



Другова О.Г.¹, Федорук А.А.¹, Микушина Н.А.¹, Каримова Л.К.^{1,2},
Мулдашева Н.А.², Бейгул Н.А.², Плотко Э.Г.¹, Шабардина Л.В.¹

Комбинированное воздействие вредных веществ в условиях коксохимического производства и их влияние на организм работников

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;

²ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Коксохимическое производство является источником загрязнения окружающей среды вредными веществами неорганической и органической природы, обладающими специфическим действием на организм человека. Актуальность исследования определяется отсутствием в доступной литературе сведений об условиях труда работников коксохимических производств с учётом комбинированного воздействия вредных веществ однонаправленного действия.

Цель исследования — оценка комбинированного воздействия вредных веществ на организм работников коксохимического производства и разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Материалы и методы. Проанализированы результаты определения в воздухе рабочей зоны коксового цеха содержания химических веществ с остро-направленным, канцерогенным, репротоксическим, фиброгенным действием на организм работников. При наличии в воздухе рабочей зоны веществ с однонаправленным механизмом действия рассчитаны коэффициенты суммации для отнесения условий труда к классу вредности по химическому фактору.

Результаты. Воздух рабочей зоны коксохимического производства загрязнён многокомпонентной смесью, включающей вещества различных классов опасности и характера действия на организм (углерода оксид, гидроцианид, бензол, бенз(а)пирен, пыль кокса и угольная, гидроксibenзол). Химический фактор на реальном производстве оценён с учётом возможных аддитивных эффектов комбинаций вредных веществ однонаправленного действия. При учёте коэффициента суммации класс условий труда по химическому фактору возростал на 1–2 степени вредности. Работа в таких условиях может создавать высокий потенциальный риск нарушения здоровья работников в виде профессиональных болезней. Реализованные риски связаны с воздействием аэрозолей преимущественно фиброгенного действия и канцерогенов.

Ограничения исследования. Исследование проведено в рамках одного коксохимического производства, работающего по технологии сухой перегонки каменного угля. Дополнительные исследования с более широкими выборками могли бы выявить другие важные факторы, влияющие на здоровье работников, и учесть риски для работников аналогичных предприятий.

Заключение. Применение коэффициента суммации вредных веществ с однонаправленным характером действия в различных комбинациях при оценке условий труда по химическому фактору позволяет объективно охарактеризовать гигиеническую ситуацию, рассчитать профессиональные риски для здоровья работников коксохимического производства и разработать комплекс санитарно-гигиенических мероприятий.

Ключевые слова: вредные химические вещества; условия труда; работники; комбинированное воздействие; коэффициент суммации; коксохимическое производство; воздух рабочей зоны; многокомпонентная смесь

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует предоставления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов. Работа с персональными данными в исследовании не проводилась.

Для цитирования: Другова О.Г., Федорук А.А., Микушина Н.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Плотко Э.Г., Шабардина Л.В. Комбинированное воздействие вредных веществ в условиях коксохимического производства и их влияние на организм работников. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(5): 525–532. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-525-532> <https://elibrary.ru/yctuqe>

Для корреспонденции: Другова Ольга Геннадьевна, e-mail: drugovao@ymrc.ru

Вклад авторов: Другова О.Г. — сбор и обработка данных, написание текста, редактирование; Федорук А.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Микушина Н.А. — сбор и обработка данных; Каримова Л.К. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Мулдашева Н.А. — написание текста; Бейгул Н.А. — написание текста; Плотко Э.Г. — редактирование; Шабардина Л.В. — сбор и обработка данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 09.07.2025 / Поступила после доработки: 09.04.2026 / Принята к печати: 20.05.2026 / Опубликовано: 18.06.2026

Olga A. Drugova¹, Anna A. Fedoruk¹, Natalya A. Mikushina¹, Liliya K. Karimova^{1,2},
Nadezhda A. Muldasheva², Natalia A. Beigul², Eduard G. Plotko¹, Lada V. Shabardina¹

Combined chemical exposures in metallurgical coke production and their health effects in workers

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Metallurgical coke production is a source of environmental pollution with harmful inorganic and organic substances possessing of specific effects on the human body. The relevance of this study is determined by the lack of information in the available literature on the working conditions of workers in by-product coke production facilities, taking into account the combined effects of harmful substances acting in the same direction.

The aim of the study. To assess health effects of combined occupational exposures to harmful chemicals in coke workers and develop measures to ensure chemical safety in the workplace.

Materials and methods. We have analyzed the results of coke oven shop workplace air testing for chemicals having acute, carcinogenic, reprotoxic, and fibrogenic health effects in workers. For the substances with a similar mechanism of action, we calculated summation coefficients to classify working conditions as harmful in terms of chemical risk.

Results. The workplace air in coke production is contaminated with a multicomponent mixture comprising chemicals of different hazard classes and mechanisms of action, such as carbon monoxide, hydrogen cyanide, benzene, benzo[a]pyrene, coke and coal dust, and hydroxybenzene. The chemical factor was assessed with account for possible additive effects of the combinations of pollutants acting similarly. When the summation coefficient was taken into account, the class of working conditions increased by 1 to 2 degrees of harmfulness due to chemical risk. Working under such conditions can pose a high potential risk of occupational diseases. Realized risks are associated with exposure to fibrous aerosols and carcinogens.

Limitations. The study was conducted within one coking plant utilizing dry coal distillation technology. Additional studies based on larger samples could identify other important factors affecting workers' health and allow for risk accounting for workers at similar facilities.

