

Оценка эффективности пылеподавления с использованием смачивающих растворов

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-60-63>

РЫБИЧЕВ А.А.

Аспирант НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: rybichev@yandex.ru

ПЕРНЕБЕК Б.П.

Аспирант НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: pbektur@mail.ru

Актуальность проблемы обоснована совершенствованием системы пылевзрывобезопасности угольных шахт за счет определения оптимальных концентраций смачивателя при его применении для увлажнения угольных пластов. Рекомендуемые концентрации смачивателей в растворе составляют 0,05–0,15%. Было проведено три серии экспериментов для нахождения оптимальной концентрации смачивателя с целью снижения пылеобразующей способности угля. В первой серии опытов определялась критическая концентрация мицеллообразования смачивателя «Неолас»; во второй – определялась концентрация смачивателя, при которой при разрушении обработанного угля был наименьший выход тонких фракций пыли и наибольший выход крупных пылевых частиц; в третьей – рассчитывалась пылеобразующая способность угля и определялась оптимальная концентрация смачивателя. Установлено, что при концентрации смачивателя 0,2–0,3% пылеобразующая способность угля имеет минимальное значение.

Ключевые слова: уголь, угольная пыль, критическая концентрация мицеллообразования, пылеобразующая способность угля, смачиватель.

Для цитирования: Рыбичев А.А., Пернебек Б.П. Оценка эффективности пылеподавления с использованием смачивающих растворов // Уголь. 2023. №. 12 С. 60–63. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-60-63.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с программой развития угольной отрасли РФ объемы добычи угля увеличиваются. Это потребует дальнейшего повышения интенсивности ведения горных работ, обеспечивающей увеличение нагрузки на очистные забои, что, естественно, вызовет интенсификацию процессов газопылевыделения, пылеотложения [1, 2]. Значительные пылеотложения, даже в малогазовых шахтах, могут превращать взрывы небольшого количества метана во взрывы большой мощности, что и произошло в ноябре 2021 г. на шахте «Листвяжная» в Кузбассе [3, 4]. Следовательно, интенсификация процессов ведения горных работ возможна за счет совершенствования всех составляющих: техники, технологии, шахтных многофункциональных систем безопасности, включающих обеспечение аэрологической безопасности [5, 6, 7].

Для повышения эффективности связывания пыли используются растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) [8, 9]. Известно, что уголь является гидрофобным веществом и плохо смачивается водой. Для повышения эффективности смачивания угля и угольной пыли широко используются смачивающие растворы, такие как «Синтанол», «Неолас», «Эльфор-М» и др. Рекомендуемые концентрации их в растворе составляют 0,05–0,15%, рассчитываемые по критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Если концентрация растворов больше ККМ, то растворы ПАВ способны образовывать термодинамически устойчивые лиофильные коллоидные растворы, что повышает эффективность процессов смачивания.

Другое дело, это процессы взаимодействия ПАВ с углем, которые зависят как от свойств ПАВ, так и от свойств угля: влажности, петрографического состава, сорб-

ционной способности, коллекторских свойств, газового состава углей, включающего наличие тяжелых углеводородов и др. [10, 11]. Эти показатели определяют процессы адсорбционного взаимодействия растворов смачивателей и угля, определяют так называемую площадь «посадки» молекулы ПАВ. К наиболее плохо смачиваемым углям относятся угли средней стадии метаморфизма, поэтому в дальнейших исследованиях использовался уголь марки «Ж».

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки эффективности пылеподавления с использованием смачивателей были проведены лабораторные опыты по смачиванию угля пласта Е-5, разрабатываемого шахтой «Осинниковская». Исследования включали проведение трех серий экспериментов и нахождение оптимальной концентрации смачивателя. В первой серии опытов определялась ККМ смачивателя; во второй – определялась концентрация смачивателя, при которой при разрушении обработанного угля был наименьший выход тонких фракций пыли и наибольший выход крупных пылевых частиц; в третьей – рассчитывалась пылеобразующая способность угля и определялась оптимальная концентрация смачивателя.

