

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СОЛЯНОГО АЭРОЗОЛЯ В КОМБАЙНОВОМ ЗАБОЕ КАЛИЙНОГО РУДНИКА

А.Г. Исаевич¹, Г.З. Файнбург¹, С.В. Мальцев¹

¹ Горный институт Уральского отделения РАН, Пермь, Россия, e-mail: stasmalcev32@gmail.com

Аннотация: Механизированный процесс добычи калийной соли сопровождается выделением большого количества пыли. Концентрация пыли на рабочем месте машиниста комбайна может варьироваться в широких пределах и достигать 2000 мг/м³ воздуха, что существенно превышает предельно допустимую концентрацию 5 мг/м³. Такое превышение ПДК обуславливает вредное действие калийной пыли на организм работника. Статистические данные свидетельствуют о повышенном проценте заболеваемости органов дыхания у машинистов добычных комбайнов. Все это говорит о важности работ в области борьбы с калийной (сильвинитовой и соляной) пылью. Разработка новых способов снижения массовой концентрации пыли в атмосфере рабочих зон требует экспериментальных исследований процессов динамики аэрозоля в шахтных условиях. В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований изменения фракционного состава пылеватых частиц при движении в потоке воздуха. В частости установлено увеличение процентного содержания частиц мелкой фракции по мере удаления от источника пылеобразования и уменьшение крупной. Так, доля частиц размерами до 10 мкм увеличивается при удалении от источника пылеобразования с 43% до 73,14%. В то же время доля частиц крупных фракций (21–30 мкм и частиц свыше 31 мкм) в общей совокупности частиц снижается с 9% до 5,3% и с 15% до 0,81% соответственно. Полученные данные позволяют вычислить коэффициент осаждения пыли, что является важным для разработки сетевой модели динамики соляного аэрозоля. Помимо этого, установлена экспериментальная зависимость массовой концентрации пыли в атмосфере рабочей зоны от производительности комбайнового комплекса. Экспериментальные исследования, представленные в работе, проводились для условий работающего добычного комбайнового комплекса Урал 20 Р.

Ключевые слова: калийный рудник, соляная пыль, экспериментальные исследования, вредность калийной пыли, оседание соляного аэрозоля, фракционный состав соляных пылеватых частиц, тупиковый забой, зависимость концентрации пыли от производительности комбайна.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № 0422–2019–0145–С–01), а также при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20–45–596020).

Для цитирования: Исаевич А.Г., Файнбург Г.З., Мальцев С.В. Экспериментальное исследование динамики изменения фракционного состава соляного аэрозоля в комбайновом забое калийного рудника // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 1. – С. 60–71. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_1_0_60.

Experimental research into time course of salt aerosol fraction composition in potash borer miner longwall faces

A.G. Isaevich¹, G.Z. Fainburg¹, S.V. Maltsev¹

¹ Mining Institute of Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm, Russia,
e-mail: stasmalcev32@gmail.com

Abstract: Potash longwall mining induces much dusting. Dust concentration at the borer miner operator's workplace can vary within wide ranges and reach 2000 mg/m³, which greatly exceeds the maximum allowable concentration of 5 mg/m³. Such overshoot governs the harmful effect of potash dust on miners' health. Statistical data prove the increasing rate of respiratory diseases of borer miner operators. Thus, it is important to implement potash (sylvinite and salt) dust control. New methods of dust mass concentration reduction in the working environment air to be developed require experimental research into dynamics of aerosols in mines. This article describes the experimental results of change in fraction composition of dust particle in air flow. In particular, it is found that the content of fines increases with growing distance from a dusting source while percentage of the coarse fraction decreases. For example, per cent of fine particles up to 10 µm in size grows from 43% to 73.14% with increasing distance from a dusting source. At the same time, percentage of coarse particles (21–30 µm and larger than 31 µm) reduces from 9% to 5.3% and from 15% to 0.81%, respectively. The obtained data make it possible to calculate the dust precipitation factor, which is necessary for the network modeling of salt aerosol concentration history. Furthermore, the experimental relationship is determined between the mass concentration of dust in the working zone air and the borer miner productivity. The experimental research was carried out in the working environment of borer miner model Ural 20 R.

Key words: potash mine, salt dust, experimental research, potash dust hazard, salt aerosol precipitation, salt dust fraction composition, blind face, dust concentration–borer miner productivity relationship.

Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Project No. 0422–2019–0145–S–01, and by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 20–45–596020.

For citation: Isaevich A. G., Fainburg G. Z., Maltsev S. V. Experimental research into time course of salt aerosol fraction composition in potash borer miner longwall faces. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(1):60–71. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_1_0_60.