Conclusion. The use of the summation coefficient for harmful chemicals having similar modes of action when assessing working conditions provides an objective description of the occupational setting, helps to assess work-related health risks to metallurgical coke workers and develop a set of health and safety measures to mitigate them.

Keywords: harmful chemicals; working conditions; workers; combined exposure; summation coefficient; metallurgical coke production; workplace air; multicomponent mixture

Compliance with ethical standards. The study does not require ethics approval. No personal data were used in the research.

For citation: Drugova O.G., Fedoruk A.A., Mikushina N.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beigul N.A., Plotko E.G., Shabardina L.V. Combined chemical exposures in metallurgical coke production and their health effects in workers. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(5): 525–532. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-525-532> <https://elibrary.ru/yctuqe> (In Russ.)

For correspondence: Olga G. Drugova, e-mail: drugovao@ymrc.ru

Contribution: Drugova O.G. – data collection and analysis, manuscript preparation, editing; Fedoruk A.A. – study conception and design, manuscript preparation, editing; Mikushina N.A. – data collection and analysis; Karimova L.K. – study conception and design, editing; Muldasheva N.A. – manuscript preparation; Beigul N.A. – manuscript preparation; Plotko E.G. – editing; Shabardina L.V. – data collection and analysis. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: July 9, 2025 / Revised: April 9, 2026 / Accepted: May 20, 2026 / Published: June 18, 2026

Введение

Сложившаяся в настоящее время геополитическая ситуация привела к увеличению выпуска продукции в металлургическом секторе экономики, развитие которого входит в одну из приоритетных задач Российской Федерации. Важной подотраслью чёрной металлургии является коксохимическое производство (КХП).

Металлургический кокс остаётся незаменимым сырьём в доменном производстве чёрных металлов. Кроме того, коксовый газ и другие продукты коксования служат сырьём для химических производств, цветной металлургии, металлообработки и строительной индустрии [1, 2]. По многочисленным данным, КХП является источником загрязнения окружающей среды вредными веществами неорганической и органической природы, обладающими специфическим действием на организм человека [3–5]. Получены убедительные данные, свидетельствующие о негативном влиянии на организм работников вредных химических веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны КХП. Так, бензол обладает канцерогенным и репротоксическим действием на организм человека и животных [6–8]. Полициклические ароматические углеводороды, выделя-

ющиеся в воздушную среду при производстве кокса, известны своей канцерогенной опасностью¹: бенз(а)пирен (группа 1, канцероген для человека), циклопента[сd]пирен (ацепирен), дибенз[а, h]антрацен, дибенз[а, j]акридин, дибензо[а, i]пирен (группа 2A, вероятно, канцерогенны для человека), могут вызывать мутации в соматических клетках, ядерно-митотические нарушения, в том числе приводить к преждевременному старению и другим отклонениям в состоянии здоровья работников [9–16].

Согласно данным Федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ², углеродная и коксовая пыли обладают фиброгенным и канцерогенным действием, а сланцевый кокс – аллергенными свойствами.

¹ Согласно СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», данные вещества относятся к факторам, канцерогенным для человека, в скобках приведена классификация МАИР (доступно: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/>).

² Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ. URL: <https://www.rpohv.ru/online/> (далее – ФРПОХБВ).

В доступной литературе отсутствуют сведения об условиях труда работников КХП с учётом комбинированного действия вредных веществ одностороннего действия, данные о состоянии здоровья работников представлены недостаточно [17, 18].

Цель исследования — оценка комбинированного воздействия вредных веществ на организм работников КХП и разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Материалы и методы

Проанализированы результаты исследований воздуха рабочей зоны коксового цеха, проведённых в рамках производственного контроля (ПК) для определения содержания вредных химических веществ. Из данных ПК выбирали максимальные значения концентраций веществ за период наблюдения и соответствующие им среднесменные концентрации при их наличии для оценки условий труда. В зависимости от особенностей влияния компонентов аэрозоля на организм человека³ формировали группы веществ одностороннего действия. Принято считать, что при комбинированном (разные вещества, один путь поступления) воздействии веществ одностороннего действия на уровне низких (недействующих) доз (на уровне ПДК) наблюдается близкий к аддитивному эффект действия [19, 20]. Потенциальная опасность смеси таких веществ определяется путём суммирования коэффициентов их опасности, и эта сумма не должна превышать единицу [21]. Поэтому при идентификации в воздухе рабочей зоны вредных веществ одностороннего действия в близких к ПДК концентрациях рассчитывали коэффициент суммации действия для каждой комбинации веществ одностороннего действия (приложение 1 Р 2.2.2006–05⁴) по следующим группам: канцерогены, репротоксиканты, вещества остроагрессивного действия. Оценка условий труда проведена в соответствии с положениями Р 2.2.2006–05⁴ как по изолированному действию веществ, так и по комбинированному. Определён итоговый класс условий труда по химическому фактору и АПФД, характеризующий априорный риск.

Изучена профессиональная заболеваемость за десятилетний период по материалам, предоставленным предприятием. Определяли одночисловой показатель индекса профзаболеваний (Ипз), при развитии нескольких форм профзаболеваний определяли суммарный Ипз согласно Руководству Р 2.2.3969–23⁵. При установлении категории вероятности риска исходили из расчёта среднесписочной численности за период наблюдения. Категорию риска по условиям труда и Ипз определяли по Руководству Р 2.2.3969–23⁵.