Качественные показатели пласта Е-5: марка – Ж, влажность – 2,8%; выход летучих веществ – 32,1%; зольность – 8,3%; содержание серы – 0,48%; удельное пылевыделение – 1100 г/т; нижний предел взрывчатости пыли – 36 г/т. Навески угля (масса одной навески – 10 граммов) помещались в сосуды, заполненные чистой водой и рабочей жидкостью, с концентрациями смачивателя «Неолас» от 0,15 до 1,0% и выдерживались при температуре 20°C в течение 24 ч. Объем исследуемой жидкости был одинаков во всех опытах (50 мл).

Из анализа данных (рис. 1) следует, что ККМ составляет 0,05%. Визуально на графике в точке (при концентрации 0,05%), соответствующей ККМ, происходит резкое снижение поверхностного натяжения раствора смачивателя в 1,89 раза, почти в два раза.

Вторая часть исследований касалась оценки эффективности концентрации смачивателя в процессах снижения пылеобразования. Были подготовлены «сухие» образцы угля, которые не смачивались ни чистой водой, ни растворами смачивателя.

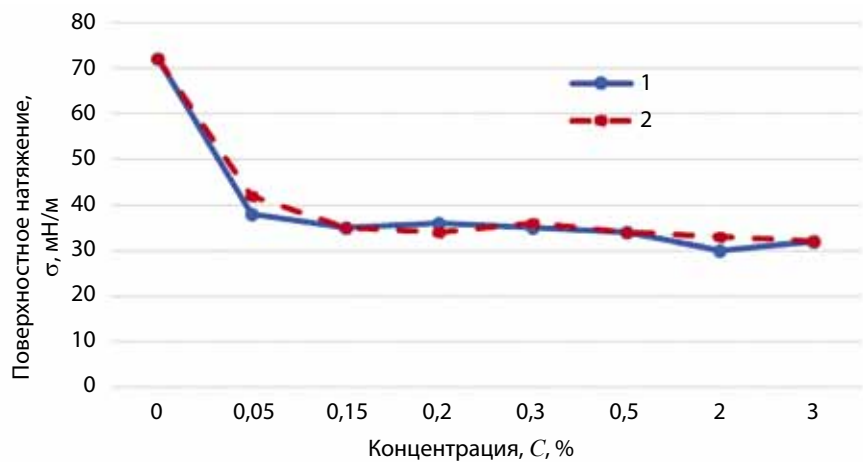


Рис. 1. Определение критической концентрации мицеллообразования: 1 – эталонное поверхностное натяжение смачивателя, 2 – поверхностное натяжение смачивателя после взаимодействия с углем
 Fig. 1. Determination of the critical concentration in micelle formation: 1 – reference surface tension of the wetting agent, 2 – surface tension of the wetting agent after interaction with carbon

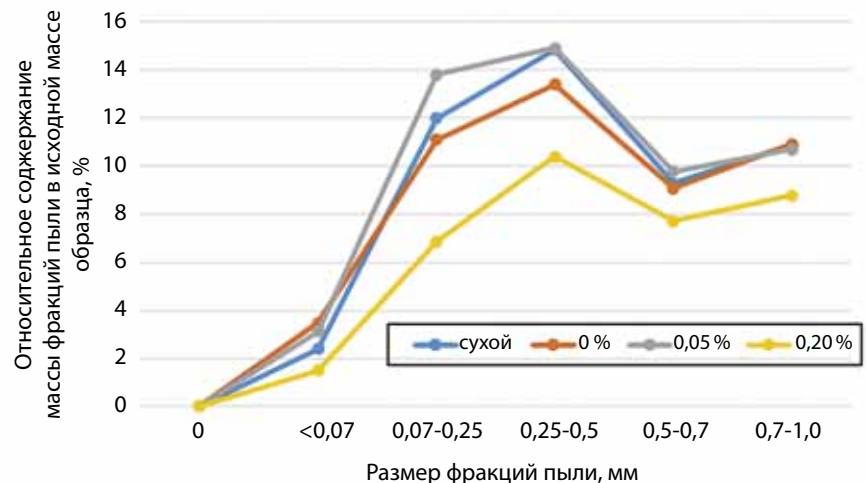


Рис. 2. Фракционный состав продуктов разрушения угля
 Fig. 2. Fractional composition of coal breaking products

Как следует из анализа литературных источников, фракционный состав угольной пыли оказывает значительное влияние на взрывоопасность воздуха в угольных шахтах [12, 13].

