

Минимизация запыленности атмосферы при добыче угля открытым способом

Minimizing the dustiness of the atmosphere during coal mining in an open way

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-3-126-131>

ГОЛИК В.И.

Доктор техн. наук, профессор
Московского
политехнического университета,
107023, г. Москва, Россия,
e-mail: v.i.golik@mail.ru

Статья посвящена проблеме уменьшения запыленности атмосферы при добыче угля открытым способом. Дана справка о разработке угля на месторождениях СНГ Экибастузского, Канско-Ачинского и Кузнецкого регионов с детализацией сведений по Экибастузскому месторождению, запасы которого составляют около 10 млрд т, разрабатываемому карьером «Богатырь». Обосновано, что снижение риска опасного загрязнения атмосферы может быть осуществлено путем оптимизации параметров взрывной отбойки. Методика исследования включает в себя анализ опыта, системный анализ, математическое моделирование с использованием функций теории вероятности, математический анализ и исследование, дискретную оптимизацию, совершенствование управления и принятия решений, обработку информации, эколого-экономический анализ. Дана типизация процессов образования и объема выхода пыли по характеру и месту технологических процессов. Осуществлено ранжирование карьера и его окрестностей по зонам опасности. Приведены данные о миграции пыли в зависимости от погодных условий и источников ее образования после отделения угля от массива. Показатели карьера «Богатырь» сравниваются с аналогами. Приведены результаты снижения запыленности традиционными средствами в России и за рубежом. Обозначена возможность снижения величины интегрального пылевого загрязнения за счет оптимизации параметров взрывного отделения угля и пород от массива. Обоснован механизм разрушения массива горных пород с минимальным выходом рудной мелочи и пылящих фракций и приведены результаты оптимизации процесса отбойки для карьера «Богатырь» с уменьшением выхода летучих минеральных фракций. Установлены закономерности пылевого загрязнения. Показано, что снижение выхода активных пылевых фракций может быть обеспечено оптимизацией параметров отбойки сырья.

Ключевые слова: уголь, карьер, пыль, атмосфера, взрывная отбойка, исследование, технология, оптимизация.

Для цитирования: Голик В.И. Минимизация запыленности атмосферы при добыче угля открытым способом // Уголь. 2025;(3):126-131. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-3-126-131.

Abstract

Relevance. The article is devoted to the problem of reducing the dustiness of the atmosphere during open-pit coal mining. A certificate is given on the development of coal in the CIS fields of the Ekibastuz, Kansk-Achinsk and Kuznetsk regions with detailed information on the Ekibastuz field, whose reserves amount to about

10 billion tons, developed by the Bogatyr quarry. It is proved that the reduction of the risk of dangerous pollution of the atmosphere can be carried out by optimizing the parameters of the explosive breakdown. The research methodology includes analysis of experience, system analysis, mathematical modeling using probability theory functions, mathematical analysis and research, discrete optimization, improvement of management and decision-making, information processing, environmental and economic analysis. The result. The typification of the processes of formation and the volume of dust output by the nature and location of technological processes is given. The quarry and its surroundings were ranked into danger zones. Data on dust migration depending on weather conditions and sources of its formation after separation of coal from the massifs are presented. The indicators of the Bogatyr career are compared with analogues. The results of reducing dust by traditional means in Russia and abroad are presented. The possibility of reducing the value of integral dust pollution by optimizing the parameters of explosive separation of coal and rocks from the massifs is indicated. The mechanism of destruction of an array of rocks with a minimum yield of ore fines and dusty fractions is substantiated and the results of optimizing the stripping process for the Bogatyr quarry with a decrease in the yield of volatile mineral fractions are presented. The patterns of dust pollution have been established. It is shown that a decrease in the yield of active dust fractions can be ensured by optimizing the parameters of raw material stripping.

Keywords

Coal, quarry, dust, atmosphere, explosive stripping, research, technology, optimization.

For citation

Golik V.I. Minimizing the dustiness of the atmosphere during coal mining in an open way. *Ugol*. 2025;(3):126-131. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-3-126-131.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие социоприродной системы человек-биосфера обеспечивается за счет повышения наукоемкости применяемых технологий добычи и переработки руд. В большей степени это относится к добыче угля, отличающегося широким диапазоном свойств и способов локализации [1, 2].