Результаты

Кокс на производстве получали по технологии сухой перегонки каменных углей с предварительным дроблением угля, его обогащением для снижения зольности и усреднением. В результате нагрева угольной шихты без доступа воздуха в коксовых печах образуется кокс, представляющий собой твёрдый остаток в виде кускового вещества с содержанием углерода более 95%. Для охлаждения используют технологию сухого тушения кокса. Попутный продукт получения кокса — сырой коксовый газ — после извлечения из него в процессе охлаждения и очистки химических продуктов (каменноугольной смолы, бензола, аммиака, лёгких пиридиновых оснований) использовался для коксовых печей металлургического комбината и технологических нужд цехов коксохимического производства.

Основными технологическими участками производства являются коксовые батареи, угольные башни, установки сухого тушения кокса (УСТК), коксортировка и коксододача. Основные технологические операции — загрузка камер коксования угольной шихтой, ведение процесса коксования, выдача кокса, тушение кокса, сортировка кокса и отгрузка.

Каждый технологический участок коксового цеха обслуживали работники определённой профессиональной группы, подвергавшиеся при выполнении технологических операций воздействию многокомпонентной смеси вредных веществ (табл. 1). Химические соединения, входящие в её состав, относились к веществам 1-го, 2-го и 4-го классов опасности. Смесь была представлена веществами остроагрессивного (гидроцианид, углерода оксид), канцерогенного (бензол, бенз(а)пирен, пыль кокса и угольная), репротоксического (бензол, углерода оксид, гидроксibenзол, бенз(а)пирен) и фиброгенного действия (углерода пыли: коксы каменноугольные, пековые).

На рабочем месте кабинщика-кантовщика концентрации каждого из вредных веществ многокомпонентной смеси не превышали соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК), однако при учёте эффекта суммации для групп веществ остроагрессивного действия, канцерогенов и репротоксикантов было отмечено превышение рассчитанных коэффициентов суммации в 1,2–1,5 раза, что соответствовало вредному классу 3.1 (табл. 2).

На многих рабочих местах содержание веществ остроагрессивного действия превышало их ПДК: по оксиду углерода в 1,1–1,9 раза, по гидроцианиду — в 1,1–2 раза на некоторых рабочих местах. Поскольку гидроцианид — высоколетучее соединение с температурой кипения плюс 26,7 °С, повышением содержания его фиксировали на верхних площадках коксовых батарей, особенно во время открытия загрузочных люков, загрузки сырья и обслуживания газоотводящей системы печей, на рабочих местах люкового и барилетчика, в меньшей степени — машиниста углезагрузочной машины, который находился в кабине. На остальных рабочих местах превышения ПДК данных веществ не установлено.

Вместе с тем при расчёте коэффициента суммации для комбинации веществ остроагрессивного действия (оксид углерода и гидроцианид) практически на всех рабочих местах (за исключением машиниста электроваза тушильного вагона) отмечалось превышение допустимой величины в 1,3–3,6 раза, в том числе и на тех рабочих местах (машинисты коксовыткатывателя и дверсёмной машины, кабинщик-кантовщик), где не было зафиксировано превышений ПДК каждого из этих веществ в отдельности.

На большинстве рабочих мест было отмечено превышение концентраций канцерогенных веществ. Наибольшие концентрации бенз(а)пирена установлены при обслуживании открытых участков камер коксовой печи (загрузка и контроль распределения шихтовых материалов, выгрузка кокса из печей на рабочих местах люкового, барилетчика и дверсёмного) — класс 3.2. На остальных рабочих местах концентрации бенз(а)пирена составляли от 0,5 до 2,2 ПДК, что соответствовало классам условий труда 2–3.2.

Высокие максимальные разовые концентрации высоколетучего бензола (температура кипения плюс 80,1 °С) зафиксированы на рабочих местах люкового и барилетчика, а также машиниста углезагрузочной машины (превышение ПДК в среднем в 1,9 раза, класс 3.1).

При оценке химического фактора учёт коэффициента суммации действия канцерогенных веществ (комбинация из бензола и бенз(а)пирена) привёл к увеличению вредности условий труда на одну ступень, а на рабочем месте кабинщика-кантовщика — к переводу допустимых условий труда во вредные первой степени.

Концентрации гидроксибензола, обладающего достаточно высокой летучестью (температура кипения плюс 181,8 °С) и относящегося к репротоксикантам, превышали ПДК на рабочих местах, расположенных на верхней площадке коксовых

³ ФРПОХБВ.

⁴ Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (далее — Р 2.2.2006–05).

⁵ Р 2.2.3969–23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки (далее — Р 2.2.3969–23).

Таблица 1 / Table 1

Концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны и классы условий преимущественно фиброгенного действия на основных рабочих местах коксового цеха

Concentrations of harmful chemicals and aerosols with a predominantly fibrogenic effect in the workplace air and classes of working conditions in terms of chemical risk for the core personnel of the coke oven shop

