

Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

Роспотребнадзор, ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, 26, Пермь, Россия, 614990

Введение. Здоровье работающих определяется как социальными и индивидуальными, так и производственными факторами, в том числе шумом, вибрацией и пылью, характерными для технологических процессов на предприятиях по добыче полезных ископаемых. Производственный шум на уровне свыше 90 дБА и пыль в виде взвешенных и мелкодисперсных частиц вызывает нарушение функции сердечно-сосудистой системы и органов дыхания.

Цель исследования — оценка влияния вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников предприятия по подземной добыче руды.

Материалы и методы. Проведена оценка условий труда работников, занятых на выполнении подземных работ по добыче и переработке хромовых руд, анализ производственной пыли на размерность и количественное содержание мелкодисперсных частиц PM10 и PM2,5, исследование биохимических показателей состояния липидного обмена, оксидантной и антиоксидантной систем, показателей функции внешнего дыхания.

Результаты. На рабочих местах работников группы наблюдения основных специальностей выявлены вредные условия труда (класс 3.1–3.4) по уровню шума и вибрации. В воздухе рабочей зоны наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5 ($2,68 \pm 0,54$ мг/м³) и PM10 ($4,64 \pm 0,93$ мг/м³) установлено на месте проведения буровых работ и очистки призабойного пространства. Выявлены отклонения биохимических показателей, характеризующих интенсификацию свободно-радикальных процессов и антиоксидантной защиты, дисбаланс показателей липидного спектра, и нарушение функциональных показателей внешнего дыхания. Установлена высокая степень связи с условиями труда частоты повышенного уровня гидроперекиси липидов и антиоксидантной активности (EF=60,71–65,84%).

Выводы. В условиях повышенного уровня шума (более 94 дБА), общей и локальной вибрации (более 116 и 127 дБ соответственно) и содержания мелкодисперсных частиц PM2,5 (более 2,14 мг/м³) и PM10 (более 3,71 мг/м³) при подземной добыче хромовой руды у работников выявлены отклонения показателей в виде повышения в 1,6 раза уровня гидроперекиси липидов и общей АОА, снижения в 1,2 раза уровня липопротеинов высокой плотности, повышения в 1,2–1,3 раза липопротеинов низкой плотности, триглицеридов и индекса атерогенности в сыворотке крови, снижения пикового экспираторного потока. Высокую степень профессиональной обусловленности имеют частота повышения уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантной активности плазмы крови.

Ключевые слова: подземная добыча руды; шум; вибрация; производственная пыль; частицы PM10 и PM2,5; сердечно-сосудистая система; органы дыхания

Для цитирования: Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М. Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925>

Для корреспонденции: Землянова Марина Александровна, зав. отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: zem@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Marina A. Zemlyanova¹, Yuliya V. Koldibekova¹, Viktor M. Ukhayov²

The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore

¹Federal Scientific Center of Medical and Preventive Technologies of Public Health Risk Management Technologies” of

Rospotrebnadzor, 82 Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

²Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner of Ministry of Health of Russia, 26, Petropavlovskaya str., Perm, Russia, 614990

Introduction. The health of workers is determined by both social and individual, as well as production factors, including noise, vibration and dust, characteristic of technological processes in mining enterprises. Industrial noise above 90 dBA and dust in the form of suspended and fine particles causes dysfunction of the cardiovascular system and respiratory organs.

The aim of the study is to assess the impact of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system of employees of the enterprise for underground mining of ore.

Materials and methods. The assessment of working conditions of workers engaged in underground mining and processing of chrome ores, the analysis of industrial dust on the dimension and quantitative content of fine particles PM10 and PM2.5, the study of biochemical parameters of lipid metabolism, oxidant and antioxidant systems, indicators of respiratory function.