Анализ данных (рис. 2) показывает, что выход тонких фракций пыли при разрушении образца угля, увлажненного двухпроцентным содержанием раствора смачивателя, меньше в 2,01 раза, а выход крупных фракций – больше в 1,4 раза, что свидетельствует об эффективности увлажнения угля концентрацией смачивателя 0,2%.

В проведении третьей серии экспериментов оценивалась пылеобразующая способность угля, увлажненного концентрацией смачивателя в диапазоне (%): 0,05; 0,2; 0,5; 0,7; 1,0. И рассчитывалась их пылеобразующая способность по методу сбрасывания груза. Из анализа данных (рис. 3) следует, что оптимальное значение пылеобразующей способности угля находится в интервале концентраций смачивателя 0,2-0,3%.

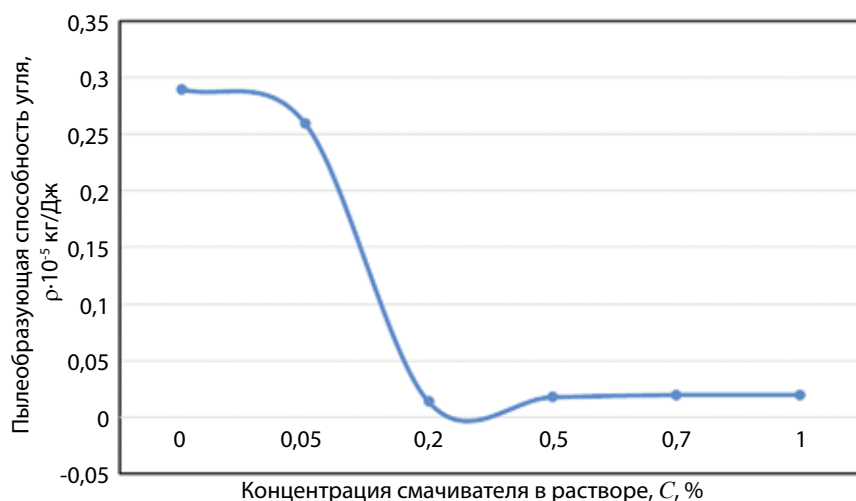


Рис. 3. Оценка эффективности пылеподавления от концентрации смачивателя

Fig. 3. Estimation of dust suppression efficiency depending on concentration of the wetting agent

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для снижения аэрологических рисков взрыва метана и угольной пыли необходимо управлять свойствами и состоянием угольного массива, для чего используются гидравлическое воздействие на угольные пласты в режиме фильтрации или гидрорасчленения, дегазация, тепловое и физико-химическое воздействия и др. [14, 15]. Среди физико-химических способов в настоящее время широко используется применение ПАВ. Увлажнение угольного массива растворами смачивателей в концентрациях, соответствующих сорбционным емкостям угля, будет обеспечивать увлажнение плохо смачиваемых углей (коксоующихся углей) [16].

Установлено, что критической концентрацией мицеллообразования для смачивателя «Неолас» является концентрация 0,05%. Выход тонких фракций пыли при разрушении образца угля, увлажненного двухпроцентным содержанием раствора смачивателя, меньше в 2,01 раза, а выход крупных фракций — больше в 1,4 раза. В интервале концентраций смачивателя 0,2–0,3% пылеобразующая способность угля имеет минимальное значение, что свидетельствует об эффективности увлажнения угля концентрацией смачивателя 0,2%.

Список литературы

1. Обеспечение пылевзрывобезопасности подземных горных выработок в угольных шахтах: методы и современные тенденции / А.В. Корнев, А.А. Спицын, Г.И. Коршунов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 3. С. 133-149. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-133.
2. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Научно обоснованные технологические решения по снижению аэрологических рисков на действующих и проектируемых угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 2. С. 139-151. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-2-0-139.

3. Рыбичев А.А. К вопросу оценки влияния тяжелых углеводородов на взрывчатость пылеметановоздушных смесей // Уголь. 2023. № 2. С. 41-44. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-41-44.