Участок, профессия Site, job	Наименование вещества (класс опасности, особенность действия на организм), ПДК _{ср} /ПДК _{сс} , мг/м ³ Chemical name (hazard class, specific effect on the body), MPC _{max} single/MPC _{TWA} , mg/m ³					Аэрозоль преимущественно фиброгенного действия Углерода пыли (кокса) (4, Ф), — /6 мг/м ³ Aerosols with a predominantly fibrogenic effect Carbon dust (coke) (4, F), — /6 mg/m ³	Класс условий труда без учёта суммации / по АПФД Class of working conditions without taking into account the effect of summation / by aerosols with predominantly fibrogenic action (APFA)
	Углерода оксид (О, Рз), 20 мг/м ³ Carbon monoxide (A, R), 20 mg/m ³	Гидроцианид (1, О), 0,3 мг/м ³ Hydrocyanide (1, A), 0.3 mg/m ³	Бенз(а)пирен (1, К, Рз), — / 0,00015 мг/м ³ Benzo(a)pyrene (1, C, R), — / 0.00015 mg/m ³	Бензол+ (2, К, Рз), 15/5 мг/м ³ Benzene+ (2, C, R), 15/5 mg/m ³	Гидроксibenзол (2, Рз), 1.0/0.3 мг/м ³ Hydroxybenzene (2, R), 1.0/0.3 mg/m ³		
концентрация вещества, мг/м ³ (класс условий труда) concentration of the chemical, mg/m ³ (class of working conditions)							
Участок огнеупорных работ The site of refractory works	22.0 (3.1)	0.25 (2)	0.000140 (2)	17.4/6.2 (3.1)	0.20/0.09 (2)	24.7 (3.2)	3.1/3.2
Участок установки сухого тушения кокса The site of the coke dry extinguishing plant	37.0 (3.1)	0.30 (2)	0.000089 (2)	—	1.00/0.25 (2)	11.3 (3.1)	3.1/3.1
Участок коксовых батарей The site of coke oven batteries	19.5 (2)	0.10 (2)	0.000178 (3.1)	20.5/5.6 (3.1)	0.24/0.1 (2)	18.6 (3.2)	3.1/3.2
Машинист коксовых машин (дверьёмная машина) Coke machine operator (door detachable machine)	19.5 (2)	0.10 (2)	0.000178 (3.1)	17.3/5.6 (3.1)	0.30/0.08 (2)	20.6 (3.2)	3.1/3.2
Машинист коксовых машин (углезагрузочная) Coke machine operator (coke filler)	17.3 (2)	0.34 (3.1)	0.000260 (3.1)	29.0/7.2 (3.1)	1.80/0.20 (3.1)	20.6 (3.2)	3.1/3.2
Люковой / Coke hatchman	32.0 (3.1)	0.60 (3.1)	0.000330 (3.2)	29.0/7.2 (3.1)	5.80/0.34 (3.2)	22.8 (3.2)	3.2/3.2
Дверевой / Coke doorman	25.0 (3.1)	0.10 (2)	0.000330 (3.2)	—	0.20/0.09 (2)	18.6 (3.2)	3.2/3.2
Машинист электровагона тушительного вагона Driver of the electric locomotive of the extinguishing car	7.0 (2)	0.10 (2)	0.000130 (2)	—	0.20/0.10 (2)	7.4 (3.1)	2/3.1
Кабинщик-кантовщик / Valveman	17.2 (2)	0.15 (2)	0.000080 (2)	14.0/3.2 (2)	0.20/0.09 (2)	5.8 (2)	2/2
Участок газового хозяйства The site of the gas industry	24.0 (3.1)	0.30 (2)	0.000170 (3.1)	20.5/5.6 (3.1)	0.20/0.09 (2)	11.4 (3.1)	3.1/3.1
Барильщик / Barillet	32.0 (3.1)	0.60 (3.1)	0.000330 (3.2)	28.0/7.2 (3.1)	5.80/0.34 (3.2)	22.8 (3.2)	3.2/3.2
Тоннельщик / Tunneler	24.0 (3.1)	0.30 (2)	0.000150 (2)	20.5/5.6 (3.1)	0.20/0.09 (2)	11.4 (3.1)	3.1/3.1

Примечание. ПДК_{ср}/ПДК_{сс} — максимальная разовая ПДК/среднесменная ПДК; О — острая/острое действие; К — канцероген; Ф — аэрозоль преимущественно фиброгенного действия; Рз — репротоксическое действие.

Note: MPC_{max} single/MPC_{TWA}, maximum permissible levels for a single/time weighted average (TWA) concentration; A, acute; C, carcinogenic; F, APFA; R, reprotoxic action

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты суммации вредных веществ и соответствующие классы условий труда по химическому фактору на основных рабочих местах коксового цеха**Coefficients of summation of harmful chemicals and the corresponding classes of working conditions in terms of chemical risk for the core personnel of the coke oven shop**

Участок, профессия Site, job		Коэффициент суммации вредных веществ по комбинации с одинаковой спецификой клинических проявлений (класс условий труда) Coefficient of summation of harmful chemicals by the combination with the same specifics of clinical manifestations (class of working conditions)			Класс условий труда с учётом эффекта суммации Class of working conditions given the effect of summation
		остронаправленное (углерода оксид, гидроцианид) acute (carbon oxide, hydrocyanide)	канцерогенное (бенз(а)пирен, бензол ⁺) carcinogenic (benzo[a]pyrene, benzene ⁺)	репротоксическое (бенз(а)пирен, бензол ⁺ , гидроксибензол) reprotoxic (benzo[a]pyrene, benzene ⁺ , hydroxybenzene)	
Участок огнеупорных работ The site of refractory works	Огнеупорщик, занятый на горячих участках Refractory worker employed in hot areas	1.9 (3.1)	2.2 (3.2)	2.5 (3.2)	3.2
	Участок установки сухого тушения кокса The site of the coke dry quenching plant				
	Машинист установки сухого тушения кокса Coke dry quenching plant operator	2.9 (3.2)	–	1.4 (3.1)	3.2
Участок коксовых батарей The site of coke oven batteries	Машинист коксовых машин (коксовыталькиватель) Coke machine operator (coke drawer)	1.3 (3.1)	2.3 (3.2)	2.6 (3.2)	3.2
	Машинист коксовых машин (двересьёмная машина) Coke machine operator (door detachable machine)	1.3 (3.1)	2.3 (3.2)	2.6 (3.2)	3.2
	Машинист коксовых машин (углезагрузочная) Coke machine operator (coke filler)	2.0 (3.1)	2.2 (3.2)	3.8 (3.2)	3.2
	Люковой / Coke hatchman	3.6 (3.2)	3.6 (3.2)	4.7 (3.3)	3.3
	Дверьевой / Coke doorman	1.6 (3.1)	–	2.5 (3.2)	3.2
	Машинист электровоза тушильного вагона Driver of the electric locomotive of the extinguishing car	0.7 (2)	–	1.2 (3.1)	3.1
	Кабинщик-кантовщик / Valveman	1.4 (3.1)	1.2 (3.1)	1.5 (3.1)	3.1
Участок газового хозяйства Gas control site	Газовщик коксовых печей Coke oven gasman	2.2 (3.2)	2.3 (3.2)	2.6 (3.2)	3.2
	Барилетчик / Barillet	3.6 (3.2)	3.6 (3.2)	4.8 (3.3)	3.3
	Тоннельщик / Tunneler	2.2 (3.2)	2.1 (3.2)	2.4 (3.2)	3.2

