} = 1 - P(t) \quad (3)$$

где $P(t)$ — вероятность безотказной работы выемочного участка по фактору загазирования;

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \quad (4)$$

$$R_{заг} = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

где λ — интенсивность отказов (загазирования), сут⁻¹.

Аэродинамическое старение выработок влечет за собой увеличение интенсивности отказов, что необходимо учитывать при расчете риска загазирования. Поэтому принципиально одинаковые формулы расчета риска загазирования возвратноточных и прямоточных схем проветривания выемочных участков приводят (при всех прочих равных значениях рисков) к разным результатам из-за аэродинамического старения, зависящего от способа проведения выработки (по пласту или породе), способа охраны выработки (целик–целик,

целик–выработанное пространство, выработанное пространство–выработанное пространство), используемого в ней вида транспорта и других факторов. Аналогично аэродинамическому старению повторно используемые выработки также увеличивают интенсивность отказов, что приводит к увеличению риска загазирования выработок на выемочном участке.

В качестве примера приведем результаты оценки степени аэрологического риска по пылевому и газовому факторам для различных схем вентиляции (табл. 1). Для расчетов принято удельное пылевыведение более 1200 г/т (VIII группа пыльности). Представленные результаты наглядно отображают опасные схемы вентиляции выемочных участков, применение которых при заданных горно-геологических условиях влечет за собой аварийную ситуацию. В случае применения опасных схем вентиляции, необходимо ввести ограничения по угледобыче, эффективно управлять газовой выделением.

Отработка пластов, склонных к самовозгоранию и горным ударам, увеличивает величину аэрологического риска (табл. 2). При принятии решений по управлению газовой выделением в некоторых случаях возможно снижение степени риска. Однако возвратноточная схема вентиляции выемочного участка с последовательным разбавлением вредностей, наличием неустойчивого диагонального соединения недопустима для сверхкатегорийной шахты, опасной по внезапным выбросам.

Заключение

Результаты расчетов аэрологического риска должны подтверждать правильно принятые технические решения по управлению газовой выделением, а систематическая оценка риска загазирования должна быть неотъемлемой частью сис-

Результаты оценки степени аэрологического риска по пылевому и газовому факторам

Aerological risk assessment by dust and gas criteria

Схемы вентиляции выемочных участков	Относительная метанообильность, м ³ /т				наличие опасности внезапных выбросов угля и газа
	до 5	5—10	10—15	> 15, суфлярные выделения метана	
Прямоточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей	малая	малая	малая	малая	малая
Прямоточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	малая	умеренная	умеренная	умеренная	большая
Прямоточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей	малая	умеренная	умеренная	умеренная	большая
Прямоточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	умеренная	умеренная	большая	большая	аварийная ситуация
Прямоточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей	умеренная	большая	большая	аварийная ситуация	аварийная ситуация
Прямоточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	большая	большая	аварийная ситуация	аварийная ситуация	аварийная ситуация
Возвратноточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей	малая	умеренная	умеренная	умеренная	большая
Возвратноточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	умеренная	умеренная	большая	большая	аварийная ситуация
Возвратноточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей	умеренная	умеренная	большая	большая	аварийная ситуация
Возвратноточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	большая	большая	аварийная ситуация	аварийная ситуация	аварийная ситуация
Возвратноточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей	большая	аварийная ситуация	аварийная ситуация	аварийная ситуация	аварийная ситуация

Примечание: приведена степень риска при VIII группе пыльности.

Таблица 2

Результаты оценки степени аэрологического риска при обработке пластов, склонных к горным ударам и самовозгораниям
Aerological risk assessment in mining rockburst-hazardous and ignitable coal beds

Схемы вентиляции выемочных участков	Относительная метанообильность, м ³ /т		
	10—15	> 15, суфлярные выделения метана	наличие опасности внезапных выбросов угля и газа
Прямоточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей	малая	малая	малая
Прямоточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	умеренная	умеренная	<u>большая</u> умеренная
Прямоточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей	умеренная	умеренная	<u>большая</u> умеренная
Прямоточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	<u>большая</u> умеренная	большая	аварийная <u>ситуация</u> большая
Прямоточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u> большая
Прямоточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u>	аварийная <u>ситуация</u>
Возвратноточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей	умеренная	умеренная	большая умеренная
Возвратноточная схема движения воздуха с полным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	большая умеренная	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u> большая
Возвратноточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей	большая умеренная	большая	аварийная <u>ситуация</u> большая
Возвратноточная схема движения воздуха с частичным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u>
Возвратноточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей	аварийная <u>ситуация</u> большая	аварийная <u>ситуация</u>	аварийная <u>ситуация</u>
Возвратноточная схема движения воздуха с последовательным разбавлением вредностей, наличие неустойчивой диагонали	аварийная <u>ситуация</u>	аварийная <u>ситуация</u>	аварийная <u>ситуация</u>

Примечание: в числителе приведена степень риска при обработке пластов, склонных к горным ударам и самовозгораниям, при VIII группе пыльности, в знаменателе приведена степень риска, учитывающая управление газовой выделением при обработке пластов, склонных к горным ударам и самовозгораниям, при VIII группе пыльности.

