

Обзорная статья

## НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ, СВЯЗАННЫЕ С ФАКТОРАМИ РИСКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А.Г. Фадеев<sup>1</sup>, Д.В. Горяев<sup>1</sup>, Н.В. Зайцева<sup>2</sup>, П.З. Шур<sup>2</sup>, С.В. Редько<sup>2</sup>, В.А. Фокин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Россия, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

<sup>2</sup>Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

*Представлен анализ спектра и распространенности нарушений здоровья работающих на горнодобывающих предприятиях Арктической зоны в условиях воздействия разнородных факторов условий труда и производственных процессов. Выявлено, что для трудовых процессов основных профессий работников подземных подразделений горнодобывающих предприятий характерно воздействие комплекса многообразных вредных и (или) опасных производственных факторов: интенсивного производственного шума; повышенных уровней вибрации; аэрозолей преимущественно фиброгенного типа действия, пыли и химических веществ; высокой степени тяжести и напряженности физического труда; неионизирующего электромагнитного излучения. Показано, что в структуре профессиональной патологии горнорабочих, так же, как и в общей, наиболее распространенными являются болезни уха и сосцевидного отростка, вибрационная болезнь, болезни костно-мышечной системы, болезни органов дыхания, нервной системы. Для нормализации условий труда и минимизации воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, с целью снижения профессиональных рисков целесообразны всесторонняя гигиеническая оценка внедряемого оборудования, машин и механизмов, установление уровней и дозовых нагрузок факторов рабочей среды и трудового процесса. На этой основе следует разрабатывать инженерно-технические, технологические, медико-профилактические, лечебно-оздоровительные мероприятия, уделяя особое внимание профессиональным группам проходчиков, бурильщиков, взрывников, крепильщиков, машинистов погрузочно-доставочных машин, машинистов буровых установок, горнорабочих горных выработок и очистных забоев, электрослесарей по ремонту и обслуживанию оборудования, электрогазосварщиков. Необходимость применения методологии оценки профессиональных рисков для здоровья работников в горнорудной промышленности Норильского промышленного района с учетом климатических особенностей Арктической зоны представляется чрезвычайно актуальной для обоснования мероприятий по управлению этими рисками и сохранению здоровья работающих.*

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, производственные факторы риска, профессиональная заболеваемость, Арктическая зона.

© Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Фокин В.А., 2023

**Фадеев Алексей Геннадьевич** – начальник отдела надзора за условиями труда (e-mail: onut@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

**Горяев Дмитрий Владимирович** – кандидат медицинских наук, руководитель, главный государственный санитарный врач по Красноярскому краю (e-mail: office@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

**Зайцева Нина Владимировна** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

**Шур Павел Залманович** – доктор медицинских наук, ученый секретарь, главный научный сотрудник (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

**Редько Светлана Валентиновна** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья (e-mail: redkosv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2736-5013>).

**Фокин Владимир Андреевич** – научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья (e-mail: fokin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

В соответствии с основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.<sup>1</sup> основными национальными интересами России являются обеспечение высокого качества жизни и благосостояния населения Арктической зоны, развитие Арктической зоны в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста России, охрана окружающей среды.

Арктическая зона является кладовой полезных ископаемых России, без освоения которых невозможно устойчивое развитие страны. Наибольший интерес с экономической точки зрения в Арктической зоне представляет Норильский рудный район, являющийся лидером в России по добыче и производству никеля, меди, кобальта, серебра, металлов платиновой группы. Более трети запасов медных, серебряных руд, 73 % никелевых руд, 95 % металлов платиновой группы России сосредоточены в месторождениях Норильского рудного района, среди которых Октябрьское и Талнахское по запасам не имеют аналогов. Среднее содержание меди в рудах составляет от 1,11 до 4,54 % в «медистых» рудах и 4,06 % в «сплошных». В среднем ежегодно на территории Норильского рудного района добывается 41 % всей меди, 86 % никеля и 83 % кобальта. Норильский рудный район богат залежами серебра – 37,9 % общероссийских запасов. Почти все запасы металлов платиновой группы находятся на территории Норильского рудного района – 15,2 тыс. т (95,6 %) [1, 2]. Суровые арктические условия, загрязнение атмосферного воздуха выбросами металлургических предприятий, подземный способ добычи полезных ископаемых ставят на первое место вопрос по сохранению здоровья населения г. Норильска.