Открытым способом добывается 1/3 твердого топлива. Стоимость открытой добычи угля в 2,5-3 раза ниже, чем при подземной разработке месторождений, производительность труда – в 2-3 раза выше, а потери полезного ископаемого – меньше в 4-5 раз.

Увеличение объемов добычи минерального сырья в совокупности с усложнением условий разработки формирует экологические проблемы разработки месторождений всех полезных ископаемых, из которых к наиболее актуальным относится снижение токсичности угольной пыли в зонах открытой добычи угля [3, 4, 5].

Перспективы разработки угля СНГ базируются на месторождениях Экибастузского, Канско-Ачинского и Кузнецкого регионов, где сосредоточено около 98% запасов пригодного для открытой разработки угля. Самые крупные месторождения региона – Экибастузское и Майку-

бенское, запасы которых составляют соответственно 10,5 и 2,2 млрд т.

Экибастузское месторождение локализовано на площади 155 км². Геологические запасы угля – 12200 млн т. Угли гумусовые, средней стадии метаморфизма (R⁰ 0,8-1,3%), малосернистые, слабоспекающиеся – марка СС, высокозольные (28-35%), труднообогащаемые, теплотворная способность – 12,06-15,49 МДж/кг. Карьер «Богатырь» является частью Экибастузского каменноугольного месторождения и представляет собой мульду длиной 24 км и шириной 8,5 км.

Геотехнические и экологические риски в практике горных работ и вопросы совершенствования управления ими, в том числе совершенствование способов проветривания карьеров открытой добычи угля являются темой многочисленных исследований, среди которых преобладают направления улавливания, нейтрализации и утилизации угольной пыли, а другие подходы рассматриваются не так часто [6, 7, 8]. Для предотвращения последствий негативных процессов открытых горных работ в плане экологии применяют, например, метод дистанционного зондирования земли в рамках геомониторинга развития минерально-сырьевого сектора [9, 10]. Методы пылеподавления на угольных разрезах базируются на данных и технологии геомониторинга землепользования [11, 12]. Цель исследования – снижение риска опасного загрязнения атмосферы при осуществлении технологических процессов.

МЕТОДИКА

Методология основана на нормировании выбросов. Мониторинг состояния окружающей среды осуществляется поузловой оценкой. Основой системы управления состоянием атмосферы региона является математическая модель движения загрязняющих потоков по его территории.

Для решения задач исследования используется комплекс методов, включающий анализ опыта, системный анализ, математическое моделирование с использованием функций теории вероятности, математический анализ и исследование, дискретная оптимизация, совершенствование управления и принятия решений, обработка информации, эколого-экономический анализ.

РЕЗУЛЬТАТ

Процессы образования пыли подразделяются на группы по характеру и месту выполняемых операций на виды: отделение от массива, погрузка, транспорт, разгрузка, самопроизвольное обрушение. При отделении от массива источниками пыли являются:

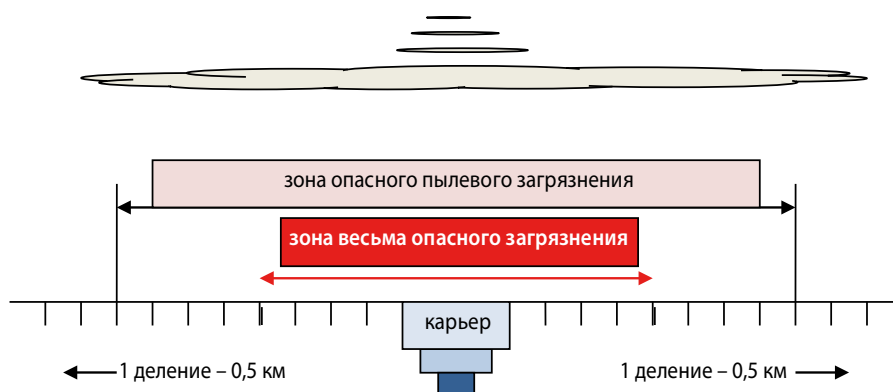
- взрывное или механическое разрушение пород;
- соударение кусков при взлете;
- соударение кусков при падении;
- погрузочные, транспортные и разгрузочные работы;
- осыпающиеся с уступов минералы (табл. 1).