темы мониторинга и управления аэрологической безопасностью.

Выбор схемы вентиляции выемочных участков и способа дегазации должен осуществляться в совокупности с техническими решениями по выбору схемы и режима проветривания и обосновываться прогнозным значением аэрологического риска. Обобщенный показатель прогнозного значения аэрологического риска учитывает такие факторы, как склонность угольных пластов к самовозгоранию и горным ударам, применение различных способов управления газовой выделением.

Оценка рисков загазирования на выемочном участке производится на основе результатов измерений и контроля параметров аэрогазового состояния, влияния аэродинамического старения выработок, технологических и производственных процессов с повторным использованием выработок, схемы вентиляции выемочного участка, позволяющей научно обосновать принятие решений по снижению риска.

Необходимо осуществлять систематический сбор и обработку информации о параметрах шахтной вентиляционной системы, результатов аэрогазового контроля. При необходимости совершенствования технологических схем проходки и отработки запасов на стадии эксплуатации шахт в некоторых случаях (при отступлении от действующих федеральных норм и правил или разработке требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта в части обоснования его безопасности) требуется актуализация прогнозных значений аэрологического риска.

Комплексный метод оценки и управления аэрологическим риском аварий, разработанный С.В. Баловцевым и О.В. Скопинцевой, позволяет осуществлять прогнозирование аэрологических рисков при проектировании, эксплуатации, ликвидации и консервации угольных шахт с целью предотвращения и минимизации последствий возможных аварий и чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забурдяев В. С. Газовая опасность в угольных шахтах: условия, причины, экспертиза безопасности // Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 11. — С. 15–18. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-11-15-18.
2. Craig R., Stinnette J. D. Coal mine ventilation efficiency: a comparison of us coal mine ventilation systems // Archives of Mining Sciences. 2016. Vol. 35. No 1. Pp. 1–3.
3. Скопинцева О. В., Ганова С. Д., Демин Н. В., Папичев В. И. Комплексный метод снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах // Горный журнал. — 2018. — № 11. — С. 97–100. DOI: 10.17580/gzh.2018.11.18.
4. Filin A. E., Zinovieva O. M., Kolesnikova L. A., Merkulova A. M. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries // Eurasian Mining. 2018. No 1. Pp. 31–34. DOI: 10.17580/em.2018.01.07.
5. Kulikova E. Yu. Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. Pp. 1–7. Article 044035. DOI: 10.1088/1757-899X/687/4/044035.
6. Slastunov S. V., Kolikov K. S., Zakharova A. A., Mazanik E. V. Selection of an effective technology for the degasification of coal beds // Solid Fuel Chemistry. 2015. Vol. 49. No 6. Pp. 381–386.
7. Скопинцева О. В., Ганова С. Д., Бузин А. А., Федотова В. П. Мероприятия по борьбе с пылью при погрузке и транспортировании твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2019. — № 12. — С. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16.

8. Batugin A. S., Kobylkin A. S., Musina V. R. Effect of geodynamic setting on spontaneous combustion of coal waste dumps // *Eurasian Mining*. 2019. No 2. Pp. 64 – 69. DOI: 10.17580/em.2019.02.14.

9. Kulikova E. Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures // *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. Pp. 385 – 390. DOI: 10.4028/www.scientific.net / MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.

10. Филин А. Э., Овчинникова Т. И., Зиновьева О. М., Меркулова А. М. Развитие пульсирующей вентиляции в горном производстве // *Горный журнал*. – 2020. – № 3. – С. 67 – 71. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13.

11. Korshunov G. I., Rudakov M. L., Kabanov E. I. The use of a risk-based approach in safety issues of coal mines // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Vol. 9. No 1. Pp. 181 – 186. DOI: 10.14505/jemt.v9.1(25).23.

12. Кабанов Е. И., Коршунов Г. И., Родионов В. А. Разработка экспертной системы на основе нечеткой логики для оценки риска взрывов метана и пыли на угольных шахтах // *Горный журнал*. – 2019. – № 8. – С. 85 – 88. DOI: 10.17580/gzh.2019.08.17.

13. Малашкина В. А. Направления повышения эффективности использования систем дегазации угольных шахт // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2019. – № 6. – С. 206 – 214. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214.

