ОХРАНА ТРУДА

УДК 628.511.122 DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-66-72

Условия труда горнорабочих по фактору воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия

Белоусов С. С.[1], Кузнецов А. М.[2]*
[1] Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия
[2] Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: andrey-mixal@mail.ru

Реферат
Введение. *Высокие уровни запыленности воздуха в зоне дыхания горнорабочих наблюдаются в очистных и проходческих забоях, проветривание которых организовано в полном соответствии с действующими требованиями охраны труда. Причину несоответствия фактических условий труда по фактору аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) проектным параметрам следует искать в системных недостатках подходов к проектированию обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок. Традиционно расчет вентиляции производится исходя из предельно допустимой среднесменной концентрации пыли в проветриваемом объеме, но при этом не учитывается концентрация пыли в рабочей зоне. Проведенные автором исследования и государственная статистика подтверждают несоответствие расчетных параметров вентиляции подземных выработок измеренным параметрам АПФД в зоне дыхания работника.*
Цель работы *– исследование санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих.*
Методы исследования. *Для достижения поставленной цели использован комплексный подход, включающий анализ статистических данных Федеральной службы государственной статистики и литературных источников, а также натурные экспериментальные измерения концентрации пыли в зоне дыхания горнорабочих.*
Результаты. *Измерения концентрации пыли, произведенные автором, позволяют сделать вывод о том, что условия труда по фактору воздействия АПФД при выполнении работ в подземных горных выработках не соответствуют гигиеническим нормам. Очевидно, что в таких условиях снижение уровня профессиональной заболеваемости пневмокониозами у горнорабочих невозможно.*
Выводы. *Проектирование обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок должно учитывать концентрацию пыли не только в проветриваемом объеме, но и в рабочей зоне. Обеспечение допустимых санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и снижение уровня их профессиональной заболеваемости невозможно без совершенствования методов проектирования обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок.*

Ключевые слова: *запыленность воздуха; пылевой бронхит; пневмокониоз; силикоз; пыль; условия труда горнорабочих; пылевая нагрузка; аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; АПФД; среднесменная концентрация пыли.*

Введение. По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, наиболее неблагоприятные условия труда, которые представляют самый высокий риск утраты профессиональной трудоспособности, характерны для предприятий по добыче полезных ископаемых. В 2023 г. у работников таких предприятий отмечен наибольший удельный вес впервые зарегистрированных случаев профессиональной патологии – 45,84 % (для сравнения: обрабатывающие производства – 29,12 %; здравоохранение и социальные услуги – 7,71 %; транспортировка и хранение – 7,1 %; строительство – 3,47 %; сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство – 3,03 %). Предприятия по добыче полезных ископаемых занимают первое место среди показателей профессиональной заболеваемости на 10 тыс. работающих – 17,60 %. Доля профессиональных заболеваний, связанных с воздействием производственных химических факторов, куда входят аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД), составляет 17,28 % от общего объема профессиональных патологий (*О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году, М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. 256 с.*) [1, 2].

В группе профессиональных заболеваний, вызванных воздействием АПФД на организм работников, 38,01 % составляют пневмокониозы, на долю хронической обструктивной болезни легких приходится 19,21 %, а хронических бронхитов – 12,34 % [3–6].

Наряду с классическими формами пневмокониозов в горнорудной промышленности при воздействии промышленной пыли полиметаллических руд сложного состава (вольфрамомолибденовые, никелевые рудники) достаточно часто выявляются диффузные диссеминированные легочные процессы гранулематозного и интерстициально-гранулематозного типов с лимфаденопатией, с выраженной плевральной реакцией и быстро прогрессирующим течением фиброзного процесса [7].

В подавляющем большинстве случаев профессиональные заболевания бронхолегочной системы выявлены у горнорабочих очистного забоя и проходчиков. Следует отметить, что в 50 % случаев пневмокониозы были диагностированы в пенсионном возрасте. Человек может подвергаться воздействию загрязняющих веществ, переносимых по воздуху, в течение нескольких минут или лет, прежде чем проявятся признаки воздействия [9].