Введение

Разрушение горной породы при ведении подземных горных работ неизбежно сопровождается процессом образования пыли, интенсивность которого становится особенно существенной при комбайновой добыче. Высокая производительность комбайновых комплексов, работающих практически непрерывно,

приводит к высокой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, что негативно влияет на здоровье шахтеров, видимость в забое и окружающую среду [1 – 3]. Эти обстоятельства заставляют искать средства снижения так называемой пылевой нагрузки.

Гигроскопичность горных пород соляных залежей не позволяет использо-

вать весь спектр таких известных методов борьбы с пылью, как предварительное увлажнение горного массива, орошение на горных машинах, пылеотсосы с последующей очисткой воздуха в скруббере, пылеподавление пеной и многие другие, основой которых является использование воды [4 – 7].

Вопрос борьбы с гигроскопической соляной пылью является более сложным, чем борьба с негигроскопичной. Концентрация соляной пыли в комбайновых забоях калийных рудников может превышать 2000 мг/м^3 воздуха, в то время как ПДК соляной пыли сильвинита (калий содержащая горная соляная порода) согласно постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 13 февраля 2018 г. № 25 об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», отнесенной к третьему классу опасности, составляет в рабочей зоне всего 5 мг/м^3 . Несложно подсчитать, что для превышения ПДК в добычной камере длиной 100 м и площадью сечения 15 м^2 достаточно перевести во взвешенное состояние всего 7,5 г калийной соли, тогда как производительность добычных комбайнов может превышать величину 7 т/мин (для комбайнов Урал 20Р). Заметим, что мелкокристаллическое строение сильвинитовых горных пород и легкость скола кристаллов соли приводят к обилию мелкодисперсных фракций пыли (менее 10 мкм), легко витающих в воздухе, особенно в условиях высоко турбулизованного вихревого движения в тупиковом забое. Более грубодисперсные фракции имеют тенденцию к осаждению, однако практически нет конкретных экспериментальных исследований динамики фракционного распределения соляного аэрозоля, необходимого для эффективного управления динамикой пылевой

обстановки. Такая ситуация, на наш взгляд, связана не только со сложностями исследования гигроскопических аэрозолей микронного и субмикронного размеров, но и со сложившимся на практике мнением о неустранимости и относительной неопасности соляной пыли. Такое спокойное отношение к высоким концентрациям пыли в калийных рудниках, вероятнее всего, связано с тем, что соляная пыль не горюча и не взрывоопасна, а ее высокая концентрация не приводит к мгновенным катастрофическим последствиям.

В отличие от опасности, вредность калийной (сильвинитовой) пыли остается значительной из-за ее большой проникающей способности в легкие, поскольку по данным [8] образующаяся при работе комбайнов пыль характеризуется высокой степенью дисперсности. В среднем от 60,5 до 83,7% витающей в зоне дыхания пыли имеет размер до 5 мкм (так называемая респираторная фракция, проникающая в легкие) [9]. Анализ литературы [10] показывает, что при принятой технологии машинной выемки калийных руд и использовании современного горного оборудования на горнорабочих воздействует целый комплекс неблагоприятных производственно-профессиональных факторов, среди которых на первые места по выраженности и распространенности следует отнести аэрозоль сильвинита.

Сравнительный анализ материалов амбулаторного наблюдения и результатов медицинских осмотров горнорабочих свидетельствует, что $56,9 \pm 3,1\%$ машинистов комбайнов страдают болезнями различных органов и систем, в то время как среди рабочих ремонтной службы — $27,6 \pm 2,3\%$, т.е. в 2,1 раза меньше. Разница в выявлении тех или иных заболеваний среди указанных профессиональных групп и их показателей, стандартизованных по возрасту и про-

фессиональному стажу, существенна и варьируется в диапазоне 26,2–29,3%. У машинистов комбайнов чаще регистрируются болезни органов дыхания, удельный вес которых равен $32,9 \pm 2,94\%$. Среди болезней данной группы 50% занимает патология верхних дыхательных путей и 47,6% – хронический бронхит, которые встречаются соответственно у $15,7 \pm 2,28\%$ и $16,5 \pm 2,32\%$ обследованных [10].

Приведенные выше данные убедительно свидетельствуют о том, что защита от высокодисперсной соляной пыли на калийных рудниках является важной и актуальной задачей. Решение данной задачи невозможно без экспериментального изучения физических процессов динамики воздушных потоков и содержащегося в них соляного аэрозоля как в пространстве тупикового добычного забоя, так и в сети горных выработок.

Экспериментальные исследования оседания соляного аэрозоля

Основными процессами динамики соляного аэрозоля являются: первичное (при диспергации) и вторичное (при взметывании и коагуляции) генерирование аэрозольных частиц, их оседание (седиментация) из-за силы тяжести, перенос воздухом с учетом перемешивания потоков.