Results. Harmful working conditions (class 3.1–3.4) in terms of noise and vibration were revealed at the workplaces of employees of the main specialties observation group. In the air of the working zone, the highest content of fine particles PM2.5 (2.68 ± 0.54 mg/m³) and PM10 (4.64 ± 0.93 mg/m³) was established at the site of drilling operations and cleaning of the bottom-hole space. Deviations of biochemical parameters characterizing intensification of free radical processes and antioxidant protection, imbalance of lipid spectrum parameters, and violation of functional parameters of external respiration were revealed. A high degree of connection with the working conditions of the frequency of increased levels of lipid hydroperoxide and antioxidant activity (EF=60.71–65.84%) was established.

Conclusions. In high noise level (more than 94 dBA), general and local vibration (more than 116 and 127 dB respectively) and the content of fine particles PM2.5 (more of 2.14 mg/m³) and PM10 (over of 3.71 mg/m³) at underground mining of chrome ore workers have identified abnormalities in the form of increase 1.6 times the level of lipid hydroperoxides and total antioxidant activity, reducing to 1.2 times the level of high density lipoprotein, improving 1.2–1.3 times of low-density lipoproteins, triglycerides, and atherogenic index in blood serum, peak expiratory flow. A high degree of professional conditioning have the frequency of increasing the level of lipid hydroperoxide in blood serum and antioxidant activity of blood plasma.

Keywords: underground ore mining; noise; vibration; industrial dust; particles PM10 and PM2.5; cardiovascular system; respiratory organs

For citation: Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Ukhov V.M. The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925>

For correspondence: Marina A. Zemlyanova, Head of Department of biochemical and cytogenetic methods of diagnostics of Federal Scientific Center of Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: zem@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Укрепление здоровья работающего населения — одна из важнейших государственных задач, решение которой направлено на обеспечение стабильного социально-экономического развития России [1].

Здоровье работающих определяется не только социальными и индивидуальными факторами, но и теми рисками, которые формируются производственными факторами, в том числе шумом, вибрацией и пылью [2–4]. Данные факторы характерны для технологических процессов на предприятиях по добыче полезных ископаемых, где выемку руды производят исключительно с помощью буровзрывных работ. Шум и вибрация, производственная пыль, возникающие при буровзрывных работах, выемке, погрузке и разгрузке горных пород, дроблении с использованием различной техники и оборудования, могут достигать уровней, опасных для здоровья [5,6].

Шум является одним из наиболее распространенных вредных физических факторов, присутствующих на рабочих местах [7]. По данным Росстата за 2016–2017 Гг. доля работников, занятых на работах с воздействием шума, ультра- и инфразвука составляет порядка 18,0%¹. Производственный шум на уровне свыше 90 дБА способствует нарушению функции сердечно-сосудистой системы [7]. По данным российских исследований установлено, что у шахтеров наиболее распространена артериальная гипертензия II степени с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, которые занимают первое место среди всех причин смертности населения [8].

Производственная пыль представляет собой мелкораздробленные твердые частицы, находящиеся в воздухе рабочих помещений во взвешенном состоянии в виде аэрозоля. Особую опасность представляют респираторные пылинки диаметром ≤10 мкм (PM10 и PM2,5) и ультрамелкодисперсные частицы с размером 0,1–0,001 мкм (PM0,1), способные проникать в альвеолы, периферии легкого и кровотока, из которого далее

поступают в ткани организма человека [9]. В зарубежных исследованиях показано, что длительное воздействие PM2,5 и PM10, не превышающих европейские нормативы (менее 25 мкг/м³ и 40 мкг/м³ соответственно), способствовало возникновению инфаркта миокарда и нестабильной стенокардии, обострению кардиометаболических расстройств, что в конечном счете, может привести к увеличению риска летального исхода от сердечно-сосудистых заболеваний [10,11]. Кроме этого, среди заболеваний шахтеров распространена пылевая патология легких [6]. В ряде отечественных исследований выявлено снижение вентиляционных показателей у шахтеров на 10–20% от исходных величин, что позволило отнести данную группу к категории повышенного риска развития хронического пылевого бронхита [6].