Рабочая среда горнодобывающих производств связана с уникальными условиями труда, представляющими по данным Международной организации труда источник опасности для работников [3]. Многолетними научными исследованиями установлено, что условия труда на объектах горнодобывающей промышленности Сибири и Крайнего Севера формируются комплексом неблагоприятных факторов, определяющих уровни и структуру связанной с работой заболеваемости, в том числе профессиональной: высокая запыленность, шум, вибрация общего и локального действия, выделение токсических газов и аэрозолей фиброгенного действия, повышенные уровни экспозиции химических веществ воздуха рабочей зоны, неионизирующие излучения, а также тяжесть трудового процесса [4, 5].

Проведенный углубленный анализ условий труда на предприятиях горно-металлургического комплекса позволяет констатировать, что самые высокие уровни профессиональной заболеваемости отмечаются среди рабочих, занятых на подземных работах, они в 3–4 раза выше, чем на предприятиях с открытым способом добычи руд. На практике для оценки априорного профессионального риска воздействия факторов рабочей среды на организм работников в настоящее время широко используются результаты специальной оценки условий труда. При этом исследованиями установлено, что общая оценка условий труда в основных профессиях подземных рабочих горнодобывающей отрасли, к которым относятся проходчики, взрывники, крепильщики, машинисты погрузочно-доставочных машин, машинисты буровых установок, оборщики горных выработок, горнорабочие очистного забоя, электрослесари по ремонту и обслуживанию оборудования, характеризуется сочетанным воздействием вредных факторов рабочей среды и соответствует классу труда от среднего до очень высокого (3-й класс, 3.2–3.4 степени) [6, 7]. Значительная степень профессионального риска ущерба здоровью рабочих горнодобывающей промышленности подтверждается высоким уровнем заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Высокие уровни общей заболеваемости отмечены у рабочих подземных рудников (проходчики, бурильщики, машинисты буровых установок, электровозов) за счет заболеваний костно-мышечной системы (артрозы, болезни мышц и мягких тканей, дорсопатии), болезней нервной системы (полинейропатии конечностей) и болезней уха (нейросенсорная тугоухость) [8].

В структуре нозологических форм нарушений здоровья с временной утратой трудоспособности работников горнодобывающей промышленности, занятых добычей руд цветных металлов, наибольший удельный вес приходится на болезни костно-мышечной системы (остеохондроз позвоночника, люмбагия, артралгия, деформирующий остеоартроз), болезни органов пищеварения (гастродуодениты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, болезни поджелудочной железы), системы кровообращения (артериальная гипертензия, варикозная болезнь нижних конечностей), дыхательной системы (острый и хронический бронхит), патологию органов слуха, периферической нервной системы (полинейропатии) [9, 10].

В структуре профессиональной патологии горнорабочих, так же, как и в общей, наиболее распро-

<sup>1</sup> Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года: Указ Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164 [Электронный ресурс] // Президент России. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (дата обращения: 27.01.2023); Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 г. № 484 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104020037> (дата обращения: 27.01.2023).

страненными являются болезни уха и сосцевидного отростка (нейросенсорная тугоухость), вибрационная болезнь, болезни костно-мышечной системы (радикуллопатия, плечелопаточный периартроз и деформирующий остеоартроз), болезни органов дыхания (хронический бронхит, бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких), а также болезни нервной системы (вегетосенсорная полинейропатия) [9].