Высокий уровень профессиональных заболеваний работников предприятий по добыче полезных ископаемых обосновывается вредными условиями труда, подтвержденными результатами специальной оценки условий труда (СОУТ). По результатам мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2023 г. установлено, что наибольший удельный вес занятых на работах с вредными и(или) опасными условиями труда зарегистрирован при добыче полезных ископаемых – 53,9 % (в том числе добыча угля – 78,9 %, добыча металлических руд – 70,9 %, прочих полезных ископаемых – 59,8 %) (*Федеральная служба государственной статистики. Состояние условий труда работников организаций по отдельным видам экономической деятельности по Российской Федерации. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13264*). По данным Федеральной службы государственной статистики удельный вес работников, занятых на работах с вредными и(или) опасными условиями труда по фактору АПФД, держится на стабильно высоком уровне: в 2020 г. он составил 12,1 %, в 2021 г. – 12,0 %, в 2022 г. – 12,0 % и в 2023 г. – 11,9 %. На предприятиях по добыче угля удельный вес составляет 36,0 %, на предприятиях по добыче металлических руд – 25,3 % (*Федеральная служба государственной статистики. Удельный вес работников организаций, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда по отдельным видам экономической деятельности. URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions*).

Значимость вредного фактора АПФД на рабочих местах организаций, осуществляющих добычу полезных ископаемых, подтверждается Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации. На 2023 г. доля фактора АПФД составляет 6,28 % (рис. 1) (*Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации. URL: https://eisot.rosmintrud.ru/attachment/result_22*), [9].

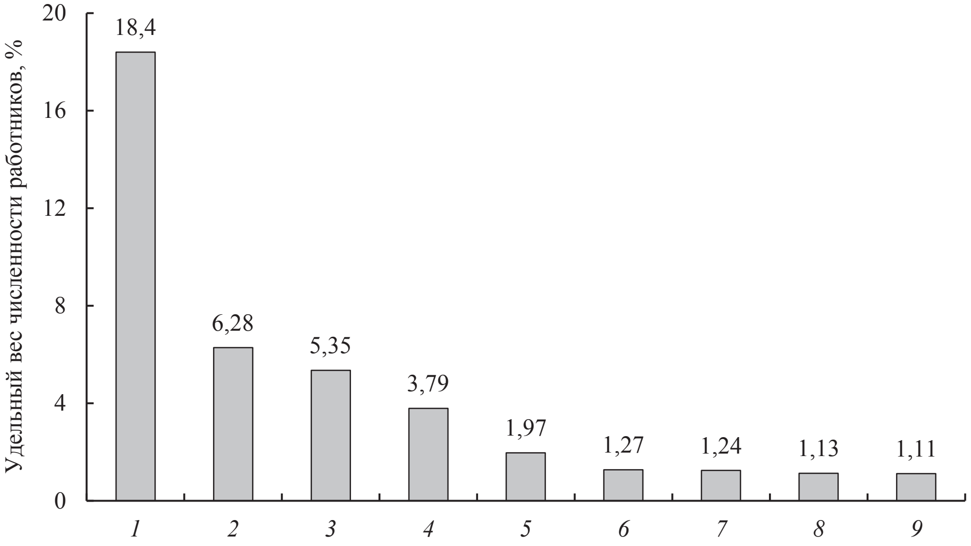

Рисунок 1. Удельный вес численности работников на 2023 г., занятых на работах с вредными и(или) опасными условиями труда по вредным производственным факторам: *1* – шум; *2* – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; *3* – вибрация общая; *4* – химический фактор; *5* – вибрация локальная; *6* – микроклимат; *7* – напряженность трудового процесса; *8* – световая среда; *9* – неионизирующее излучение

Figure 1. The proportion of workers employed in jobs with harmful and/or hazardous working conditions according to industrial health hazards (for 2023): *1* – noise; *2* – strongly fibrogenic aerosols; *3* – general vibration; *4* – chemical factor; *5* – local vibration; *6* – microclimate; *7* – work intensity; *8* – light environment; *9* – non-ionizing radiation

Результаты экспериментальных исследований условий труда на подземных горных работах, проведенные в рамках СОУТ, подтверждают цифры Федеральной службы государственной статистики и показывают, что условия труда горнорабочих по фактору АПФД относятся к вредным условиям с классами от 3.1 до 3.2 (табл. 1).

Анализ заболеваемости по профессиональной принадлежности в горнорудной промышленности России показал, что более 70 % приходится на проходчиков, горнорабочих очистного забоя и машинистов горных выемочных машин.

Все основные технологические операции добычи руды (бурение, рубка, погрузка, транспортировка) сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны пыли руды. Воздействие АПФД на организм рабочих, несмотря на внедрение современной горной техники и использование индивидуальных средств защиты, создает риск развития профессиональных заболеваний.