Воздействие мелкодисперсных частиц, содержащих металлы, часто приводит к изменению окислительно-антиоксидантного баланса в сторону увеличения продукции активных форм кислорода и нарушения митохондриальной функции клеток-мишеней. Это обуславливает развитие клеточного стресса, сопровождающегося метаболическими или морфологическими нарушениями [12].

В связи с этим, актуальным является детализация нарушений функциональных и биохимических показателей органов дыхания и сердечно-сосудистой системы у работников подземных способов добычи полезных ископаемых.

Цель исследования — оценка влияния вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников предприятия по подземной добыче руды.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись работники профильных специальностей, занятые на выполнении подземных горных работ по добыче и переработке хромовых руд: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки и скреперной лебедки, бурильщик шпуров, дробильщик. Основными вредными производственными факторами

¹ Российский статистический ежегодник. 2018: стат. сб. Росстат. М.; 2018.

на рабочих местах являются: физические факторы — шум, вибрация, охлаждающий микроклимат; химические — пыль, содержащая кремний, хром, железо, алюминий, магний; трудового процесса — высокая степень статической и динамической нагрузки, психоэмоционального напряжения.

Оценка условий труда работников на рабочих местах (содержание хрома (VI) в воздухе рабочей зоны, уровня шума и вибрации, тяжести и напряженности труда, охлаждающего микроклимат) осуществлена на основании актов специальной оценки условий труда (СОУТ) в соответствии с критериями и классификацией условий труда [4]. Натурные исследования воздуха рабочей зоны на содержание взвешенных веществ, частиц PM10 и PM2,5 выполнены специалистами отдела химико-аналитических методов исследования ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Отбор пыли производился на фильтры АФА-ВП-20-2 в 6 точках: точка 1 — комната ожидания 1, точка 2 — ортзаезд (место проведения буровых работ, сбора и перемещения добытой руды к транспортной магистрали), точка 3 — комната ожидания 2, точка 4 — дробилка руды/разгрузка вагонов, точка 5 — дозаторная, точка 6 — загрузка вагонов. Отобранные пробы анализировали методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе Microtrac S3500 (Microtrac Inc., США).

Группа наблюдения включала 77 работников, средний возраст которых составил $39,3 \pm 9,0$ года, средний стаж — $9,7 \pm 8,4$ года. Группу сравнения (работники, не подвергающиеся воздействию исследуемых производственных факторов) составили 49 работников — специалисты административно-управленческого персонала предприятия. Средний возраст работников группы сравнения — $37,5 \pm 7,9$ года, средний стаж — $11,0 \pm 7,1$ года. Изучаемые выборки были сопоставимы по образу жизни, социально-бытовым условиям и уровню материальной обеспеченности.

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием человека Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации с дополнениями от 2013 г. и получением информированного письменного согласия работника на участие в исследовании.

Объем исследований, выполненных у работников, включал показатели, определяемые унифицированными биохимическими и иммуноферментными методами, позволяющими оценить состояние липидного обмена по содержанию общего холестерина, липопротеидов низкой (ЛПНП) и высокой (ЛПВП) плотности, триглицеридов, липопротеина(а) и гомоцистеина в сыворотке крови, индексу атерогенности; оксидантной и антиоксидантной системы по содержанию гидроперекиси липидов и супероксиддисмутазы в сыворотке крови, малонового диальдегида (МДА) и общей антиоксидантной активности (АОА) в плазме крови; состояние сосудов по уровню фактора роста эндотелия сосудов в сыворотке крови. Исследования выполнены с помощью автоматических биохимического «Keylab» (BPC+Biose, Италия), иммуноферментных «Infinite F50» и «Sunrise» (Tecan, Австрия) анализаторов, спектрофотометра ПЭ-5300В (Экохим, Россия). В качестве критериев оценки отклонений лабораторных показателей использованы возрастные физиологические уровни и уровни показателей у работников группы сравнения. Оценка функции внешнего дыхания выполнена специалистами консультативно-поликлинического отделения профцентра ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на спирометре Schiller PSpirmetry с применением датчика SP-260 (Schiller AG, Швейцария) с использованием для

расчета стандарта по Knudson, учитывающего показатели форсированной жизненной емкости легких, объем форсированного выдоха за первую секунду, индекс Тиффно, пиковый экспираторный поток и объемную форсированную скорость выдоха 25%, 50%, 75%.

