

УДК 553.981
DOI: 10.7868/S25000640260104

ГАЗОВЫЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНАХ ПОДРАБОТАННЫХ И НАДРАБОТАННЫХ МАССИВОВ УГОЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «КРАСНОДОНЕЦКОЙ» (ВОСТОЧНЫЙ ДОНБАСС)

© 2026 г. М.И. Гамов¹, И.В. Рыбин^{2,3}

Аннотация. В выработанном пространстве угольных шахт накапливаются метан и токсичные газы (CO₂, CO, H₂S, радиоактивные эманации и др.), обескислороженный воздух. При ликвидации шахт путем их затопления газы вытесняются на дневную поверхность, что на застроенных площадях может привести к угрозе отравления и гибели людей. Поэтому важен периодический мониторинг выделения газов на поверхность в районах подработанных и надработанных массивов угольных горных выработок для снижения степени угрозы жизни и здоровью людей. Для этого необходим отбор проб воздуха в зонах его выхода в атмосферу из скважин, горных выработок, в зонах потенциальных вытеканий, в обособленных естественных, производственных, подсобных, жилых пустотах, в горных породах и грунтах с целью анализа на компонентный состав с последующей интерпретацией результатов. На примере шахты «Краснодонской» (Белокалитвинский район, Ростовская область) при определении степени опасности зон по газовыделению на поверхность были выделены угрожаемые зоны, ограниченные в подработанной толще интервалом $m^1_8-N_1$, а в надработанной – интервалом от 70–80 м ниже пласта m^1_8 по проекции на поверхность. Локальные опасные газопроявления на поверхности распространены в кровле пласта вкрест простирания пород в интервале $m^1_8-N_1$. Зоны с аномальными газопроявлениями на поверхность (по CH₄ или CO₂) отнесены к категории опасных. Участки над выработанным пространством от известняка N_1 отнесены к категории потенциально угрожаемых. При мониторинге контуры опасных по газовыделению площадей должны быть уточнены по данным газовых съемок.

Ключевые слова: атмосфера, Восточный Донбасс, газ, газовый мониторинг, горные выработки, горный массив, горные породы, угольный метан.

GAS MONITORING OF THE ATMOSPHERE IN THE AREAS OF WORKED AND OVERWORKED MASSIFS OF COAL MINES ON THE EXAMPLE OF THE KRASNODONETSKAYA MINE (EASTERN DONBAS)

M.I. Gamov¹, I.V. Rybin^{2,3}

Abstract. Methane and toxic gases (CO₂, CO, H₂S, radioactive emanations, etc.) and deoxygenated air accumulate in the worked-out spaces of coal mines. When mines are liquidated by flooding, gases are forced out onto the surface, which in built-up areas can lead to the threat of poisoning and death of people. Therefore, periodic monitoring of gas emissions to the surface in areas of undermined and overworked coal

¹ Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, e-mail: gamov@sfnu.ru

² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

³ Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics, Geophysics and Mine Surveying, Donetsk, Russian Federation), Российская Федерация, 283086, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Челюскинцев, 291, e-mail: rybin@ssc-ras.ru, iliarybin@mail.ru

mine workings is important to reduce the degree of threat to human life and health. To do this, it is necessary to take air samples in the zones of its release into the atmosphere from wells, mine workings, in zones of potential outflows, in isolated natural, industrial, auxiliary, residential voids, in rocks and soils for the purpose of analysis for component composition with subsequent interpretation of the results. Using the example of the Krasnodonetskaya mine (Belokalitvinskiy District, Rostov Region), when determining the degree of danger of zones based on gas emission to the surface, hazard zones were identified which were limited in the undermining strata to the $m^1_8-N_1$ interval, and in the overworked strata by the interval from 70–80 m below the m^1_8 seam along the projection onto the surface. Local hazardous gas emissions on the surface are common in the seam roof across the strike of rocks within the $m^1_8-N_1$ interval. Zones with abnormal gas emissions to the surface (CH_4 or CO_2) are classified as hazardous. Areas above the mined-out space from limestone N_1 are classified as potentially hazardous. When monitoring, the contours of hazardous gas emission areas should be specified using gas survey data.