В натурном эксперименте возможна постановка двух задач о динамике пылевого аэрозоля. Первая – оседание первоначально созданного облака пыли в застойной зоне (в изолированной камере) более характерна для буровзрывных работ, когда пыль образуется при отпале руды [11]. Вторая – оседание пыли по мере движения в спутном потоке вдоль выработки более характерна для комбайнового забоя (при нагнетательном проветривании тупикового забоя) и сквозных выработок вентиляционной сети. Нами была выбрана вторая задача, поскольку изучение распределения пыли в сквозных выработках и определение коэффициента осаждения пылевого аэрозоля является особенно важным для разработки сетевой модели распространения пыли в системе горных выработок.

Для проведения эксперимента, позволяющего оценить процессы оседания аэрозольных частиц различных фракций по длине выработки, был выбран вентиляционный штрек лавы длиной 350 м и сечением 8 м^2 (высота 3 м). На всем протяжении участка измерений штрек не имел ответвлений. За начало координат выбрано место пылеобразования.

По всей длине штрека через каждые 50 м на почве были расставлены 7 емкостей объемом 300 мл каждая, в которые осаждалась витающая пыль (рис. 1).

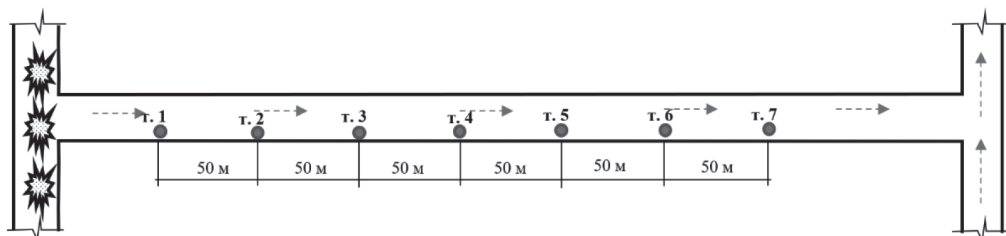
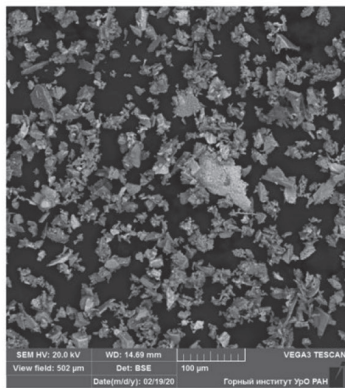


Рис. 1. Расположение точек замера по длине горной выработки. Точка № 1 расположена на расстоянии 50 м от источника пылеобразования (сопряжения вентиляционного штрека с лавой). Остальные 6 точек расположены через каждые 50 м по направлению движения воздушной струи

Fig. 1. Layout of measurement points along longwall. Point 1 is situated at a distance of 50 m from dusting source (ventilation drift and longwall juncture). The rest 6 points are arranged 50 m apart from each other along the air flow

а)



б)

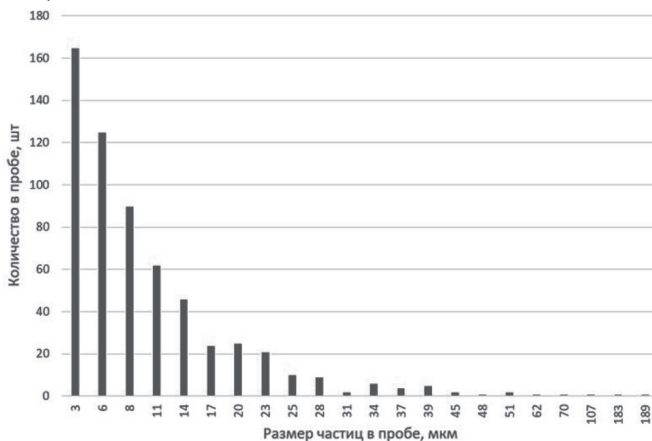


Рис. 2. Результаты оценки фракционного состава соляных пылеватых частиц в точке № 1: фотография частиц пробы под микроскопом (а); распределение частиц по размерам в пробе (б)

Fig. 2. Results on fraction composition of salt dust particles at point 1: (a) microscope picture of particles in sample; (b) size distribution of particles in sample

Осаждавшаяся в емкости пыль собиралась в течение суток, затем емкости герметично закрывались и распаковывались непосредственно перед проведением анализа. Относительная влажность воздуха, зафиксированная в месте отбора проб, оставляла 37,6%, относительная влажность воздуха в лаборатории (в месте проведения анализа) — 26%. Средняя скорость воздуха в вентиля-

ционном штреке составляла 1,76 м/с. Исследование фракционного состава частиц проводилось в лаборатории геологии месторождений полезных ископаемых Горного института УрО РАН с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 LMH (Tescan) с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20.