При выемочно-погрузочных работах ковш экскаватора измельчает породные куски зубьями при внедрении в породу; при движении ковша экскаватора снизу-вверх крупные куски породы раздавливают между собой мелкие породы; скатывающиеся с навала куски породы нано-

Таблица 1

Параметры осыпания угля и породы с уступов
Parameters of coal and rock sloughing from benches

Полигоны	Площадь обрушения, м ²	Объем обрушения, м ³	Удельный объем обрушения, м ³ /м ²
1	500	0,6	0,0012
2	360	0,4	0,0013
3	420	0,3	0,0008
4	370	0,4	0,0013
5	480	0,5	0,0011
6	310	0,5	0,0016
7	360	0,3	0,0008
8	460	0,4	0,0009
9	490	0,4	0,0009
10	300	0,4	0,0010
Всего	4050	4,1	0,0010



Ранжирование окрестностей карьера по зонам опасности загрязнения пылью
Ranking of the open pit vicinity into zones hazardous for dust pollution

сят удары по лежащим на откосе кускам; при высыпании породы из ковша экскаватора в кузов автосамосвала породы соударяются друг о друга.

При транспортно-разгрузочных работах источниками пыли являются раздавливание минералов колесами горного оборудования, соударение кусков при разгрузке горной массы.

ных явлений в пылевом облаке. Результаты исследования источников пыли при работе горных машин в карьере приводятся в табл. 5.

Источники механического пылеобразования в пределах карьера характеризуются пылеобразующей способностью в пределах 7,0-30,1 г/м³ и интенсивностью пыления в пределах 0,2-4,1 г/с, что позволяет ранжировать их по степе-

Состояние уступов оценивали по профилям через каждые 72 ч. Удельный объем обрушения изменяется в пределах 0,0008-0,0016 м³/м², составляя 0,0003 м³/м² за 1 сут. Из них 5% являются пылеобразующими фракциями. Результаты исследования источников пылеобразования приведены в табл. 2.

В процессах отбойки и транспортировки 1 м³ угля образуется 153 г пыли размером менее 0,05 мм. Больше всего пыли образуется при взрывном отделении угля от массива – 42%.

Карьер и его окрестности ранжированы по зонам (см. рисунок):

- зона весьма опасного загрязнения в радиусе 2000 м;
- зона опасного загрязнения в радиусе 2000-4000м;
- зона загрязнения в пределах ПДК в радиусе более 4000 м.

При скорости ветра до 2 м/с ореол распространения пыли превышает величину 3000 м (табл. 3). При такой скорости время рассеивания пылегазового облака составляет около 4 ч.

При скорости ветра 5-6 м/с ореол разноса увеличивается в направлении ветра и уменьшается в подветренную сторону (табл. 4).

Дальнейшее уменьшение концентрации происходит за счет конвективных явлений в пылевом облаке.

Таблица 2

Выход пыли по источникам ее образования
Parameters of coal and rock sloughing from benches

Процесс	Факторы пылеобразования	Доля, %	Количество, г/ м ³	Количество, кг
Взрывное отделение	Сжатие трещин разрыва	12	22	2533
	Соударение при взлете	6	5	690
	Соударение при падении	6	6	730
	Удар упавших кусков по лежащим	21	29	4170
	Итого	42	62	8123
Выемка и погрузка	Царапание ковшем экскаватора	8	10	1462
	Раздавливание ковшом	7	13	1480
	Скатывание при наборе в ковш	4	4	453
	Соударение при разгрузке в кузов	11	17	2196
	Итого	27	44	5591
Транспорт и разгрузка	Истирание и раздавливание шинами	15	26	2860
	Разгрузка из самосвалов в бункер	10	13	2101
	Итого	25	39	4961
Обрушение	Вывалы и гравитационное дробление	6	8	150
	Всего по всем источникам	100	153	18820

Таблица 3

Дальность миграции пыли при скорости ветра 2 м/с

The distance of dust migration at wind velocity of 2 m/sec

Фракция, мг/м ³	Расстояние разлета пылевых частиц, м					
	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Крупная	3,5	2	1	1	–	–
Средняя	6,5	3	2	2	2	2
Мелкая	15	7	4	3	3	2
Всего	25	12	7	6	5	4

Таблица 4

Ореол пылевого загрязнения окружающей среды в подветренную сторону

The dust pollution halo to the leeward side

Фракция, мг/м ³	Расстояние разлета пылевых частиц, м					
	2000	4000	6000	8000	10000	12000
Крупная	2	1	1	1	1	–
Средняя	3	3	2	2	1	1
Мелкая	5	4	3	2	2	2
Всего	10	8	6	5	4	3