батарей – люковой и барилетчика (класс 3.2), машиниста углезагрузочной машины (класс 3.1), на остальных рабочих местах условия труда соответствовали допустимому классу.

При расчёте коэффициента суммации действия репротоксикантов (гидроксибензола, бенз(а)пирена и бензола), выделяющихся в воздух рабочей зоны, повысился класс условий труда на одну ступень практически на всех изученных рабочих местах по сравнению с оценкой химического фактора по изолированному воздействию каждого из репротоксикантов, за исключением рабочих мест люковой и дверьевой (класс вредности не изменился).

Концентрации в воздухе рабочей зоны пыли коксов каменноугольных пековых, относящихся к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия (АПФД), превышали ПДК на всех рабочих местах, за исключением кабинщика-кантовщика (условия труда допустимые). Высокие уровни запылённости (классы 3.1–3.2) наблюдались при выполнении огнеупорных работ, обслуживании коксовых батарей, загрузке сырья и контроле процесса загрузки и коксования на печах, выгрузке кокса, обслуживании дверей камер коксования.

Комбинации вредных химических веществ, концентрации которых превышали гигиенические нормативы, при общем классе условий труда 3.1–3.3 в условиях коксового цеха способствовали формированию у работников различных профессиональных патологий: в структуре преобладали пневмокониоз, карбонкиоз, профессиональные раки различной локализации. Случаи профессиональных болезней регистрировались у представителей профессий барилетчик, дверьевой и машинист коксовых машин. Эти работники по результатам гигиенической оценки условий труда имели высокую либо очень высокую категорию риска по химическому фактору и экстремально высокий риск по индексу $I_{пз}$ (табл. 3).

Наибольший риск развития профессиональной патологии зафиксирован у машинистов коксовых машин: для лиц этой профессиональной группы суммарный $I_{пз}$ составил 1,17. Представленные данные свидетельствуют о необходимости разработки системы мероприятий для оптимизации условий труда и сохранения здоровья работников коксового цеха КХП.

Таблица 3 / Table 3

Показатели профессионального риска ущерба здоровью работников основных профессий коксового цеха
Indicators of the occupational health risk for the core personnel of the coke oven shop

Профессия Job	Класс условий труда по химическому фактору Class of working conditions by chemical factor	Категория* риска по условиям труда Risk category* by working conditions	Количество случаев ПЗ в профессии Number of OD cases in the job	Диагноз ПЗ Diagnosis of OD	Суммарный I _{об} Total index of OD (I _{об})	Категория** профессионального риска по I _{об} Occupational risk category** by I _{об}	Итоговая категория профессионального риска Resulting occupational risk category
Барилетчик Barillet	3.4	очень высокая very high	1	профессиональный рак лобной доли occupational cancer of the frontal lobe	1.00 (X, K) (Ch, C)	экстремально высокая extremely high	экстремально высокая extremely high
Дверьевой Coke doorman	3.4	очень высокая very high	3	пневмокониоз, профессиональная базалиома pneumoconiosis, occupational basal cell carcinoma	0.83 (АПФД, X, K) (APFE, Ch, C)	экстремально высокая extremely high	экстремально высокая extremely high
Машинист коксовых машин Coke machine operator	3.3	высокая high	3	пневмокониоз, карбокониоз, профессиональный рак гортани pneumoconiosis, carboconiosis, occupational larynx cancer	1.17 (АПФД, X, K) (APFE, Ch, C)	экстремально высокая extremely high	экстремально высокая extremely high

Примечание. * – согласно табл. 6.2 Руководства Р 2.2.3969–23; ** – согласно табл. 6.3 Руководства Р 2.2.3969–23. Сокращения: X – химический фактор; K – канцероген; АПФД – аэрозоль преимущественно фиброгенного действия; ПЗ – профзаболевание.

Note: * according to Table 6.2 of Guidelines R 2.2.3969–23; ** according to Table 6.3 of Guidelines R 2.2.3969–23. Abbreviations: Ch, chemical; C, carcinogen; APFE, aerosol with a predominantly fibrogenic action; OD, occupational diseases.

Обсуждение

В процессе коксования угля (от загрузки сырья до выдачи кокса) на работников воздействует многокомпонентная смесь сложного состава [8, 14]. Наибольшие концентрации вредных веществ наблюдались на рабочих местах работников, обслуживающих верхние части коксовых батарей и занятых погрузкой сырья. Полученные нами данные согласуются с исследованиями других авторов, отмечавших, что численные значения концентраций побочных продуктов производства кокса зависят от расположения рабочего места относительно коксовой печи (верх, низ, стороны загрузки или выгрузки) [8, 14].