4. Superposition risk assessment of the working position of gas explosions in chinese coal mines / F. Li, X. He, Yue Zhang et al. // Process Safety and Environmental Protection. 2022. Vol. 167. P. 274-283. DOI: 10.1016/j.psep.2022.09.017.

5. Методические основы синтеза моделей развития горных работ для управления процессом воспроизводства очистного фронта угольных шахт / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Стадник, Н.М. Стадник и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 4. С. 685-694. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-4-685-694.

6. Research and practice of intelligent coal mine technology systems in China / G. Wang, H. Ren, G. Zhao et al. // International Journal

of Coal Science & Technology. 2022, Vol. 9. Article 24. DOI: 10.1007/s40789-022-00491-3.

7. Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Куликова Е.Ю. Оценка влияния тяжелых углеводородов на аэрологические риски аварий в угольных шахтах // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 2. С. 234–245. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-2-234-245.
8. Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли / А.В. Корнев, Н.В. Ледяев, Е.И. Кабанов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6–2. С. 115-134. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115.
9. Математическое моделирование массопереноса в коллоидных системах / А.Э. Филин, С.В. Тertyчная, И.Ю. Курносов и др. // Уголь. 2023. № 5. С. 72-76. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-72-76.
10. Abnormal concentration and origin of heavy hydrocarbon in upper permian coal seams from Enhong syncline, Yunnan, China / F. Lan, Y. Qin, M. Li et al. // Journal of Earth Science. 2012. No 23. P. 842-853. DOI: 10.1007/s12583-012-0294-x.
11. Sun X., Hu Y., Li D. Research on the geochemical characteristics of coalbed methane and relationship between gas-logging and measured gas component in Guxu mine of southern Sichuan coalfield, China // Arabian Journal of Geosciences. 2021. No 14. 2128. DOI: 10.1007/s12517-021-08298-3.
12. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines / V. Rodionov, M. Tumanov, I. Skripnik et al. / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 981(3). 032024. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032024.
13. Determination of kinetic parameters and conditions of the spontaneous combustion of coal during its transportation / V. Rodionov, I. Skripnik, Yu. Ksenofontov et al. / AIP Conference Proceedings. 2022. 2467. 080004. DOI: 10.1063/5.0093906.
14. Тарасенко И.А., Куликова А.А., Ковалева А.М. К вопросу оценки автоматизации контроля параметров метановоздушной смеси // Уголь. 2022. № 11. С. 80-84. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-80-84.

15. Лебедев В.С., Скопинцева О.В. Остаточные газовые компоненты угольных пластов: состав, содержание, потенциальная опасность // Горный журнал. 2017. № 4 С. 84-86. DOI: 10.17580/gzh.2017.04.17.
16. Павленко М.В., Скопинцева О.В. О роли капиллярных сил при вибровоздействии на гидравлически обработанный газонасыщенный угольный массив // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 3. С. 43-50. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50.

Original Paper

UDC 622.807 © A.A. Rybichev, B.P. Pernebek, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 12, pp. 60-63
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-60-63>

Title

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DUST SUPPRESSION WITH THE USE OF WET SOLUTIONS

Authors

Rybichev A.A.¹, Pernebek B.P.¹

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors Information

Rybichev A.A., Postgraduate student, e-mail: rybichev@yandex.ru

Pernebek B.P., Postgraduate student, e-mail: pbektur@mail.ru

Abstract

The urgency of the problem is substantiated by the improvement of the system of dust and explosion safety of coal mines by determining the optimal concentrations of the wetting agent when it is used to moisten coal seams. The recommended concentrations of wetting agents in the solution are 0,05–0,15%. Three series of experiments were carried out to find the optimal concentration of the wetting agent in order to reduce the dust-forming ability of coal. In the first series of experiments, the critical concentration of micellization of the wetting agent "Neolas" was determined; in the second, the concentration of the wetting agent was determined, at which, during the destruction of the treated coal, there was the smallest yield of fine dust fractions, and the largest yield of large dust particles; in the third, the dust-forming capacity of coal was calculated and the optimal concentration of the wetting agent was determined. It has been established that the dust-forming ability of coal has a minimum value in the range of wetting agent concentrations of 0,2-0,3%.