Исследования запыленности воздуха проводились в горных выработках, обеспеченных свежим воздухом в количестве, достаточном для поддержания средней концентрации пыли в проветриваемом объеме, без превышения предельно допустимой концентрации (ПДК). Замеры запыленности воздуха проводились в зоне дыхания работника. Соответственно, пылевая нагрузка рассчитывалась исходя из содержания пыли в зоне дыхания. Результаты измерений показывают, что фактическая концентрация пыли в воздухе, вдыхаемом горнорабочими, существенно превышает средние концентрации пыли в проветриваемом объеме. Этот факт можно объяснить тем, что пыль в атмосфере горной выработки распределяется неравномерно, а также тем, что горнорабочие в процессе выполнения работ большую часть времени находятся в непосредственной близости от источников пылевыделения, т. е. в зонах с повышенной концентрацией пыли. Организация обеспыливающего проветривания горных выработок при условии обеспечения средней концентрации пыли в проветриваемом объеме не исключает вредное воздействие АПФД на горнорабочих [10–15].

Таблица 1. Результаты исследований условий труда на рабочих местах
Table 1. Findings of study of workplace conditions

Профессия	Концентрация пыли, мг/м^3	Пылевая нагрузка на органы дыхания, мг/год	Контрольная пылевая нагрузка на органы дыхания, мг/год	Класс условий труда по фактору АПФД
ОАО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат». Исследуемое вещество – кремний диоксид кристаллический (содержание в пыли – от 2 до 10 %), среднесменная ПДК – 4 мг/м^3				
Дробильщик	10,90	19 075	7000	3.1
Слесарь-ремонтник	4,04–10,11	10 098–25 275	7000	3.1
Бурильщик шпуров	12,06	27 437	9100	3.2
Мастер горный	10,11	17 693	7000	3.1
Электромеханик подземного участка	9,10	15 923	7000	3.1
Горнорабочий очистного забоя	12,77	31 920	10000	3.2
Крепильщик	8,22	20 560	10000	3.1
Проходчик	7,61–12,32	19 035–35 791	10000	3.1–3.2
Электрогазосварщик	7,97–12,65	19 920–31 630	10000	3.1–3.2
Машинист электровоза	4,81	8418	7000	3.1
ООО «Березовский рудник». Исследуемое вещество – кремний диоксид кристаллический (содержание в пыли от 10 до 70 %), среднесменная ПДК – 2 мг/м^3				
Машинист буровой установки	3,2	8000	5000	3.1
Дробильщик	2,93	5494	3750	3.1

Выводы. Результаты СОУТ позволяют сделать вывод о том, что условия труда по фактору воздействия АПФД при выполнении работ в подземных горных выработках не соответствуют гигиеническим нормам. Очевидно, что в таких условиях снижение уровня профессиональной заболеваемости пневмокониозами у горнорабочих невозможно. Высокие уровни запыленности воздуха в зоне дыхания горнорабочих наблюдаются в очистных и проходческих забоях, проветривание которых организовано в полном соответствии с действующими требованиями охраны труда. Причину несоответствия фактических условий труда по фактору

АПФД проектным параметрам следует искать в системных недостатках подходов к проектированию обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок. Традиционно расчет вентиляции производится исходя из предельно допустимой среднесменной концентрации пыли в проветриваемом объеме, но при этом не учитывается концентрация пыли в рабочей зоне. Исследования автора (табл. 1) и статистические данные Федеральной службы государственной статистики подтверждают несоответствие расчетных параметров вентиляции подземных выработок измеренным параметрам АПФД в зоне дыхания работника. Проектирование обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок должно учитывать концентрацию пыли не только в проветриваемом объеме, но и в рабочей зоне. Обеспечение допустимых санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и снижение уровня их профессиональной заболеваемости невозможно без совершенствования методов проектирования обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Global strategy on occupational health for all. The way to health at work, recommendation of the Second Meeting of the WHO Collaborating Centres in Occupational Health 11–14 October 1994, Beijing, China. URL: https://www.who.int/publications/i/item/global-strategy-on-occupational-health-for-all-the-way-to-health-at-work (дата обращения: 26.02.2024)

2. Guidelines for the use of the ILO international classification of the radiographs of pneumoconioses. Revised edition 2000. Geneva: Intern. Lab. Office. 43 p.