14. Hu C., Wu D. A novel gas drainage technology for lower protected coal seams: Application and verification in Xinzhuangzi coal mine, Huainan coalfield // *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*. 2018. Vol. 30. No 7. Pp. 801 – 808.

15. Zhang J., Xu K., You G., Wang B., Zhao L. Causation analysis of risk coupling of gas explosion accident in chinese underground coal mines // *Risk Analysis*. 2019. Vol. 39. No 7. Pp. 1634 – 1646. DOI: 10.1111/risa.13311. **РИАБ**

REFERENCES

1. Ziburdaev V. S. Gas hazard in the coal mines: conditions, reasons, safety expertise. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2018, no 11, pp. 15 – 18. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-11-15-18.

2. Craig R., Stinnette J. D. Coal mine ventilation efficiency: a comparison of us coal mine ventilation systems. *Archives of Mining Sciences*. 2016. Vol. 35. No 1. Pp. 1 – 3.

3. Skopintseva O. V., Ganova S. D., Demin N. V., Papichev V. I. Comprehensive method of reducing dust and gas hazards in coal mines. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no 11, pp. 97 – 100. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2018.11.18.

4. Filin A. E., Zinovieva O. M., Kolesnikova L. A., Merkulova A. M. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries. *Eurasian Mining*. 2018. No 1. Pp. 31–34. DOI: 10.17580/em.2018.01.07.

5. Kulikova E. Yu. Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 687. Pp. 1 – 7. Article 044035. DOI: 10.1088/1757-899X/687/4/044035.

6. Slastunov S. V., Kolikov K. S., Zakharova A. A., Mazanik E. V. Selection of an effective technology for the degasification of coal beds. *Solid Fuel Chemistry*. 2015. Vol. 49. No 6. Pp. 381 – 386.

7. Skopintseva O. V., Ganova S. D., Buzin A. A., Fedotova V. P. Measures to reduce dusting during loading and transportation of solid mineral resources. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no 12, pp. 76 – 79. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16.

8. Batugin A. S., Kobylkin A. S., Musina V. R. Effect of geodynamic setting on spontaneous combustion of coal waste dumps. *Eurasian Mining*. 2019. No 2. Pp. 64 – 69. DOI: 10.17580/em.2019.02.14.

9. Kulikova E. Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. Pp. 385 – 390. DOI: 10.4028/www.scientific.net / MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.

10. Filin A. E., Ovchinnikova T. I., Zinov'eva O. M., Merkulova A. M. Advance of pulsating ventilation in mining. *Gornyi Zhurnal*. 2020, no 3, pp. 67–71. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13.

11. Korshunov G. I., Rudakov M. L., Kabanov E. I. The use of a risk-based approach in safety issues of coal mines. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Vol. 9. No 1. Pp. 181–186. DOI: 10.14505/jemt.v9.1(25).23.

12. Kabanov E. I., Korshunov G. I., Rodionov V. A. Expert system based on fuzzy logic for assessment of methane and dust explosion risk in coal mines. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no 8, pp. 85–88. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2019.08.17.

13. Malashkina V. A. Recent trends in efficiency improvement in application of degasification systems in coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(6):206-214. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214.

14. Hu C., Wu D. A novel gas drainage technology for lower protected coal seams: Application and verification in Xinzhuangzi coal mine, Huainan coalfield. *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*. 2018. Vol. 30. No 7. Pp. 801–808.

15. Zhang J., Xu K., You G., Wang B., Zhao L. Causation analysis of risk coupling of gas explosion accident in chinese underground coal mines. *Risk Analysis*. 2019. Vol. 39. No 7. Pp. 1634–1646. DOI: 10.1111/risa.13311.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Баловцев Сергей Владимирович*¹ — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: Balovcev@yandex.ru,

*Скопинцева Ольга Васильевна*¹ — д-р техн. наук, профессор;
профессор, Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГУ),
e-mail: skopintseva54@mail.ru,

*Коликов Константин Сергеевич*¹ — д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой, e-mail: kolikovks@mail.ru,
¹ НИТУ «МИСиС».

Для контактов: Баловцев С.В., e-mail: Balovcev@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*S. V. Balovtsev*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
e-mail: Balovcev@yandex.ru,

*O. V. Skopintseva*¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor;
Professor, Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological
Prospecting University (MGRI-RSGPU), 117997, Moscow, Russia,
e-mail: skopintseva54@mail.ru,

*K. S. Kolikov*¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Head of Chair, e-mail: kolikovks@mail.ru,

¹ National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

Corresponding author: S. V. Balovtsev, e-mail: Balovcev@yandex.ru.

Получена редакцией 11.02.2020; получена после рецензии 16.03.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.02.2020; received after the review 16.03.2020; accepted for printing 20.05.2020.