Таблица 5

Результаты исследования источников пыли

Results of studying the dust sources

Источник пыления	Высота выброса пыли, м	Объем пыли, г/м ³	Интенсивность пыления, г/с
Погрузка	10	30	4
Бурение	65	21	1
Транспорт	10	14	8
Бульдозерование	10	7	1

Таблица 6

Запыленность атмосферы карьера, мг/м³Dust content of the open pit atmosphere, mg/m³

Технологическая операция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Среднее
Бурение скважин	4,9	5,7	6,8	8,0	–	4,7	5,1	5,7	5,5	–	7,2	5,9
Экскавация	4,8	6,9	10,3	6,5	–	7,1	6,3	4,8	20,4	7,5	5,1	7,9
Отбойка	5,1	4,6	6,0	–	5,7	–	–	–	4,0	8,0	–	6,7
Транспортировка	5,5	8,6	5,1	5,3	4,0	–	–	–	7,5	8,5	–	6,4
Фон верхнего уступа	2,0	–	2,7	8,2	–	–	4,8	3,4	5,1	4,3	9,9	5,1
Фон нижнего уступа	3,1	9,1	2,5	9,7	–	–	2,5	3,2	4,9	3,2	11,9	5,6
Всего по карьере	4,1	7,0	5,6	7,5	4,9	5,9	4,8	4,2	8,3	5,7	8,3	6,1

ни опасности для определения приоритетов профилактических мероприятий.

Для сравнения, на карьере «Мукуланский» (Тырныауз, КБР) запыленность атмосферы характеризуется параметрами, обладающими достаточной сходимостью с нашими расчетами (табл. б).

Запыленность воздуха в экскаваторном забое достигала 130 мг/м³. Наиболее опасны по пыли карьеры Средней Азии и Казахстана, где запыленность воздуха в кабинках автосамосвалов в летний период достигает 360 мг/м³.

Положительные результаты приносит обработка дорог раствором сульфитно-спиртовой барды. Обработка включает несколько циклов пропитки с промежутками 1,5 ч. Обработанная дорога выдерживается для затвердевания покрытия несколько часов. Сульфитно-спиртовая барда малоустойчива к атмосферным осадкам, поэтому может применяться только в засушливых районах.

Орошение щебеночных дорог водой снижает запыленность, однако действие орошения кратковременно и прекращается в зависимости от условий и температуры окружающего воздуха через 0,5–2 ч. Расход воды на 1 км покрытия в Сибайском карьере превышает 1300 м³ в месяц. Орошение с большим расходом воды отрицательно сказывается на устойчивости уступов.

Для борьбы с пылью в США применяют укатку, цементирование и гидронирование поверхности дорог. На карьерах «Беркли», «Ханна Коул», «Сильвер Белл», «Мишон» и других автомобильные дороги покрывают металлургическими шлаками, щебнем из известняка, доломита и других пород, обладающих вяжущей способностью [5].

Распространена обработка автомобильных дорог лигносульфанатами. Эффективность действия раствора сульфитного щелока с удельным весом 1,13 при расходе 2,25 л на 1 м² дороги сохраняется в течение шести недель. При-

меняют 23%-ный раствор сульфитного щелока с расходом 4,5 л/м² дороги, добавляя известь, хлористый кальций, смолу [6].

Для создания малопылящего покрытия применяют щебень крепких скальных пород с сопротивлением сжатию не менее 150 МПа крупностью 5-20 мм при расходе 400 м³/м².

Анализ литературных публикаций и данных практики дает основание утверждать, что применяемые технологии связывания тонких фракций пыли на поверхности отвалов малоэффективны. Большая часть интегрального пылевого загрязнения окружающей среды карьером приходится на взрывное отделение угля и пород от массива.

Разрушение массива горных пород при взрывании заряда происходит под воздействием системы сил и напряжений, изменяющихся в пространстве и времени. Формируемая при этом система трещин вызывает частичное разрушение пород в результате перехода накопленной энергии в поверхностную энергию трещин и проникновения в них расширяющихся продуктов взрыва. Процесс разрушения горных пород тем эффективнее, чем больше их дробление.

Прочность пород определяется энергией упругой деформации:

$$e = \frac{\sigma_p^2}{2E},$$

где σ_p – сопротивление среды разрушению, Па; E – модуль упругости, Па.