Поскольку в воздухе рабочей зоны коксохимического производства присутствуют одновременно вещества различного действия, проведена оценка их влияния на организм по следующим комбинациям: канцерогены, репротоксиканты, вещества остроаправленного действия. Установлено, что условия труда на всех рабочих местах можно охарактеризовать как вредные (первой, второй, третьей степени), в том числе и на тех рабочих местах, где по отдельным веществам превышений ПДК не было установлено. В ряде случаев расчёт коэффициента суммации привёл к повышению класса условий труда на одну-две ступени. При этом на предприятии не принималась во внимание необходимость расчёта коэффициента суммации для каждой из таких комбинаций веществ, оценка условий труда не была приведена в соответствие с гигиеническими рекомендациями Р 2.2.2006–05⁴.

По содержанию АПФД условия труда также характеризовались на большинстве рабочих мест как вредные первой либо второй степени.

Наши данные совпадают с исследованиями авторов, отмечающих, что наиболее уязвимы по вероятным последствиям ущерба для здоровья работники, обслуживающие коксовые батареи [12, 13]. По мнению отдельных авторов [29], пренебрежение учётом комбинированного воздействия

при оценке условий труда по химическому фактору может привести к недооценке потенциального риска для здоровья работника и будет препятствовать проведению санитарно-гигиенических мероприятий в необходимом объёме.

Следует отметить, что при коксовании угля возможно также выделение сернистых газов и оксидов азота, данные о концентрациях которых в воздухе рабочей зоны отсутствовали в представленных документах. На предприятии были применены технологические решения для снижения вредных выбросов в рабочую зону КХП (использование низкосернистого угля (доля серы до 0,7%), уплотнение дверей коксовых батарей, бездымная загрузка и выгрузка из печей с помощью машин), что, возможно, снизило выбросы этих газов. Однако документов, отражающих влияние проведённых мероприятий на здоровье работников и среду обитания, предприятие не представило, что требует дополнительных исследований при оценке риска для здоровья.

При разработке санитарно-гигиенических мероприятий следует учитывать реальную опасность химических факторов для работников коксового цеха, возможное комбинированное действие веществ (канцерогенное, репротоксическое, остроаправленное). В целях управления аэрогенным риском для здоровья необходимы оценка условий труда с учётом возможного эффекта суммации действия химических факторов на организм работников и ежегодный мониторинг АПФД с расчётом дозовых нагрузок (пылевой нагрузки за год) с последующей оценкой условий труда в данный момент по сумме пылевых нагрузок за весь период работы.

Наиболее эффективными мероприятиями по снижению риска для здоровья работников являются технологические и технические, связанные с заменой изношенного оборудования, модернизацией производства [22]; к первоочередным, выполнение которых включено в план модернизации производства, относятся автоматизация процессов, уплотнение дверей камер, локализация выбросов при снятии

и очистке дверей, загрузке и выгрузке печей. При невозможности приведения фактических концентраций к допустимым уровням для предотвращения (снижения) воздействия вредных веществ работники должны применять средства индивидуальной защиты органов дыхания. Руководство предприятия обязано внедрять коллективные средства защиты, повышать культуру производства [23]. Одной из мер снижения риска для здоровья, на наш взгляд, будет сокращение времени контакта с поллютантами. Многочисленные научные исследования показывают наличие связи «доза – эффект» между уровнями воздействия химических веществ и вероятностью развития нарушений здоровья работников. ПДК, будучи характеристикой дозы, предполагает определённый период воздействия⁶. Учёт времени контакта заложен в оценке риска для здоровья от воздействия АПФД (через расчёт пылевой нагрузки) и канцерогенов. Поэтому мерой профилактики для уменьшения дозы воздействия вредных веществ и АПФД может служить оптимизация режимов труда и отдыха. Необходимо информировать работников о потенциальных рисках для здоровья и методах защиты от негативного воздействия [24].

Важными являются медико-профилактические мероприятия по сохранению и укреплению здоровья работников,

⁶ Приложение 1 ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением № 1).

к которым относится мониторинг по результатам периодических медицинских осмотров, диспансерного наблюдения. Особое внимание следует уделять оценке индивидуального канцерогенного риска с учётом экспозиции химических веществ в период трудовой деятельности, ранней диагностике злокачественных новообразований с помощью специальных методов [25]. Значимую роль играют оздоровительные мероприятия, проводимые на постоянной основе, в том числе применение биопротективных комплексов [26–28].

Заключение

Установлено, что в воздухе рабочей зоны коксового цеха присутствуют многокомпонентные смеси химических веществ со специфическими эффектами: остронаправленным, репротоксичным, канцерогенным и фиброгенным. Условия труда работников с учётом коэффициента суммации комбинаций веществ соответствуют вредному классу степеней 1–3 и создают высокий потенциальный риск нарушения здоровья. Реализованный риск для здоровья связан с развитием наиболее лёгких пылевой этиологии и профессионального рака.

При оценке гигиенической ситуации на предприятии необходимо организовать ПК в полном объёме, а также учитывать комбинированное воздействие вредных веществ, что позволит актуализировать информацию о потенциальном риске для здоровья работников коксового цеха и разработать адекватные меры его минимизации.