Keywords: atmosphere, Eastern Donbas, gas, gas monitoring, mine workings, massif, rocks, coal-bed methane.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. 2005. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 352 с.
2. Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В. 2006. Геоэкологические проблемы техногенных месторождений угольного ряда. В кн: *Проблемы геологии и освоения недр юга России: Материалы международной конференции (Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2006 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 365–366.
3. Архипов И.А. 2024. Разработка модели среднестатистического разреза, работающего в метановой зоне. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. S10: 3–25. doi: 10.25018/0236_1493_2024_4_10_3
4. Попов В.В. 2006. Проблемы поисков, разведки и промышленного освоения газоугольных месторождений юга России. В кн: *Проблемы геологии и освоения недр юга России: Материалы международной конференции (Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2006 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 168–170.
5. Труфанов В.Н., Труфанов И.В. 2006. Проблема освоения ресурсов угольного метана Восточного Донбасса. В кн: *Проблемы геологии и освоения недр юга России: Материалы международной конференции (Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2006 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 240–242.
6. Труфанов В.Н., Гамов М.И., Рылов В.Г., Майский Ю.Г., Труфанов А.В. 2004. Углеводородная флюидизация ископаемых углей Восточного Донбасса. Ростов н/Д, изд-во РГУ: 272 с.
7. Портнов В.С., Иманбаева С.Б., Рева Н.В., Габайдуллин Р.И., Асаинов С.Т. 2021. Об установлении степени влияния геологических факторов на метанообильность выемочных участков. *Труды университета*. 4(85): 160–165. doi: 10.52209/1609_1825_2021_4_160
8. Пинаев А.В., Пинаев П.А. 2022. Взрыв, детонация в смесях метан – водород – воздух, метан – водород – воздух – взвесь угля. *Вестник научного центра ВОСТНИИ по промышленной и экологической безопасности*. 3: 26–38. doi: 10.25558/VOSTNI.2022.23.30.003
9. Гамов М.И., Рылов В.Г. 2006. Динамические ресурсы метанообильных зон угольных месторождений Восточного Донбасса. В кн: *Проблемы геологии и освоения недр юга России: Материалы международной конференции (Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2006 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 204–206.
10. Ozcelic M. 2023. Spontaneous combustion of coal seams in the Bengiler coal mine in Turkey. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. 8(3): 665–674. doi: 10.1007/s41207-023-00377-z
11. Peng S., Zuo S., Wu G., Wang C., Liao Y., Tian F. 2023. Research status and trend of coal and gas outburst: a literature review based on VOSviewer. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*. 33(3): 248–281. doi: 10.1504/IJOGCT.2023.131646
12. Li W., Li J., Hu Ch., Xiao Q. 2023. Research on pore-fracture characteristics and adsorption performance of main coal seams in Lvjiatuo coal mine. *Processes*. 11(6): 1700. doi: 10.3390/pr11061700
13. Jia J., Song H., Jia P. 2023. Molecular simulation of methane adsorption properties of coal samples with different coal rank superposition states. *ACS Omega*. 8(3): 3461–3469. doi: 10.1021/acsomega.2c07471
14. Ge Sh., Zhang X., Xue G., Ren H., Wang H., Pang Y., Fan L. 2023. Development of intelligent technologies and machinery for coal mining in China's underground coal mines. *Strategic Study of CAE*. 25(5): 146–156. doi: 10.15302/J-SSCAE-2023.05.013
15. Liu C., Yang Z., Qin Y., Yan X., Wang Y., Wang Z. 2024. Excess pore pressure behavior and evolution in deep coalbed methane reservoirs. *International Journal of Mining Science and Technology*. 34(6): 763–781. doi: 10.1016/j.ijmst.2024.06.010
16. Kursunoglu N., Ankara H. 2024. Application of statistical process control to monitor underground coal mine fires based on CO emissions. *Combustion Science and Technology*. 196(1): 142–159. doi: 10.1080/00102202.2022.2145558
17. *РД 05-313-99. Инструкция о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт*. 1999. М., Госгортехнадзор РФ: 20 с.

18. Федотов С.М. 2024. Зоны скопления метана угольных месторождений: условия локализации, проявления, практическое значение. *Труды РАНИМИ*. (40)2: 85–100. doi: 10.24412/2519-2418-2024-240-85-100