3. Сааркоппель Л. М. Региональные особенности состояния здоровья и профилактики профессиональной патологии рабочих горнорудной промышленности: автореф. дис. докт. мед. наук. М., 2005. 48 с.

4. Morgan W. K. C., Seaton A. Occupational lung diseases. London: WB Saunders, 1995. 657 p.

5. Parkers W. R. Pneumoconiosis associated with coal and other carbonaceous materials // Occupational lung disorders. London: Butterworths, 1994. P. 366–368.

6. Coal workers’ pneumoconiosis and due to other carbonaceous dusts / Churg A., Green F. H. Y., eds. Baltimore: Williams and Wilkins Publishers, 1998. P. 126–209.

7. Величковский Б. Т. Патогенез и классификация пневмокониозов // Медицина труда и промышленная экология. 2003. № 7. С. 8–13.

8. Larson S. Understanding requirements of an osha respiratory protection program // Occupational health & safety (Waco, Tex.). 2016. URL: https://ohsonline.com/Articles/2016/07/01/Understanding-Requirements-of-an-OSHA-Respiratory-Protection-Program.aspx?Page=1 (дата обращения: 23.02.2025)

9. Измеров Н. Ф., Головкова Н. П., Чеботарев А. Г. Современные проблемы медицины труда в горнодобывающей промышленности // Медико-экологические проблемы здоровья работающих: бюл. науч. совета. 2004. № 1. С. 41–45.

10. Белоусов С. С., Кузнецов А. М. Рекомендации по проветриванию тупиковых подземных выработок // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2025. № 3. С. 96–101.

11. Чеботарев А. Г., Лескина Л. М., Головкова. Н. П. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров // Горная промышленность. 2020. № 5. С. 115–119.

12. Чеботарев А. Г., Пфаф В. Ф., Гибадулина И. Ю. Состояние условий труда, профессиональной заболеваемости и совершенствование медико-профилактического обеспечения работников горнодобывающих предприятий // Горная Промышленность. 2021. № 3. С. 139–143.

13. Чеботарев А. Г. Специальная оценка условий труда работников горнодобывающих предприятий // Горная Промышленность. 2019. № 1. С. 42–46.

14. Недошивин А. Д. Анализ заболеваемости при воздействии АПФД // Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире: сб. науч. ст. по матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2023. С. 288–294.

15. Ковалевский Е. В., Кашанский С. В., Цхомария И. М. Вопросы методологии нормирования и контроля аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны // Взаимодействие науки и практики. Опыт и перспективы: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Екатеринбург, 2022. С. 70–71.

Поступила в редакцию 24 февраля 2025 года

Сведения об авторах:

Белоусов Семен Сергеевич – аспирант кафедры техносферной безопасности Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: semen09g@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-7274-5747
Кузнецов Андрей Михайлович – старший преподаватель кафедры безопасности горного производства Уральского государственного горного университета. E-mail: andrey-mixal@mail.ru; https://orcid.org/0009-0003-9690-1881

DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-66-72

Miners' working conditions according to the factor of exposure to strongly fibrogenic aerosols

Semen S. Belousov[1], Andrei M. Kuznetsov[2]
[1] Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia.
[2] Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract
Introduction. *Stoping and drifting faces show high dust concentration in the breathing area, however their ventilation fully complies with current labor protection requirements. The actual working conditions according to the factor of strongly fibrogenic aerosols are inconsistent with the design parameters because of the system weaknesses of approaches to underground dust removal ventilation design. Traditionally, ventilation is calculated based on the threshold limit value – time-weighted average of dust in the ventilated volume, however the dust concentration in the work area is not taken into account. The author's studies and state statistics confirm the discrepancy between the calculated ventilation parameters of underground workings and the measured parameters of strongly fibrogenic aerosols in the workers' breathing area.*
Research objective *is to study the sanitary and hygienic working conditions of miners.*
Methods of research. *A comprehensive approach has been used that includes the analysis of statistical data from the Federal State Statistics Service and literary sources as well as in-situ experimental measurements of dust concentration in the workers' breathing area.*
Results. *The author's measurements of dust concentration reveal that the working conditions in underground mine workings according to the factor of strongly fibrogenic aerosols do not meet hygienic standards. It is obvious that under such conditions it is impossible to reduce the level of occupational pneumoconiosis in miners.*
Conclusions. *The underground dust removal ventilation design is to take into account the dust concentration in the work area as well as in the ventilated volume. Ensuring acceptable sanitary-hygienic working conditions for miners and reducing occupational morbidity is impossible without improving the design methods for the underground dust removal ventilation.*