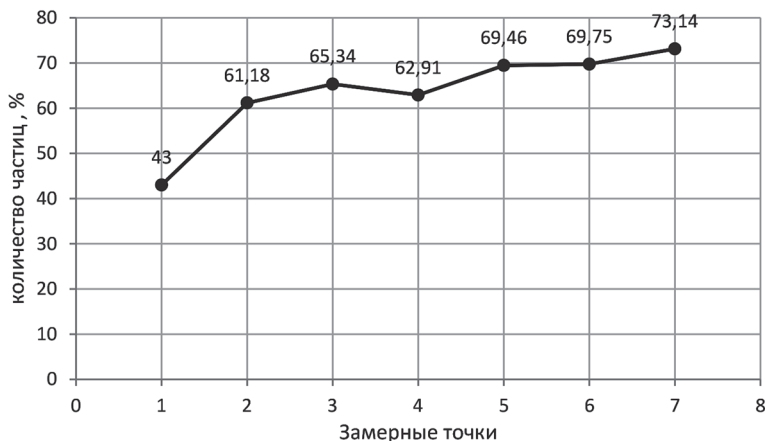


Рис. 3. Изменение процентного содержания частиц размерами до 10 мкм по мере удаления от источника пылеобразования

Fig. 3. Change in per cent of particles up to 10 µm in size with increasing distance from dusting source

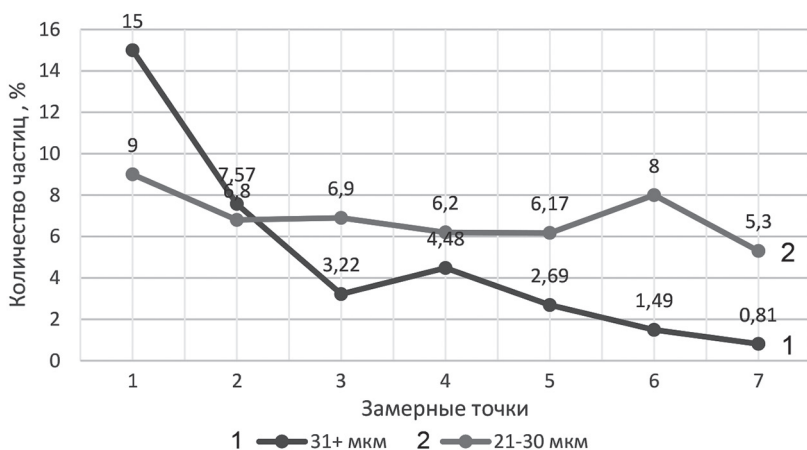


Рис. 4. Изменение процентного содержания частиц размерами 21–30 мкм и свыше 31 мкм по мере удаления от источника пылеобразования

Fig. 4. Change in per cent of particles 21–30 μm and larger than 31 μm in size with increasing distance from dusting source

Результаты оценки фракционного состава соляных пылеватых частиц на расстоянии 50 м от источника пылеобразования (точка № 1) приведены на рис. 2. Подобные данные получены в каждой точке.

На рис. 2 хорошо видно различие оседания крупнодисперсной пыли и респирабельной фракции, которая к первой замерной станции не успела еще сколько-нибудь осесть.

С использованием данных, обработанных подобным образом, во всех семи пробах построены зависимости. Анализируя полученные результаты, можно заметить увеличение процентного содержания частиц мелкой фракции по мере удаления от источника пылеобразования. Это хорошо видно на графике, представленном на рис. 3.

График показывает, что доля частиц размерами до 10 мкм увеличивается при удалении от источника пылеобразования. В то же время доля частиц крупных фракций 21–30 мкм и частиц свыше 31 мкм в общей совокупности частиц снижается (рис. 4), что хорошо согласуется с литературными данными [12].

Поскольку определение коэффициентов осаждения по размерам фракций довольно трудоемко, а в практике решения сетевых задач (в терминах средней по сечению массовой концентрации) необходимо знать коэффициент осаждения пыли как некий феноменологический коэффициент стока примеси, был проведен специальный эксперимент по его определению.

Дополнительный эксперимент был проведен в условиях тупиковой выра-

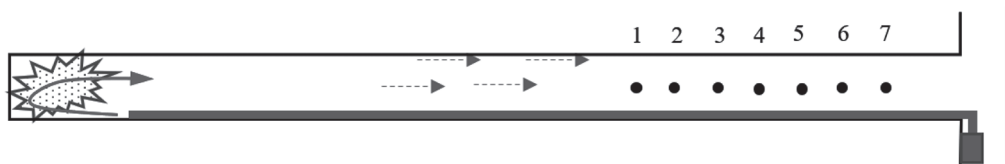


Рис. 5. Расположение точек замера массовой концентрации пыли

Fig. 5. Layout of dust mass concentration measurement points

ботки длиной 150 м, сечением 15,6 м² (рис. 5). В забое выработки находился непрерывный источник пылевыделения (его роль выполнял добычной комбайн). В тупиковую часть при помощи вентиляционного става нагнетался воздух в количестве 2,5 м³/с, таким образом запыленный воздух двигался к устью выработки со скоростью 0,16 м/с. Ближе к устью тупиковой выработки (где наблюдалось устойчивое продольное движение воздуха) были выбраны 8 точек, расположенных через каждые 10 м. В каждой точке проводилось измерение массовой концентрации пыли.