Литература

(п.п. 1, 3–16, 22, 28 см. References)

- Куликова М.П. Состояние технологий коксования углей. *Природные ресурсы, среда и общество*. 2020; (2): 70–6. <https://elibrary.ru/pdbphq>
- Анненкова М.В., Кожемяка С.В., Беликов А.С. Оценка уровня заболеваемости огнеупорщиков при ремонте коксовых печей с временной утратой трудоспособности. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2011; (4): 47–51. <https://elibrary.ru/ufzxxd>
- Амангельдин С.К. Эффективность мероприятий по оздоровлению условий труда при обслуживании коксовых батарей. *Гигиена и санитария*. 1982; 61(1): 81–2.
- Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В., Мамонов Р.А., Сеницына О.О. Методы оценки комбинированного действия веществ. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(2): 86–9. <https://elibrary.ru/pffhgl>
- Штабский Б.М., Федоренко В.И. О двух видах аддитивности комбинированного действия вредных веществ: определение понятия и способы оценки. *Гигиена и санитария*. 1990; 69(2): 80–1.
- Измеров Н.Ф., Денисов Э.И. *Профессиональный риск здоровью (Руководство)*. М.: Тронтат; 2003.
- Герасимов С.В., Колмаков Н.Г., Субботин С.П. Использование элементов BREF в практической деятельности ОАО «Кокс». *Кокс и химия*. 2015; (5): 30–3. <https://elibrary.ru/ttzyvb>
- Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://elibrary.ru/yqxhml>
- Савченко Я.А., Минина В.И., Баканова М.Л., Глушков А.Н. Генотоксические и канцерогенные эффекты воздействия факторов производственной среды угледобывающей и углеперерабатывающей индустрии. *Генетика*. 2019; 55(6): 643–54. <https://doi.org/10.1134/S0016675819060158> <https://elibrary.ru/zlluxm>
- Благинина Т.Ф., Болотнова Т.В., Куимова Ж.В., Камшилова О.А. Персонализированная профилактика хронических неинфекционных заболеваний у работающих в условиях вредных производственных факторов. *Медицинская наука и образование Урала*. 2023; 24(4): 16–21. <https://elibrary.ru/tkpkjr>
- Шеколюдикина А.Е., Евсеева С.А., Нагорняк А.С. Перспективы использования профилактического питания на предприятиях Алтайского края. В кн.: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Гигиена питания в XXI веке: достижения и перспективы»*. СПб.; 2023: 240–4. <https://elibrary.ru/ebmvul>
- Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бадикова А.Д., Гимранова Г.Г. Оценка условий труда по химическому фактору при комбинированном воздействии вредных веществ. *Безопасность труда в промышленности*. 2024; (4): 39–45. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2024-4-39-45> <https://elibrary.ru/jagurk>

References

- Díez M.A., Alvarez R., Barriocanal C. Coal for metallurgical coke production: predictions of coke quality and future requirements for cokemaking. *Int. J. Coal Geol.* 2002; 50(1–4): 389–412. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(02\)00123-4](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(02)00123-4)
- Kulikova M.P. The state of technology for coal pyrolysis. *Природные ресурсы, среда и общество*. 2020; (2): 70–6. <https://elibrary.ru/pdbphq> (in Russian)
- Mu L., Li X., Liu X., Bai H., Peng L., Li Y., et al. Characterization and emission factors of carbonaceous aerosols originating from coke production in China. *Environ. Pollut.* 2021; 268(Pt. B): 115768. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115768>
- U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Benzene. Atlanta; 2007.
- Shi J., Deng H., Bai Z., Kong S., Wang X., Hao J., et al. Emission and profile characteristic of volatile organic compounds emitted from coke production, iron smelt, heating station and power plant in Liaoning Province, China. *Sci. Total Environ.* 2015; 515–516: 101–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.034>
- U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Addendum to the Toxicological Profile for Benzene. Atlanta; 2015.
- Wild C.P., Weiderpass E., Stewart B.W., eds. *World Cancer Report: Cancer Research for Cancer Prevention*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2020.
- Bieniek G., Łusiak A. Occupational exposure to aromatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons at a coke plant. *Ann. Occup. Hyg.* 2012; 56(7): 796–87. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mes016>
- Singh A., Kamal R., Ahamed I., Wagh M., Bihari V., Sathian B., et al. PAH exposure-associated lung cancer: an updated meta-analysis. *Occup. Med. (Lond.)*. 2018; 68(4): 255–61. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqy049>
- Xi J., Cao Y., Wang Y., You X., Liu W., Wang T., et al. PIG-A gene mutation as a mutagenicity biomarker among coke oven workers. *Food Chem. Toxicol.* 2023; 178: 113872. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113872>
- Duan X., Yang Y., Zhang D., Wang S., Feng X., Wang T., et al. Genetic polymorphisms, mRNA expression levels of telomere-binding proteins, and associates with telomere damage in PAHs-exposure workers. *Chemosphere*. 2019; 231: 442–9. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.134>
- Yan M., Cheng S., Wang S., Duan X., Mensah A.R., Li L., et al. Association of genetic polymorphisms of TERT with telomere length in coke oven emissions-exposed workers. *Int. J. Environ. Health Res.* 2023; 33(11): 1059–69. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2069687>
- Yang K., Jiang X., Cheng S., Chen C., Cao X., Tu B. Effects of coke oven emissions and benzo[a]pyrene on blood pressure and electrocardiogram in coke oven workers. *J. Occup. Health*. 2017; 59(1): 1–7. <https://doi.org/10.1539/joh.15-0264-OA>