Для описания количественных признаков использованы значения среднего (М) и ошибки репрезентативности (m), так как предварительное исследование распределения случайных величин, соответствующих анализируемым показателям, показало их согласованность с законом нормального распределения. Статистическая обработка данных проведена с помощью пакета статистического анализа Statistica 8.0, сопряженного с приложениями MS-Office (MS Excel 2007). Различия являлись значимыми при вероятности ошибочного отклонения нулевой гипотезы $p \leq 0,05$ [13]. Оценка связи частоты отклонений показателей с условиями труда осуществлялась по расчету относительного риска (RR) и этиологической доли ответов (EF), обусловленной воздействием вредного производственного фактора² [14].

Результаты. По результатам специальной оценки условий труда установлено, что на основных рабочих местах работников группы наблюдения условия труда являются вредными (класс 3.1–3.4).

Наибольшее содержание взвешенных частиц зарегистрировано в воздухе рабочей зоны дозаторной (точка 5), частиц PM2,5 — в месте проведения буровых работ (точка 2), частиц PM10 — в местах очистки призабойного пространства от горной массы (точки 4 и 5) (табл. 1).

Анализ фракционного состава пылевых частиц в воздухе рабочей зоны показал, что средний размер частиц в точках 1 и 2 составил от 10,2 до 12,07 мкм, в точках 3 и 4 — от 13,5 до 44,0 мкм; в точке 5 преобладала фракция размером около 5,4 мкм, в точке 6 — от 2,03 мкм до 12,44 мкм.

С учетом периода экспозиции у работников группы наблюдения выявлено, что эквивалентные уровни шума на рабочих местах изучаемых специальностей составили 65–114 дБА. Интенсивность воздействия шума на рабочем месте проходчика достигает 114,9 дБА, бурильщика шпуров — 114,6 дБА, машиниста буровой установки — 108,2 дБА, машиниста скреперной лебедки — 96,1 дБА, крепильщика — 94,4 дБА, что на 14,4–34,9 дБА выше предельно допустимого уровня (ПДУ³ 80 дБА). Условия труда по уровню шума на рабочем месте проходчика, бурильщика шпуров, машиниста буровой установки отнесены к вредным (класс 3.4), машиниста скреперной лебедки к вредным (класс 3.2); горнорабочего и горного мастера — к допустимым (класс 2).

Локальная вибрация на рабочих местах проходчика и бурильщика шпуров составила 135 дБ, что на 9 дБ превысило предельный допустимый уровень (ПДУ 126 дБ), а общая вибрация — 127 дБ и 119 дБ соответственно (ПДУ 115 дБ), что определило отнесение условий труда по данному фактору к вредным (класс 3.3). На рабочем месте машиниста скреперной лебедки уровень локальной вибрации составил 127 дБ, общей вибрации — 116 дБ, что соответствует вредным условиям (класс 3.1). Вибрация общая и локальная на рабочем месте машиниста буровой установки и крепильщика не превышала гигиенических нормативов, условия труда оценены как допустимые (класс 2).

² Профессиональный риск: Электронный интерактивный директoрий-справочник. Э.И. Денисов, И.В. Степанян, М.Ю. Челищев; 2011. <http://medtrud.com/>.

³ СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/420362948>.