Из рис. 6 видно, как происходит падение концентрации пыли по мере удаления от источника пылеобразования. Падение концентрации происходит монотонно, по слабо нелинейному закону. Слабость изменения была вызвана малой длиной выработки (время движения воздуха около 15 мин), что не позволяло увидеть экспоненциальный характер затухания. Заметим, что $\exp(-x)$ при малых x становится близкой к $\exp(-x) \cong (1-x)$ (первые два члена разложения в ряд Маклорена). Именно такой характер изменения наблюдается на рис. 6.

Полученные данные использовались для определения коэффициента осажде-

ния λ частиц соляной пыли в движущемся потоке воздуха. Под коэффициентом осаднения понимается коэффициент λ в уравнении переноса пыли вдоль по выработке:

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda C \quad (1)$$

Здесь U — скорость движения воздуха в выработке, м/с; x — координата вдоль оси выработки, м.

Коэффициент осаднения характеризует то, насколько быстро уменьшается средняя концентрация пыли C в сечении горной выработки по мере продвижения вдоль этой горной выработки вместе с воздушным потоком со скоростью U . Коэффициент осаднения, равный единице, предполагает, что при перемещении вдоль горной выработки на расстояние 1 м вместе с воздухом, имеющим среднюю скорость 1 м/с, средняя концентрация пыли в сечении уменьшится на 1% по сравнению со своим первоначальным значением. В рассматриваемом случае коэффициент осаднения вводится для массовой концентрации всей пыли, присутствующей в горной выработке, и не учитывает ее дисперсного состава.

Если теперь решить уравнение (1) аналитически относительно concentra-

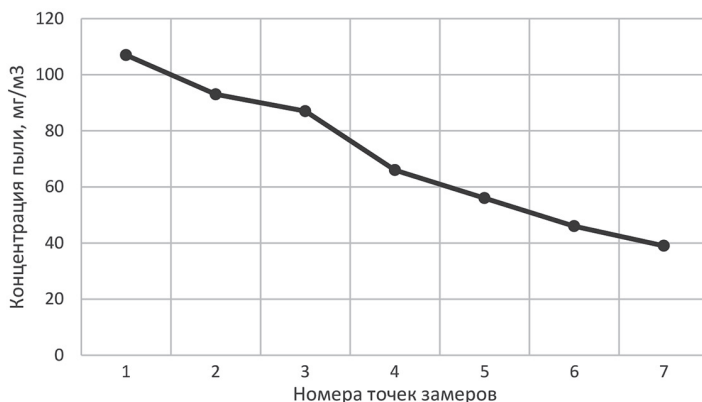


Рис. 6. Изменение массовой концентрации пыли по мере удаления от источника пылеобразования

Fig. 6. Change in dust mass concentration with growing distance from dusting source

ции, после чего выразить параметр λ , получим:

$$C(x) = C_0 \exp\left(-\frac{\lambda}{U} x\right), \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{U}{x} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{V}{x_2 - x_1} \ln \frac{C_1}{C_2}. \quad (3)$$

Формула (3) позволяет вычислить величину коэффициента λ по данным экспериментальных измерений — концентрации C_1 в точке x_1 и концентрации C_2 в точке x_2 ; V — объем выработки, м³. Величина коэффициента λ по данным эксперимента составила 0,01. Данная величина может быть использована для параметризации математических моделей, описывающих движение пылевых потоков в вентиляционной сети рудника [12, 13].

Экспериментальные исследования генерации соляного аэрозоля

Расчет динамики пылевоздушных потоков в тупиковых комбайновых забоях с помощью математических моделей требует знания мощности источников пылеобразования и их соответствующего математического описания. В работе [11] приводится простая зависимость массовой концентрации пыли C , мг/м³ (в районе кабины машиниста комбайна) в зависимости от производительности комбайна J , т/мин.

$$C = 250 J. \quad (4)$$

Авторы отмечают, что интенсивность пылеобразования зависит от типа и конструкции исполнительного органа, схемы набора зубков, усилия подачи комбайна на забой, наличия (или отсутствия) ограждающего щита, качества его герметизации и др. Однако количественные исследования влияния данных факторов не учитывались и в литературе не публиковались.