Keywords: *air dust concentration; dust bronchitis; pneumoconiosis; silicosis; dust; miners' working conditions; dust load; strongly fibrogenic aerosols; SFA; time-weighted average of dust.*

REFERENCES

1. *Global strategy on occupational health for all. The way to health at work, recommendation of the Second Meeting of the WHO Collaborating Centres in Occupational Health 11–14 October 1994, Beijing, China.* Available from: https://www.who.int/publications/i/item/global-strategy-on-occupational-health-for-all-the-way-to-health-at-work [Accessed 26 February 2024]
2. *Guidelines for the use of the ILO international classification of the radiographs of pneumoconioses. Revised edition 2000.* Geneva: Intern. Lab. Office.
3. Saarkoppel L. M. *Regional features of health condition and prevention of occupational pathology of mining workers: DSc in Medicine abstract of diss.* Moscow; 2005. (In Russ.)
4. Morgan W. K. C., Seaton A. *Occupational lung diseases.* London: WB Saunders, 1995.
5. Parkers W. R. Pneumoconiosis associated with coal and other carbonaceous materials. *Occupational lung disorders*. London: Butterworths, 1994. P. 366–368.
6. Churg A., Green F. H. Y. (ed.) *Coal workers' pneumoconiosis and due to other carbonaceous dusts.* Baltimore: Williams and Wilkins Publishers, 1998.

7. Velichkovskii B. T. Pathogenesis and classification of pneumoconioses. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia = Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2003; 7: 8–13. (In Russ.)

8. Larson S. Understanding requirements of an osha respiratory protection program. *Occupational health & safety (Waco, Tex.)*. 2016. Available from: https://ohsonline.com/Articles/2016/07/01/Understanding-Requirements-of-an-OSHA-Respiratory-Protection-Program.aspx?Page=1 [Accessed 23 February 2025]

9. Izmerov N. F., Golovkova N. P., Chebotarev A. G. Modern problems of occupational medicine in the mining industry. *Medical and environmental issues of workers' health: Bulletin of academic council*. 2004; 1: 41–45. (In Russ.)

10. Belousov S. S., Kuznetsov A. M. Recommendations on blind underground mine workings ventilation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2025; 3: 96–101. (In Russ.)

11. Chebotarev A. G., Leskina L. M., Golovkova. N. P. Working conditions and occupational health risks of workers in open-pit ore mines. *Gornaia promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020; 5: 115–119. (In Russ.)

12. Chebotarev A. G., Pfaf V. F., Gibadulina I. Iu. Current state of labour conditions, occupational morbidity and improvement of medical and preventive care for employees of mining operations. *Gornaia promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021; 3: 139–143. (In Russ.)

13. Chebotarev A. G. Special evaluation study of mine personnel working conditions. *Gornaia promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019; 1: 42–46. (In Russ.)

14. Nedoshivin A. D. Morbidity analysis on exposure to strongly fibrogenic aerosols. In: *International Scientific and Practical Conference: Proceedings of the 2nd Internat. scient. and pract. conf.* Ufa: 2023. P. 288–294. (In Russ.)

15. Kovalevskii E. V., Kashanskii S. V., Tskhomariia I. M. Methodology issues of standardization and control of strongly fibrogenic aerosols in the workplace air. In: *Interaction between science and practice. Experience and prospects: Proceedings of the All-Russian scient. and pract. conf. with foreign particip.* Ekaterinburg; 2022. P. 70–71. (In Russ.)

Received 24 February 2025

Information about the authors:

Semen S. Belousov – PhD student, Technosphere Safety Department, Ural State University of Railway Transport. E-mail: semen09g@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-7274-5747

Andrei M. Kuznetsov – senior lecturer, Mining Safety Department, Ural State Mining University. E-mail: andrey-mixal@mail.ru; https://orcid.org/0009-0003-9690-1881

Для цитирования: Белоусов С. С., Кузнецов А. М. Условия труда горнорабочих по фактору воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2025. № 5. С. 66–72. DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-66-72

For citation: Belousov S. S., Kuznetsov A. M. Miners' working conditions according to the factor of exposure to strongly fibrogenic aerosols. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2025; 5: 66–72 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-66-72