Таблица 1 / Table 1

Содержание взвешенных веществ и мелкодисперсных частиц в воздухе рабочей зоны в точках обследования
The content of suspended solids and fine particles in the air of the working area at the survey points

Точка отбора	PM 2,5, мг/м ³	PM 10, мг/м ³	Взвешенные вещества, мг/м ³
т. 1 Комната ожидания 1	0,285 ± 0,057	0,587 ± 0,117	0,704 ± 0,169
т. 2 Ортзаезд*	2,680 ± 0,536	2,910 ± 0,582	4,007 ± 0,962
т. 3 Комната ожидания 2	0,064 ± 0,013	0,100 ± 0,020	0,443 ± 0,106
т. 4 Дробилка/разгрузка вагонов	1,835 ± 0,367	3,195 ± 0,639	4,324 ± 1,038
т. 5 Дозаторная	2,145 ± 0,429	4,635 ± 0,927	6,684 ± 1,604
т. 6 Загрузка вагонов	0,469 ± 0,094	0,621 ± 0,124	2,016 ± 0,484

Примечание: * — измерения проводили после бурения отверстий под взрывчатку

Note: * — measurements were made after drilling holes for explosives

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ отдельных биохимических показателей у работников предприятия по подземной добыче хромовой руды
Comparative analysis of individual biochemical parameters of employees of the enterprise for underground mining of chrome ore

Показатель	Физиологическая норма	Среднее значение (M±m)		Достоверность различий средних (p≤0,05)
		Группа наблюдения (n=77)	Группа сравнения (n=49)	
МДА, мкмоль/см ³	1,8–2,5	2,96±0,15*	3,15±0,19	0,132
Гидроперекиси липидов, мкмоль/дм ³	0–350	209,35±66,2	129,79±32,0	0,035**
АОА, %	36,2–38,6	37,99±1,23	34,08±1,74	0,001**
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,3–1,7	1,71±0,25	1,38±0,20	0,043**
Холестерин ЛПВП, ммоль/дм ³	1,42–10	1,36±0,08	1,58±0,16	0,014**
Холестерин ЛПНП, ммоль/дм ³	0–3,9	3,25±0,18	2,82±0,22	0,003**
Холестерин ЛПОНП, ммоль/дм ³	0,26–1,04	0,78±0,11	0,66±0,11	0,126
Холестерин общий, ммоль/дм ³	0–5,16	5,05±0,24	4,95±0,28	0,603
Индекс атерогенности	1,98–2,51	3,02±0,29*	2,29±0,23	0,0001**
Липопротеин(а), мг/100 см ³	0–14	54,08±16,5*	30,87±7,99	0,013**
Гомоцистеин, мкмоль/дм ³	6,26–15,01	10,85±0,92	9,50±5,59	0,335
Фактор роста эндотелия сосудов, пг/см ³	10–700	190,66±35,9	222,66±51,8	0,311

Примечания: * — достоверность различий с физиологической нормой; ** — достоверность различий с показателями группы сравнения.

Notes: * — reliability of differences with physiological norm; ** — reliability of differences with indicators of comparison group.

При осуществлении технологических операций важную роль приобретает сочетание вибрации и пониженной температуры воздуха. На всех рабочих местах установлена пониженная температура воздуха и условия труда по фактору «микроклимат» оценены как вредные (класс 3.3.). Имеющаяся общая физическая нагрузка, а также перемещение груза, нахождение в неудобной (фиксированной) позе определили условия труда работников как «вредные» с классом условий труда по тяжести трудового процесса 3.2 у проходчика, бурильщика шпуров, машиниста скреперной лебедки, у горнорабочего, крепильщика, машиниста буровой установки; с классом условий труда 3.1 — у горного мастера.

Установлено, что среднесменные концентрации хрома (VI) в воздухе исследуемых рабочих мест не превышали ПДК.

У работников группы наблюдения обращает на себя внимание повышенный в 1,2 раза уровень МДА плазмы крови относительно верхней границы физиологической нормы ($p=0,0001$) и в 1,6 раза гидроперекиси липидов в сыворотке крови относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,035$) (табл. 2).