Энергия (Дж), необходимая для дробления горных пород и поглощаемая породой:

$$F = \frac{3\sigma_p^2}{2E} V \lg n,$$

где V – объем разрушаемой горной породы, м³.

Степень дробления горных пород n представляет собой отношение величины структурной отдельности D к среднему диаметру куска габаритной горной массы d :

$$n = \frac{D}{d}.$$

Зная свойства горного массива и технические характеристики применяемого оборудования, используемые взрывчатые вещества и элементы технологической схемы, на основе энергетической теории можно рассчитать параметры буровзрывных работ, в том числе выход сортируемых классов с минимальным выходом рудной мелочи.

Для карьера «Богатырь», где применяются сетка бурения 8 на 8 м и порядная схема короткозамедленного взрывания с увеличением расстояния между скважинами в ряду, объем зон нерегулируемого дробления между зарядами увеличивается в пределах 0,5–25 м³. При увеличении расстояния между зарядами в ряду возрастают объем породы, отбиваемый скважинными зарядами, и объем нерегулируемого дробления. Объем мобильных пылевых фракций возрастает на 6–12%.

Применимость предложенных параметров проверена при отработке соседних секций уступа в одинаковых условиях. Одну секцию отбивали традиционно, вторую – по рекомендованной сетке. После взрыва развал фотографировали и с использованием компьютерно-фотопланиметрического метода определяли гранулометрический состав дробленой угольной массы на базовом и опытных участках блока (табл. 7).

Отклонения выхода несортируемых фракций между базовым и опытным участками не превышают 0,5%, тогда как среднеквадратичное отклонение изменяется в диапазоне 0,2–0,45.

Установлено, что изменение схемы отделения угля от массива улучшает равномерность дробления отбитой горной массы, следовательно, уменьшает выход летучих минеральных фракций, наиболее опасных для окружающей среды.

Процессы пылевого загрязнения подчиняются закономерностям. Количество пыли ранжируется по процессам с приоритетом взрывного отделения угля от массива – 42%. В начальный период образования пылевого облака оно испытывает влияние конвективных потоков теплого воздуха карьера и увеличивает высоту подъема под влиянием энергии взрыва. В интервале от центра взрыва до 500–1000 м концентрация пыли не уменьшается, а увеличивается. Этот феномен может быть объяснен диффузными явлениями турбулентного типа, когда сдвигающие силы расширяющегося пылевого облака превышают гравитационные силы выпадения пылинок из облака. В дальнейшем движение пыли подчиняется одновременно закономерностям и конвективного, и диффузного переноса в атмосфере.

Интенсивность образования пыли является функцией от мощности, габаритов и энергоемкости карьерного оборудования и процессов, образуя ряд: взрыв, экскавация, транспорт, выгрузка, самообрушение из стенок горной выработки.

Таблица 7

Гранулометрический состав горной массы, %
Particle size distribution in the rock mass, %

Участки	Базовая секция					Экспериментальная секция				
	Классы крупности, мм				Средне-квадратичное отклонение	Классы крупности, мм				Средне-квадратичное отклонение
	0-200	200-500	500-700	>700		0-200	200-500	500-700	>700	
1	43,4	48,2	2,9	5,5	0,33	39,6	51,3	3,4	5,7	0,30
2	39,8	51,7	2,7	5,7	0,24	46,2	44,7	3,0	6,1	0,35
3	38,2	52,0	3,3	6,5	0,20	43,4	46,9	3,7	6,0	0,25
4	40,6	48,3	2,9	6,3	0,41	38,8	51,8	2,7	6,7	0,45
5	32,5	48,7	13,0	5,9	0,28	32,2	48,3	13,8	5,7	0,30

Индивидуальные характеристики пылеобразования в отдельных технологических процессах обладают хорошей сходимостью с аналогичными показателями других карьеров, что подтверждает корректность полученных в ходе исследований результатов. Поэтому реальное снижение выхода активных пылевых фракций может быть обеспечено выбором оптимальных параметров отбойки минерального сырья.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования важной проблемы снижения запыленности при угольном производстве могут быть востребованы при совершенствовании технологических процессов открытой добычи минерального сырья.

2. Механизм разрушения массива горных пород с уменьшением выхода летучих минеральных фракций может быть положен в основу оптимизации производственных процессов угледобычи.