Keywords

Coal, Coal dust, Critical micelle concentration, Dust-forming capacity of coal, Wetting agent.

References

- Kornev A.V., Spitsyn A.A., Korshunov G.I. & Bazhenova V.A. Preventing dust explosions in coal mines: Methods and current trends. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2023;(3):133-149. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-133.
- Balovtsev S.V. & Skopintseva O.V. Science-based technological solutions for aerological risks reducing in operating and designing coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2023;(2):139-151. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-2-0-139.
- Rybichev A.A. On the question of evaluation of the influence of heavy hydrocarbons on the explosibility of dust-methane-air mixtures. *Ugol'*, 2023, (2), pp. 41-44. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-41-44.
- Li F., He X., Zhang Yue, Wang Ch., Tang Jia & Sun R. Superposition risk assessment of the working position of gas explosions in chinese coal mines. *Process Safety and Environmental Protection*, 2022, (167), pp. 274-283. DOI: 10.1016/j.psep.2022.09.017.
- Kuznetsov Yu.N., Stadnik D.A., Stadnik N.M. & Shadyzheva E.B. Methodological bases for synthesis operation models for control of the reproduction process of the advancing faces of coal mines. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2022;14(4):685-694. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-4-685-694.
- Wang G., Ren H., Zhao G., Zhang D., Wen Z., Meng L. & Gong Sh. Research and practice of intelligent coal mine technology systems in China. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2022, (9), article 24. DOI: 10.1007/s40789-022-00491-3.

- Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. & Kulikova E.Yu. Assessment of heavy hydrocarbons influence on aerological risks in coal mines. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2023;15(2):234-245. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-2-234-245.
- Kornev A.V., Ledyayev N.V., Kabanov E.I. & Korneva M.V. Estimation of predictive dust content in the faces of coal mines taking into account the peculiarities of the wettability of coal dust. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2022;(6-2):115-134. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115.
- Filin A.E., Tertychnaya S.V., Kurnosov I.Yu. & Kolesnikova L.A. Mathematical modeling of mass transfer in colloidal systems. *Ugol'*, 2023, (5), pp. 72-76. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-72-76.
- Lan F., Qin Y., Li M., Lin Yu., Wang A. & Shen J. Abnormal concentration and origin of heavy hydrocarbon in upper permian coal seams from Enhong syncline, Yunnan, China. *Journal of Earth Science*, 2012, (23), 842–853. DOI: 10.1007/s12583-012-0294-x.
- Sun X., Hu Y. & Li D. Research on the geochemical characteristics of coalbed methane and relationship between gas-logging and measured gas component in Guxu mine of southern Sichuan coalfield, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 2021, (14), 2128. DOI: 10.1007/s12517-021-08298-3.
- Rodionov V., Tumanov M., Skripnik I., Kaverzneva T. & Pshenichnaya C. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 981(3), 032024. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032024.
- Rodionov V., Skripnik I., Ksenofontov Yu., Kaverzneva T., Idrisova J. & Alibekova I. Determination of kinetic parameters and conditions of the spontaneous combustion of coal during its transportation. AIP Conference Proceedings, 2022, 2467, 080004. DOI: 10.1063/5.0093906.
- Tarasenko I.A., Kulikova A.A. & Kovaleva A.M. On the issue of assessing the automation of control of the parameters of the methane-air mixture. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 80-84. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-80-84.
- Lebedev V.S. & Skopintseva O.V. Residual coalbed gas components: Composition, content, hazard. *Gornyi Zhurnal*, 2017, (4), pp. 84-86. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2017.04.17.
- Pavlenko M.V. & Skopintseva O.V. Role of capillary forces in vibratory action on hydraulically treated gas-saturated coal. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2019;(3):43–50. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50.

For citation

Rybichev A.A. & Pernebek B.P. Evaluation of the efficiency of dust suppression with the use of wet solutions. *Ugol'*, 2023, (12), pp. 60-63. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-60-63.

Paper info

Received September 4, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted November 27, 2023

SAFETY