Установлено преимущественное повышение общей АОА плазмы крови у работников группы наблюдения от-

носительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,001$). Частота регистрации проб с повышенной АОА составила 52,0 % случаев, что в 2,5 раза выше показателя в группе сравнения (20,8 % проб, $p=0,001$).

У работников группы наблюдения выявлено снижение уровня ЛПВП в сыворотке крови в 1,2 раза относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,014$). Частота регистрации проб с пониженным значением ЛПВП составила 61,8 % при 50,0 % проб в группе сравнения ($p=0,001$). Обращает на себя внимание повышение уровня ЛПНП, триглицеридов в сыворотке крови и индекса атерогенности относительно аналогичных показателей в группе сравнения (в 1,2–1,3 раза, $p=0,0001$ –0,043). Частота регистрации проб с повышенным значением индекса атерогенности составила 57,9% случаев, что в 1,7 раза выше значения в группе сравнения ($p=0,0001$). Выявлено повышение в 3,8 раза уровня липопротеина (а) в сыворотке крови относительно верхней границы нормы ($p=0,0001$), что свидетельствует о возможном наличии деструктивных атеросклеротических процессов в сосудистой стенке⁴.

⁴ Ярец Ю.И. Биохимические тесты в практической медицине: практическое пособие для врачей: в 2 частях. Ю.И. Ярец. Часть II. Гомель; 2016.

Таблица 3 / Table 3

Распространенность изменений биохимических показателей и их степень связи с условиями труда работников по добыче хромовой руды
The prevalence of changes in biochemical parameters and their degree of connection with the working conditions of workers in the extraction of chrome ore

Биохимический показатель	Распространенность, %		Отношение рисков (RR), CI	Этиологическая доля (EF), %	Степень связи с условиями труда
	группа наблюдения	группа сравнения			
Гидроперекиси липидов	30,0	10,0	2,93 1,2–7,1	65,84	Высокая
Антиоксидантная активность	52,0	20,8	2,55 1,4–4,4	60,71	Высокая
Холестерин ЛПВП	61,8	30,0	2,03 1,3–3,1	50,89	Средняя
Индекс атерогенности	57,9	33,3	1,81 1,4–2,3	44,80	Средняя

Данные углубленного обследования позволили выявить статистически достоверные связи частоты отклонений биохимических показателей у работников с условиями труда. Высокую степень связи профессиональной обусловленности имеют повышенный уровень гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантная активность плазмы крови, среднюю степень связи — ЛПВП в сыворотке крови и индекс атерогенности (табл. 3).

При оценке функции внешнего дыхания по данным спирометрии значимых отклонений изучаемых показателей от физиологической нормы и показателей группы сравнения не выявлено. Обращает на себя внимание достоверное снижение показателя пикового экспираторного потока ($95,1 \pm 6,6\%$) у работников группы наблюдения относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,030$).

Обсуждение. Анализ результатов идентификации вредных производственных факторов показал, что приоритетными факторами на рабочих местах работников, занятых подземной добычей хромовой руды, являются физические (сочетание производственного шума до 114,9 дБА, общей и локальной вибрации до 135,0 дБ) и химические (пыль).

Все этапы добычи руды в шахте сопровождаются интенсивным пылеобразованием, при этом первичными источниками пыли являются дробление и взрывание горной массы [5]. В точках обследования наибольшее содержание взвешенных веществ и мелкодисперсных частиц PM10 приходится на место бурения отверстий под взрывчатку и очистку призабойного пространства. Вторичным источником пылеобразования является погрузка, транспортировка, выгрузка сырья, при которых имеет место взметывание пыли [5], при этом наблюдается наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5. Отсутствие достоверных различий большинства показателей функции внешнего дыхания и незначительное снижение пикового экспираторного потока у работников группы наблюдения относительно группы сравнения может свидетельствовать об эффективном использовании средств индивидуальной защиты органов дыхания работниками производства.