REFERENCES

1. *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya mineral'nykh resursov Vostochnogo Donbassa*. [Problems and prospects for the integrated development of mineral resources of the Eastern Donbas]. 2005. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 352 p. (In Russian).
2. Kolomenskiy G.Yu., Gipich L.V. 2006. [Geoecological problems of technogenic coal deposits]. In: *Problemy geologii i osvoeniya nedr yuga Rossii: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. [Problems of geology and bowells development of south of Russia: Proceedings of the international conference (Rostov-on-Don, Russia, 5–8 September 2006)]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 365–366. (In Russian).
3. Arkhipov I.A. 2024. [Development of a model of an average section operating in the methane zone]. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. S10: 3–25. (In Russian). doi: 10.25018/0236_1493_2024_4_10_3
4. Popov V.V. 2006. [Problems of prospecting, exploration and industrial development of gas-coal deposits in the south of Russia]. In: *Problemy geologii i osvoeniya nedr yuga Rossii: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. [Problems of geology and bowells development of south of Russia: Proceedings of the international conference (Rostov-on-Don, Russia, 5–8 September 2006)]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 168–170. (In Russian).
5. Trufanov V.N., Trufanov I.V. 2006. [Problem of development of coal methane resources in Eastern Donbas]. In: *Problemy geologii i osvoeniya nedr yuga Rossii: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. [Problems of geology and bowells development of south of Russia: Proceedings of the international conference (Rostov-on-Don, Russia, 5–8 September 2006)]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 240–242. (In Russian).
6. Trufanov V.N., Gamov M.I., Rylov V.G., Mayskiy Yu.G., Trufanov A.V. 2004. *Uglevodородnaya flyuidizatsiya iskopaemykh ugley Vostochnogo Donbassa*. [Hydrocarbon fluidization of fossil coals of the Eastern Donbas]. Rostov-on-Don, Rostov State University: 272 p. (In Russian).
7. Portnov V.S., Imanbaeva S.B., Reva N.V., Gabaidullin R.I., Asainov S.T. 2021. [On establishing the degree of influence geological factors on methane volume of cutting areas]. *Trudy universiteta*. 4(85): 160–165. (In Russian). doi: 10.52209/1609_1825_2021_4_160
8. Pinaev A.V., Pinaev P.A. 2022. [Explosion, detonation in methane-hydrogen-air, methane-hydrogen-air-coal slurry mixtures]. *Vestnik nauchnogo tsentra VOSTNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti*. 3: 26–38. (In Russian). doi: 10.25558/VOSTNII.2022.23.30.003
9. Gamov M.I., Rylov V.G. 2006. [Dynamic resources of methane-rich zones of coal deposits of Eastern Donbas]. In: *Problemy geologii i osvoeniya nedr yuga Rossii: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. [Problems of geology and bowells development of south of Russia: Proceedings of the international conference (Rostov-on-Don, Russia, 5–8 September 2006)]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 204–206. (In Russian).
10. Ozcelic M. 2023. Spontaneous combustion of coal seams in the Bengiler coal mine in Turkey. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. 8(3): 665–674. doi: 10.1007/s41207-023-00377-z
11. Peng S., Zuo S., Wu G., Wang C., Liao Y., Tian F. 2023. Research status and trend of coal and gas outburst: a literature review based on VOSviewer. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*. 33(3): 248–281. doi: 10.1504/IJOGCT.2023.131646
12. Li W., Li J., Hu Ch., Xiao Q. 2023. Research on pore-fracture characteristics and adsorption performance of main coal seams in Lvjiatuo coal mine. *Processes*. 11(6): 1700. doi: 10.3390/pr11061700
13. Jia J., Song H., Jia P. 2023. Molecular simulation of methane adsorption properties of coal samples with different coal rank superposition states. *ACS Omega*. 8(3): 3461–3469. doi: 10.1021/acsomega.2c07471
14. Ge Sh., Zhang X., Xue G., Ren H., Wang H., Pang Y., Fan L. 2023. Development of intelligent technologies and machinery for coal mining in China's underground coal mines. *Strategic Study of CAE*. 25(5): 146–156. doi: 10.15302/J-SSCAE-2023.05.013
15. Liu C., Yang Z., Qin Y., Yan X., Wang Y., Wang Z. 2024. Excess pore pressure behavior and evolution in deep coalbed methane reservoirs. *International Journal of Mining Science and Technology*. 34(6): 763–781. doi: 10.1016/j.ijmst.2024.06.010
16. Kursunoglu N., Ankara H. 2024. Application of statistical process control to monitor underground coal mine fires based on CO emissions. *Combustion Science and Technology*. 196(1): 142–159. doi: 10.1080/00102202.2022.2145558
17. RD 05-313-99. *Instruktsiya o poryadke kontrolya za vydeleniem gazov na zemnuyu poverkhnost' pri likvidatsii (konservatsii) shakht*. [RD 05-313-99. Instructions on the procedure for monitoring the release of gases on the earth's surface during the liquidation (conservation) of mines]. 1999. Moscow, Federal Mining and Industrial Supervision of Russia of the Russian Federation: 20 p. (In Russian).
18. Fedotov S.M. 2024. [Coal methane accumulation zones deposits: localization conditions, manifestations, practical significance]. *Transactions of RANIMI*. 40(2): 85–100. (In Russian). doi: 10.24412/2519-2418-2024-240-85-100

Поступила 11.07.2025

Принята 05.12.2025