Все эти факторы со времени написания работы [11] изменились ввиду изменения технических элементов исполнительного органа и комбайна в целом. Если рассматривать типичную ситуацию непрерывной работы комбайна в тупиковом забое калийного рудника, то необходимо учесть наличие заградительного щита на наиболее распространенном на сегодня комбайне типа «Урал 20 Р». Заградительный щит отделяет зону разрушения массива (и пылеобразования) от пространства рабочей зоны забоя. Периодический (связанный с вращением режущего органа) выброс пыли из-за заградительного щита вносит свой вклад в общую запыленность забоя. Однако нужно учитывать, что такое выделение пыли не является единственным в забое, кроме него существует также процесс заполнения рудой бункера перегружателя, когда руда ссыпается со стрелы комбайна в бункер и идет загрузка самоходного вагона. Данный процесс осуществляется при любой производительности комбайна и вносит основной вклад в запыленность рабочего места машиниста комбайна.

Учитывая этот факт, соответствие зависимости $C = 250J$ современным реальным условиям плохо прослеживается. Более того, по некоторым данным, изменение производительности комбайнового комплекса не влияет на величину концентрации пыли в забое. Авторы считают это погрешностью процедуры проведения эксперимента.

Для более детального изучения данного вопроса (влияния производительности комбайнового комплекса на запыленность рабочего места машиниста комбайна) а рамках исследования проведена серия замеров концентрации соляной пыли в действующей добычной камере при различных значениях производительности комбайнового комплекса («Урал 20 Р»). В качестве харак-

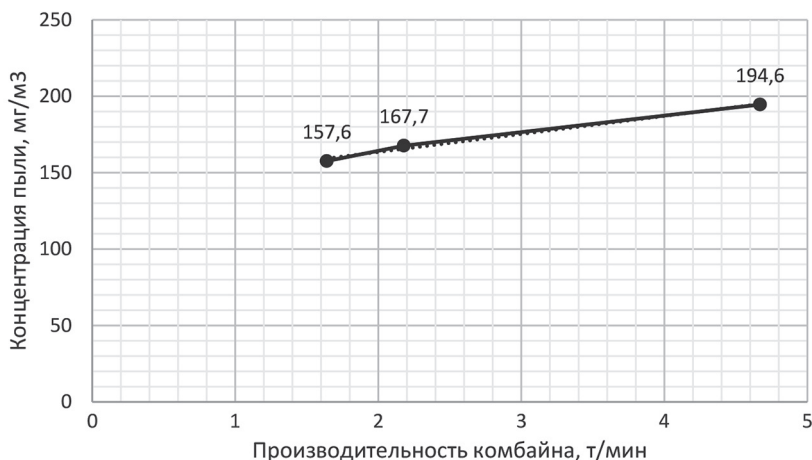


Рис. 7. Зависимость массовой концентрации пыли от производительности комбайна
 Fig. 7. Dust mass concentration versus borer miner productivity

терной точки было выбрано рабочее место машиниста комбайна «Урал 20 Р». Проветривание тупиковой выработки осуществлялось с использованием нагнетательного способа, а количество воздуха, выходящего из вентиляционного става, составляло 1,54 м³/с. Скорость воздуха в районе замера концентрации пыли (между комбайном и стенкой выработки) была равна около 2,3 м/с. Относительная влажность воздуха составляла 44%.

На рис. 7 представлен график, отражающий зависимость массовой концентрации пыли на рабочем месте машиниста комбайна от производительности комбайна.

Если построить линейную аппроксимацию по экспериментальным точкам, то такая формула зависимости концентрации пыли от производительности комбайна будет иметь вид:

$$C = 11,8 J + 139,9 \text{ мг/м}^3. \quad (5)$$

При этом необходимо отметить, что на холостом ходу, когда исполнительный орган вращался, но подача комбайна на забой отсутствовала, а значит не было потока отбитой руды и пылеобразования при пересыпе руды в бункер-

перегрузатель, замеренная концентрация пыли составила порядка 50 мг/м³ воздуха. Это связано с тем, что в этом режиме работали электродвигатели комбайна, они обдувались крыльчатками для охлаждения, также продолжалось проветривание забоя.

Кроме того, применение нагнетательного способа проветривания способствует большой завихренности потока, которая обуславливает вторичное образование пыли и частично ее своеобразную «рециркуляцию» в забое относительно рабочего места [14]. В связи с этим в воздухе постоянно находилось определенное количество пыли, которая поступала из-за щита комбайна. Также часть уже осевшей пыли переходила во взвешенное состояние.

Заключение

Крайне важны знания закономерностей изменения массовой концентрации соляного аэрозоля в сечении горной выработки по ее длине, а также закономерностей генерации пыли на комбайновых комплексах. Это позволит параметризовать математическую модель динамики пылевоздушной смеси в системе горных выработок.