14. He Q., Yan Y., Zhang Y., Wang X., Wang Y. Coke workers' exposure to volatile organic compounds in northern China: a case study in Shanxi Province. *Environ. Monit. Assess.* 2015; 187(6): 359. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4582-7>
15. Hadrup N., Mielżyńska-Svach D., Kozłowska A., Campisi M., Pavanello S., Vogel U. Association between a urinary biomarker for exposure to PAH and blood level of the acute phase protein serum amyloid A in coke oven workers. *Environ. Health.* 2019; 18(1): 81. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0523-1>
16. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–141. Available at: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
17. Annenkova M.V., Kozhemyaka S.V., Belikov A.S. Assessment of the incidence of refractoriness during the repair of coke ovens with temporary disability. *Visnik Pridniprovs'koї derzhavnoi akademii budivnistva ta arkhitekturi.* 2011; (4): 47–51. <https://elibrary.ru/ufzxxd> (in Russian)
18. Amangeldin S.K. The effectiveness of measures to improve working conditions in the maintenance of coke batteries. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 1982; 61(1): 81–2. (in Russian)
19. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V., Mamonov R.A., Sinitsyna O.O. Methods for estimating the combined effect of substances. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2012; 91(2): 86–9. <https://elibrary.ru/pffhgl> (in Russian)
20. Shtabskii V.M., Fedorenko V.I. On two types of additive effect of combined action of harmful substances: definition of the concept and methods of assessment. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 1990; 69(2): 80–1. (in Russian)
21. Izmerov N.F., Denisov E.I. *Occupational Health Risk (Manual) [Professional'nyi risk zdorov'yu (Rukovodstvo)]*. Moscow: Trovant; 2003. (in Russian)
22. Cheng L., Wei W., Cheng S., Zhang C., Ye Z., Wang K., et al. Reductions of multiple air pollutants from coking industry through technology improvements and their impacts on air quality and health risks in a highly industrialized region of China. *Sci. Total. Environ.* 2024; 908: 168360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168360>
23. Gerasimov S.V., Kolmakov N.G., Subbotin S.P. Incorporating BREF concepts at OAO Koks. *Coke And Chemistry.* 2015; 58(5): 184–7. <https://doi.org/10.3103/S1068364X15050038> <https://elibrary.ru/ufdgkf>
24. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2017; 96(12): 1125–9. <https://elibrary.ru/yqxmne> (in Russian)
25. Savchenko Y.A., Minina V.I., Bakanova M.L., Glushkov A.N. Genotoxic and carcinogenic effects of industrial factors in coal mining and coal-processing industry (review). *Russian Journal of Genetics.* 2019; 55(6): 681–91. <https://doi.org/10.1134/S1022795419060140> <https://elibrary.ru/wjidbp>
26. Blaginina T.F., Bolotnova T.V., Kuimova Zh.V., Kamshilova O.A. Personalized prevention of chronic non-infectious diseases in workers under conditions of harmful operational factors. *Meditinskaya nauka i obrazovanie Urala.* 2023; 24(4): 16–21. <https://elibrary.ru/tpkpkjr> (in Russian)
27. Shchekolodkina A.E., Evseeva S.A., Nagornyak A.S. Prospects for the use of preventive nutrition in enterprises of the Altai Territory. In: *Food Hygiene in the XXI Century: Achievements and Prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Gigiena pitaniya v XXI veke: dostizheniya i perspektivy»]*. St. Petersburg; 2023: 240–4. <https://elibrary.ru/ebmvul> (in Russian)
28. Minigalieva I.A., Shtin T.N., Makeyev O.H., Panov V.G., Privalova L.I., Gurvich V.B., et al. Some outcomes and a hypothetical mechanism of combined lead and benzo(a)pyrene intoxication, and its alleviation with a complex of bioprotectors. *Toxicol. Rep.* 2020; 7: 986–94. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.004>
29. Beygul N.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Badikova A.D., Gimranova G.G. The assessment of working conditions by chemical factor with combined exposure to harmful substances. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti.* 2024; (4): 39–45. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2024-4-39-45> <https://elibrary.ru/jagurk> (in Russian)

Сведения об авторах

Другова Ольга Геннадьевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП», 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: drugovao@ymrc.ru

Федорук Анна Алексеевна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП», 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: annaf@ymrc.ru

Микушина Наталья Анатольевна, мл. науч. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП», 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: mikushinana@ymrc.ru

Каримова Лилия Казымовна, гл. науч. сотр., доктор мед. наук, профессор, ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа, Россия. E-mail: iao_karimova@rambler.ru

Мулдашева Надежда Алексеевна, науч. сотр., ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа, Россия. E-mail: muldasheva51@gmail.com

Бейгул Наталья Александровна, ст. науч. сотр., канд. хим. наук, доцент, ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа, Россия. E-mail: omt_ufnii@mail.ru

Плотко Эдуард Григорьевич, доктор мед. наук, научный консультант, гл. науч. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП», 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: edvardp@ymrc.ru

Шабардина Лада Владимировна, мл. науч. сотр. ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП», 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: lada.shabardina@mail.ru

About the authors

Olga G. Drugova, PhD (Biology), senior researcher, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5491-3209> E-mail: drugovao@ymrc.ru

Anna A. Fedoruk, PhD (Medicine), leading researcher, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827> E-mail: annaf@ymrc.ru

Natalya A. Mikushina, junior researcher, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0004-8375-8462> E-mail: mikushinana@ymrc.ru

Liliya K. Karimova, DSc (Medicine), professor, chief researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9859-8260> E-mail: iao_karimova@rambler.ru

Nadezhda A. Muldasheva, researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3518-3519> E-mail: muldasheva51@gmail.com

Natalia A. Beigul, senior researcher, PhD (Chemistry), associate professor, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8006-384X> E-mail: omt_ufnii@mail.ru

Eduard G. Plotko, DSc (Medicine), scientific consultant, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625> E-mail: edvardp@ymrc.ru

Lada V. Shabardina, junior researcher, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8284-0008> E-mail: lada.shabardina@mail.ru