Многолетние физиолого-гигиенические и клинико-функциональные исследования специфики условий труда работников горнодобывающей промышленности свидетельствуют, что приоритетным профессиональным фактором является длительная и интенсивная шумовая экспозиция и в целом шумовибрационный фактор. По данным ряда авторов, интенсивность воздействия производственного шума у проходчиков Норильского промышленного региона соответствует 3-му классу 3-й степени [11]. Внедрение новой техники с форсированными параметрами по скорости, мощности, нагрузке и интенсификации уже существующих технологических процессов нередко сопровождается увеличением уровней шума и вибрации. Повышенные уровни шума отмечаются при работе скреперных шахтных лебедок, погрузочных машин<sup>2</sup>. В целом шум среди всех производственных факторов на рабочих местах занимает одно из первых мест как не соответствующий гигиеническим нормативам<sup>3</sup> и оказывает неблагоприятное воздействие на все органы и системы организма, в первую очередь на органы слуха, поэтому одной из актуальных проблем медицины труда является нейросенсорная тугоухость профессионального генеза [12]. Проблема профилактики профессиональной нейросенсорной тугоухости имеет высокую медико-социальную значимость, так как нарушение слуха развивается у лиц трудоспособного возраста и приводит к ограничению профессиональной деятельности и снижению качества жизни. Структура профессиональных заболеваний работников горнодобывающей промышленности характеризуется высокими показателями вибрационной патологии и нейросенсорной тугоухости с различной степенью снижения слуха от воздействия шума, что обусловлено характером шума, превышающим санитарные нормы преимущественно в средневысоком диапазоне спектра звуковых частот и обладающим наиболее агрессивным действием на слуховой анализатор [5].

Критериями и показателями диагностики профессиональных нарушений органа слуха являются снижение разборчивости речи, шум в ушах, головные боли, боли в области сердца, повышенная утомляемость, слабость.

По данным ряда авторов, обязательными признаками для установления связи заболевания с профессией являются двустороннее поражение органа слуха; постепенное, медленно прогрессирующее развитие заболевания при нормальной слуховой функции при поступлении на работу; наличие обращаемости за медицинской помощью по поводу заболевания ушей; превышение предельно допустимых уровней воздействующего производственного шума; стаж работы в условиях воздействия производственного шума не менее 10 лет [13]. Исследования позволили установить, что средний стаж работы в подземных условиях на момент развития нейросенсорной тугоухости составляет у проходчиков  $21,9 \pm 1,8$  г.; у бурильщиков –  $23,8 \pm 1,4$  г.<sup>2</sup>

Важным хроническим эффектом шумового воздействия, не относящимся к слуху, являются заболевания системы кровообращения<sup>4</sup>. Вместе с тем следует отметить, что в развитии и прогрессировании заболеваний системы кровообращения, наряду с генетическими, соматическими, поведенческими, экологическими факторами риска, в последнее десятилетие существенная роль отводится именно производственным факторам. Неблагоприятные факторы рабочей среды и трудового процесса вносят существенный вклад в развитие сердечно-сосудистой патологии. По критериям причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой нарушения, характеризующие установленный механизм развития артериальной гипертензии у работающих в условиях шума, превышающего нормативный уровень, отнесены к профессионально обусловленным<sup>5</sup> [14, 15].

Однако ранними начальными проявлениями нарушений здоровья от воздействия шума при уровне свыше 70 дБ могут являться дисфункции вегетативной нервной системы [16–18]. Ряд исследований показывает, что у рабочих, подвергавшихся длительному воздействию высокого уровня шума, наблюдаются более высокие показатели систолического и / или диастолического артериального давления, чем у тех, кто не подвергается воздействию данного фактора [12, 19, 20]. По данным отечественных и зарубежных исследователей, установлено, что после 10 лет работы в подземных условиях при длитель-

<sup>2</sup> Преображенская Е.А. Система управления риском развития профессиональной тугоухости у работников горнодобывающей и машиностроительной промышленности: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2013. – 48 с.

<sup>3</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2021 г.: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 340 с.

<sup>4</sup> Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.

<sup>5</sup> Шляпников Д.М. Гигиеническая оценка риска развития артериальной гипертензии и эффекта профилактических мер по его минимизации у работников предприятий по добыче калийных солей в условиях подземных работ: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Пермь, 2016. – 24 с.