Обобщение полученных результатов исследований отдельных биохимических показателей состояния антиоксидантной защиты организма и липидного спектра показало, что у работников профильных специальностей наблюдается интенсификация свободно-радикальных процессов в виде повышения уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови. В ответ на усиление окислительного стресса наблюдается повышение уровня общей АОА плазмы крови. Интенсификация свободно-радикального окисления может

являться причиной повреждения эндотелия сосудов [15], о чем свидетельствует повышение индекса атерогенности, ЛПНП, триглицеридов и снижение уровня ЛПВП в сыворотке крови у работников группы наблюдения. Полученные данные согласуются с результатами отечественных исследований, свидетельствующих о прогрессировании эндотелиальных поражений в начальных стадиях, ассоциированных с накоплением продуктов окисления [15] и наличия у подавляющего большинства шахтеров дислипидемии [6,7].

Установленная высокая и средняя степень профессиональной обусловленности отклонения биохимических показателей оксидантно-антиоксидантных процессов (гидроперекиси липидов и антиоксидантная активность) и липидного обмена (холестерин ЛПВП и индекс атерогенности) условиями труда подтверждает данные о том, что окислительные метаболические изменения являются пусковым повреждающим фактором становления сосудистого стресса [15] в виде механического действия на стенки сосудов, их растяжения и атрофии⁵.

Установленные биохимические показатели (гидроперекиси липидов, общая антиоксидантная активность, холестерин ЛПВП и индекс атерогенности) целесообразно использовать в программах профилактики для работников предприятий по подземной добыче руды, условия труда которых характеризуются повышенным уровнем шума, вибрации и пылеобразования.

Выводы:

1. При подземной добыче хромовой руды на рабочих местах работников основных специальностей технологического процесса (проходчик, бурильщик шпуров, машинист буровой установки и скреперной лебедки, крепильщик) уровень шума превысил предельно допустимый уровень до 34,9 дБА, вибрации общей и локальной — до 9–12 дБА; условия труда отнесены к вредным (класс 3.1–3.4).

2. В воздухе рабочей зоны работников основных профессий по производству подземной добыче руды наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5 и PM10 установлено на рабочих местах проведения буровых работ, очистки призабойного пространства от горной породы.

3. При уровне шума более 94 дБА, общей и локальной вибрации более 116 и 127 дБ соответственно и наличии мелкодисперсной пыли в воздухе рабочей зоны работников подземной добыче руды выявлены снижение пикового экспи-

⁵ Глазков А.А. Роль окислительного стресса в повреждении сосудов при артериальной гипертензии. Научное сообщество студентов XXI столетия. естественные науки: сб. ст. по мат. L междунар. студ. науч.-практ. конф. 3(51). [https://sibac.info/archive/nature/3\(49\).pdf](https://sibac.info/archive/nature/3(49).pdf)

раторного потока и повышение в 1,6 раза уровня гидроперекиси липидов и общей АОА плазмы крови; снижение в 1,2 раза уровня ЛПВП и повышения в 1,3 раза уровня ЛПНП, триглицеридов в сыворотке крови и индекса атерогенности.

4. Повышение уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантной активности плазмы крови имело высокую степень связи с условиями труда ($EF=60,71-65,84\%$), повышение уровня холестерина ЛПВП и индекса атерогенности — среднюю степень связи ($EF=44,80-50,89\%$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В. Концепция осуществления государственной политики, направленной на сохранение здоровья работающего населения России на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. *Здоровье населения и среда обитания*. 2014; 9 (258): 4–7.

2. Здоровье работающих: глобальный план действий на 2008–2017 гг. Принят Шестидесятой сессией Всемирной ассамблеи здравоохранения 23 мая 2007 г. Available at: https://www.who.int/occupational_health/publications/global_plan/ru/.

3. Информационный бюллетень. Охрана здоровья на рабочем месте. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). 30 ноября 2017 г. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health>.

4. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство. Р 2.2.2006–05. М.; 2005.

5. Измеров Н.Ф. ред. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина; 2005.