3. Исследовательские работы по затронутому направлению горного дела нуждаются в продолжении.

Список литературы • References

1. Гуриев Г.Т., Воробьев А.Е., Голик В.И. Человек и биосфера: устойчивое развитие. Владикавказ, 2001.
2. Научные технологии добычи и переработки руд / А.Е. Воробьев, В.И. Голик, К.Х. Пагиев и др. Владикавказ, 1998. 571 с.
3. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА / В.И. Голик, О.Н. Полухин, А.Н. Петин и др. // Горный журнал. 2013. № 4. С. 91-94.
Golik V.I., Polukhin O.N., Petin A.N., Komashchenko V.I. Ecological problems of development of KMA ore deposits. *Gornyj zhurnal*. 2013;(4):91-94. (In Russ.).
4. Larionov A., Volobaev V., Zverev A. et al. Chemical Composition and oxicity of PM10 and PM0.1 Samples near Open-Pit Mines and Coal Power Stations. *Life*. 2022;(12):1047. DOI: 10.3390/life12071047.
5. Leshukov T., Legoshchin K., Yakovenko O. et al. Fractional Composition and oxicity Coal-ock of PM10-PM0.1 Dust near an Open-cast Coal Mining Area and Coalired Power Station. *Sustainability*. 2022;(14):16594. DOI: 10.3390/su142416594.
6. Способы проветривания карьеров / Ю.В. Тимофеева, С.А. Сукова, А.А. Долкан и др. // Вестник Евразийской науки. 2020. № 6. <https://esj.today/PDF/79NZVN620.pdf>.
Timofeeva Yu.V., Suksova S.A., Dolkan A.A., Popov E.V. Methods of airing quarries. *Vestnik Evrazijskoj nauki*. 2020;(6). <https://esj.today/PDF/79NZVN620.pdf>. (In Russ.).
7. Добыча угля открытым способом в провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинава и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 109-112. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-109-112.
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A. Surface coal production in the Free State and Mpumalanga provinces of the Republic of South Africa based on satellite imaging data. *Ugol'*. 2024;(1):109-112. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-109-112.
8. Хебблунг Б.К. Геотехнические риски в методах и практике ведения горных работ: критические вопросы и подводные камни управления рисками / Материалы Первой Международной конференции по горным геомеханическим рискам. Австралийский центр геомеханики. Перт. 2019. С. 299-308.
9. Космические технологии дистанционного зондирования земли в исследовании открытых горных работ и экологии месторождений руд цветных металлов / И.В. Зенков, Чинь Ле Хунг, В.Н. Вокин и др. // Экология и промышленность России. 2022. Том 26. Том 1. С. 24-29.
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Vokin V.N. Space-based applications of remote sensing in studying opencast mining and ecology at deposits of non-ferrous metal ores. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2022;26(1):24-29. (In Russ.).
10. Баловцев С.В. Аэрологические риски высших рангов в угольных шахтах // Горные науки и технологии. 2022. Т. 7. № 4. С. 310-319. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-18.
Balovtsev S.V. Higher rank aerological risks in coal mines. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2022;7(4):310-319. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-18.
11. Пространственные данные и технологии для геомониторинга землепользования в аспекте развития минерально-сырьевого сектора / Н.Д. Адеро, К. Дребенштедт, Е.Н. Прокофьева и др. // Eurasian mining. 2020. № 1. С. 69-74.
Adero N.J., Drebentstedt C., Prokofeva E.N. et al. Spatial data and technologies for geomonitoring of land use under aspect of mineral resource sector development. *Eurasian mining*. 2020;(1):69-74. (In Russ.).
12. Методы пылеподавления на угольных разрезах Крайнего севера / Н.А. Шаров, Р.Р. Дудаев, Д.И. Крищук и др. // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2019. Т.19. № 2. С.184-200.
Sharov N.A., Dudaev R.R., Krishchuk D.I., Liskova M.Yu. Dust suppression methods in coal mines of the Far North. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*. 2019;19(2):184-200. (In Russ.).

Authors Information

Golik V.I. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Moscow Polytechnic University, Moscow, 107023, Russian Federation, e-mail: v.i.golik@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 30.01.2025

Поступила после рецензирования: 17.02.2025

Принята к публикации: 27.02.2025

Paper info

Received January 30, 2025

Reviewed February 17, 2025

Accepted February 27, 2025