В настоящей работе получены экспериментальные данные об изменении фракционного состава соляных частиц в движущемся потоке воздуха, изменения массовой концентрации соляной пыли по мере удаления от источника пылеобразования. Кроме того, проведены эксперименты и уточнена зависимость массовой концентрации пыли от производительности (наиболее ши-

роко применяющегося) комбайнового комплекса «Урал 20 Р» в современных условиях Верхнекамского месторождения калийных солей.

Все эти данные помогут в разработке и верификации современных математических моделей, описывающих динамику соляного (сильвинитового) аэрозоля, образующегося при добыче калийных солей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ищук И. Г., Поздняков Г. А.* Средства комплексного обеспыливания горных предприятий: справочник. — М.: Недра, 1991. — 252 с.
2. *Кобылкин А. С.* Исследования пылераспределения в очистном забое у комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6-1. — С. 65–73. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-65-73.
3. *Gendler S. G., Rudakov M. L., Kuznetsov V. S.* Evaluation principles of the dust influence of mining enterprises on the environment // *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2019, vol. 56, no. 3, pp. 62–69. DOI: 10.2478/lpts-2019-0020/.
4. *Kaledina N. O., Kobytkin S. S., Kobytkin A. S.* The calculation method to ensure safe parameters of ventilation conditions of goaf in coal mines // *Eurasian Mining*. 2016, no. 1, pp. 41–44.
5. *Кобылкин А. С.* Исследование распространения и осаждения частиц пыли в горных выработках, с учетом расположенного в ней оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № S32. — С. 61–66.
6. *Ma Q., Nie W., Yang S., Xu C., Peng H., Liu Z., Guo C.* Effect of spraying on coal dust diffusion in a coal mine based on a numerical simulation // *Environmental Pollution*. 2020, vol. 264, article 114717.
7. *Справочник по борьбе с рудничной пылью / Под ред. Л. И. Барона.* — М., 1962. — 324 с.
8. *Lotz G., Plitzko S., Gierke E., Tittelbach U., Kersten N., Schneider W. D.* Dose – response relationships between occupational exposure to potash, diesel exhaust and nitrogen oxides and lung function: cross-sectional and longitudinal study in two salt mines // *International archives of occupational and environmental health*. 2008, vol. 81, no. 8, pp. 1003–1019.
9. *Исаевич А. Г., Кормщиков Д. С.* Исследование пылевой обстановки в условиях калийного рудника, опыт снижения запыленности атмосферы рабочих мест // *Известия ТулГУ. Науки о Земле.* — 2018. — № 4. — С. 60–72.
10. *Косыаченко Г. Е.* Гигиенические основы комплексной оценки добычи калийных руд Беларуси и рационального использования спелеосреды месторождения: автореф. дис. д-ра мед. наук. — Минск: БГМУ, 2004. — 38 с.
11. *Медведев И. И., Красноштейн А. Е.* Аэрология Калийных рудников. — Свердловск: УРО АН СССР, 1990. — 249 с.
12. *Семин М. А., Исаевич А. Г., Жихарев С. Я.* Исследование оседания пыли калийной соли в горной выработке // *ФТПРПИ.* — 2021. — № 2. — С. 178–191.
13. *Semin M. A., Levin L. Y.* Stability of air flows in mine ventilation networks // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019, vol. 124, pp. 167–171.
14. *Файнбург Г. З., Исаевич А. Г.* Анализ микроциркуляционных потоков между микронеонами в забое тупиковых комбайновых выработок калийных рудников при различ-