6. Мартынова Н.А., Кислицына В.В. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор литературы). *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2017; 5: 46–52. DOI: 10.5281/zenodo.1115460.

7. Измеров Н.Ф. ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.

8. Качество атмосферного воздуха и здоровье. Информационный бюллетень. Всемирная организация здравоохранения; 2016. <http://www.whogis.com/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>

9. Kaufman Joel D., Adar Sara D., Allen Ryan W., Barr R. Graham, Budoff Matthew J., Burke Gregory L. et al. Prospective study of particulate air exposure, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease. *Circulation*. 2010; 121: 2755–65.

10. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M. et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014; 348: f7412. DOI: 10.1136/bmj.f7412.

11. Pope C.A., Turner M.C., Burnett R. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders and cardiovascular mortality. *Circ. Res.* 2015; 116 (1): 108–15. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060.

12. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Волкова О.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на сердечно-сосудистую систему. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; 30(3): 7–12.

13. Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. М.: Практика; 1998.

14. Денисов Э.И. Шум на рабочем месте: ПДУ, оценка риска и прогнозирование потери слуха. *Анализ риска здоровью*. 2018; 3: 13–23. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.02

15. Горшунова Н.К., Медведев Н.В., Рахманова О.В. Роль изменений окислительно-восстановительных реакций патогенезе эндотелиальной дисфункции разной степени тяжести при артериальной гипертензии. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2018; 2: 20–6. DOI: 10.21626/vestnik/2018-2/03.

REFERENCES

1. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V. Implementation concept of the state policy aimed at preserving health of Russia working population up to the year 2020 and beyond. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2014; 9(258): 4–7 (in Russian).

2. Workers health: global plan of action. WHO. Sixtieth world health assembly. 23 May 2007. Available at: https://www.who.int/occupational_health/publications/global_plan/ru/ (in Russian).

3. Protecting workers' health. WHO. *Detail*. 30 November 2017. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health>. (in Russian).

4. *Rukovodstvo po gigenicheskoj ocenke faktorov rabochej sredy i trudovogo processa. Kriterii i klassifikacija uslovij truda: Rukovodstvo*. R 2.2.2006–05. M.; 2005 (in Russian).

5. Izmerov N.F. *Russian encyclopedia of occupational medicine*. Moscow: Medicina; 2005 (in Russian).

6. Martynova N.A., Kislitsyna V.V. The occupational morbidity of the miners (literature review). *Health medical ecology*. 2017; 5(72): 46–52 DOI: 10.5281/zenodo.1115460. (in Russian).

7. Izmerov N.F. *Occupational pathology: national leadership*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian).

8. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet. World Health Organization. 2016. <http://www.whogis.com/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>.

9. Kaufman Joel D., Adar Sara D., Allen Ryan W., Barr R. Graham, Budoff Matthew J., Burke Gregory L. et al. Prospective study of particulate air exposure, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease. *Circulation*. 2010; 121: 2755–65.

10. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M. et al. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014; 348: f7412.

11. Pope C.A., Turner M.C., Burnett R. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders and cardiovascular mortality. *Circ. Res.* 2015; 116 (1): 108–15. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060.

12. Kolpakova A.F., Sharipov R.N., Volkova O.A. The impact of air pollution on the cardiovascular system. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2015; 30 (3): 7–12 (in Russian).

13. Glanc S. *Mediko-biologicheskaja statistika*. M.: Praktika; 1998 (in Russian).

14. Denisov E.I. Noise at a workplace: permissible noise levels, risk assessment and hearing loss prediction. *Health Risk Analysis*. 2018; 3: 13–23 (in Russian).

15. Gorshunova N.K., Medvedev N.V., Rakhmanova O.V. Role of oxidative reactions changes in the pathogenesis of endothelial dysfunction of different severity in arterial hypertension. *Kursk Scientific and Practical Bulletin «Man and His Health»*. 2018; (2): 20–6. DOI: 10.21626/vestnik/2018-2/03 (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019