REFERENCES

1. Ishchuk I. G., Pozdnyakov G. A. *Sredstva kompleksnogo obespylivaniya gornyykh predpriyatiy: spravochnik* [Integrated dedusting tools for mines: Handbook], Moscow, Nedra, 1991, 252 p.
2. Kobylkin A. S. Dust distribution at a coal shearer in the face area. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 6-1, pp. 65–73. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-65-73.
3. Gendler S. G., Rudakov M. L., Kuznetsov V. S. Evaluation principles of the dust influence of mining enterprises on the environment. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences.* 2019, vol. 56, no. 3, pp. 62–69. DOI: 10.2478/lpts-2019-0020/.
4. Kaledina N. O., Kobylkin S. S., Kobylkin A. S. The calculation method to ensure safe parameters of ventilation conditions of goaf in coal mines. *Eurasian Mining.* 2016, no. 1, pp. 41–44.
5. Kobylkin A. S. Dust propagation and precipitation in mines with regard to equipment layout. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. S32, pp. 61–66. [In Russ].
6. Ma Q., Nie W., Yang S., Xu C., Peng H., Liu Z., Guo C. Effect of spraying on coal dust diffusion in a coal mine based on a numerical simulation. *Environmental Pollution.* 2020, vol. 264, article 114717.
7. *Spravochnik po bor'be s rudnichnoy pyl'yu.* Pod red. L. I. Barona [Guidelines on dust control in mines. Baron L. I. (Ed.)], Moscow, 1962, 324 p.
8. Lotz G., Plitzko S., Gierke E., Tittelbach U., Kersten N., Schneider W. D. Dose–response relationships between occupational exposure to potash, diesel exhaust and nitrogen oxides and lung function: cross-sectional and longitudinal study in two salt mines. *International archives of occupational and environmental health.* 2008, vol. 81, no. 8, pp. 1003–1019.
9. Isaevich A. G., Kormshchikov D. S. Dust condition analysis in potash mines, experience of dust reduction at workplaces. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta, Nauki o zemle.* 2018, no. 4, pp. 60–72. [In Russ].
10. Kosyachenko G. E. *Gigienicheskie osnovy kompleksnoy otsenki dobychi kaliynykh rud Belarusi i ratsional'nogo ispol'zovaniya speleosredy mestorozhdeniya* [Basic hygiene for integrated potash production evaluation in Belarus and effective use of speleo rooms], Doctor's thesis, Minsk, BGMU, 2004, 38 p.
11. Medvedev I. I., Krasnoshteyn A. E. *Aerologiya Kaliynykh rudnikov* [Aerology in potash mines], Sverdlovsk, UrO AN SSSR, 1990, 249 p.
12. Semin M. A., Isaevich A. G., Zhikharev S. Ya. Potash dust precipitation analysis in stopes. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh.* 2021, no. 2, pp. 178–191. [In Russ].
13. Semin M. A., Levin L. Y. Stability of air flows in mine ventilation networks. *Process Safety and Environmental Protection.* 2019, vol. 124, pp. 167–171.
14. Fainburg G. Z., Isaevich A. G. Analysis of microcirculation flows between microzones in face areas of blind shear stopes in potash mines with different ventilation methods. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 3, pp. 58–73. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-58-73.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Исаевич Алексей Геннадиевич¹ — канд. техн. наук, заведующий сектором, Scopus ID: 56671263900,
Файнбург Григорий Захарович² — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Scopus ID: 57191526131,

Мальцев Станислав Владимирович¹ — канд. техн. наук,
научный сотрудник, e-mail: stasmalcev32@gmail.com,
Scopus ID: 57215839650,

¹ Горный институт Уральского отделения РАН.

Для контактов: Мальцев С.В., e-mail: stasmalcev32@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.G. Isaevich¹, Cand. Sci. (Eng.), Head of Sector,
Scopus ID: 56671263900,

G.Z. Fainburg¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Chief Researcher, Scopus ID: 57191526131,

S.V. Maltsev¹, Cand. Sci. (Eng.), Researcher,
e-mail: stasmalcev32@gmail.com, Scopus ID: 57215839650,

¹ Mining Institute of Ural Branch,
Russian Academy of Sciences, 614007, Perm, Russia.

Corresponding author: S.V. Maltsev, e-mail: stasmalcev32@gmail.com.

Получена редакцией 17.05.2021; получена после рецензии 08.07.2021; принята к печати 10.12.2021.

Received by the editors 17.05.2021; received after the review 08.07.2021; accepted for printing 10.12.2021.



ОТ РЕДАКЦИИ

В Горном информационно-аналитическом бюллетене № 10, 2021 в статье авторов Аверина А. П., Белоусова Ф. С., Пашичева Б. Н., Трофимова В. А. «Закономерности фильтрации газа через образец горной породы» на с. 100, 101 допущены технические ошибки:

№ стр.	Опубликовано	Должно быть
100	<p>Ключевые слова: фильтрация, горная порода, проницаемость, сорбция, десорбция, давление газа, стационарный и нестационарный режим фильтрации.</p> <p>Для цитирования: ...</p>	<p>Ключевые слова: фильтрация, горная порода, проницаемость, сорбция, десорбция, давление газа, стационарный и нестационарный режим фильтрации.</p> <p>Благодарность: Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-943 и European Commission Research Fund for Coal and Steel (RFCS) funded project «Advanced methane drainage strategy employing underground directional drilling technology for major risk prevention and greenhouse gases emission mitigation» GA: 847338 — DD-MET — RFCS-2018/RFCS-2018.</p> <p>Для цитирования: ...</p>
101	<p>Key words: permeation, rock, permeability, adsorption, desorption, gas pressure, nonstationary and stationary flow modes.</p> <p>For citation: ...</p>	<p>Key words: permeation, rock, permeability, adsorption, desorption, gas pressure, nonstationary and stationary flow modes.</p> <p>Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-15-2021-943 and European Commission Research Fund for Coal and Steel (RFCS) funded project «Advanced methane drainage strategy employing underground directional drilling technology for major risk prevention and greenhouse gases emission mitigation» GA: 847338 — DD-MET — RFCS-2018/RFCS-2018.</p> <p>For citation: ...</p>