ном воздействии шума у работающих, помимо нейросенсорной тугоухости, наблюдается артериальная гипертензия и формируется гипертоническая болезнь на фоне метаболического синдрома и имеющих вегетативных нарушений, усугубляющих течение заболевания [21–23]. Вместе с тем формируется замкнутый круг патологических причинно-следственных реакций организма – истощение механизмов адаптации и функциональные нарушения системы кровообращения, являясь, с одной стороны, следствием неспецифического действия шума на организм, с другой – способствуют развитию и прогрессированию профессиональной тугоухости<sup>6</sup>.

У работников горнодобывающих и металлургических предприятий наблюдается высокая степень экспозиции к производственной вибрации [8, 24]. Следует подчеркнуть, что при выполнении горных работ работники подвергаются одновременно комбинированному воздействию шума и вибрации на фоне суровых климатических условий, а получаемые ими дозовые нагрузки превышают допустимые величины. Например, проходчики на рудниках подвергаются действию интенсивной локальной вибрации (на 4–12 дБ выше ПДК, класс условий труда 3.3), на бурильщиков действует общая вибрация, уровни которой превышают ПДУ на 3–12 дБ, класс 3.2)<sup>6</sup>. Кроме того, вибрация и тяжесть труда почти с одинаковой вероятностью (риском) способствуют развитию и формированию нейросенсорной тугоухости вследствие нарушения церебральной гемодинамики [25]. Таким образом, научными исследованиями доказано, что одной из ведущих форм патологии в условиях современного горнодобывающего производства считается патология вибрационного генеза [26, 27].

В структуре профессиональных заболеваний среди всех работников с впервые выявленными профзаболеваниями от воздействия вибрации на долю полинейропатии конечностей, радикулопатией пояснично-крестцового уровня, изменениями опорно-двигательного аппарата дистрофического характера приходится около трети (27,4 %) случаев [5]. Вибрационная патология от воздействия общей вибрации наиболее часто диагностируется у машинистов различного горного оборудования, бурильщиков. Группу профессий с максимальным риском развития вибрационной патологии вследствие локальной вибрации составили проходчики и горнорабочие очистных забоев.

Научный интерес для диагностики и экспертизы связи заболевания с профессией представляет вертеброгенная патология, так как у лиц, экспонированных к общей вибрации, более распространены радикулопатии, реже – моно-, полинейропатии и вегетосенсорные полинейропатии [4, 27]. За рубежом указанную пато-

логию относят к профессионально обусловленным заболеваниям, имеющим полиэтиологическую природу, где вклад вредных производственных факторов равен 37 %. По данным отечественных исследователей, радикулопатии развиваются преимущественно среди лиц, труд которых связан со статическими и динамическими нагрузками на позвоночник, вынужденной рабочей позой, воздействием вибрации на рабочих местах. При экспозиции к локальной вибрации в структуре вибрационной патологии наибольшее значение имеет вегетосенсорная полинейропатия, при этом риск развития профессиональной патологии при воздействии локальной вибрации выше, чем общей [4, 27]. Вместе с тем специалисты медицины труда все больше внимания уделяют сочетанному действию вредных профессиональных факторов рабочих мест на формирование нейроортопедической патологии<sup>7</sup>.

Одной из характеристик трудового процесса, отражающих преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), является тяжесть труда, которая оказывает неблагоприятное воздействие в комплексе с другими факторами профессионального риска (шум, вибрация и др.). Тяжесть трудового процесса оценивают по ряду показателей, выраженных в эргометрических величинах, характеризующих трудовой процесс, независимо от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе. Как известно, основными показателями тяжести трудового процесса являются физическая динамическая нагрузка; масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; рабочая поза; наклоны корпуса; перемещение в пространстве. Вместе с тем в условиях горнодобывающих предприятий труд рабочих характеризуется выраженной тяжестью труда, обусловленной высоким темпом работы и эмоциональными нагрузками (риском для собственной жизни и ответственностью за жизнь других людей). Все основные трудовые операции в очистном и подготовительном забоях рудных шахт, даже механизированных, из-за неудобства рабочей позы и непрерывных перемещений работников следует отнести к тяжелым. Чрезмерные физические нагрузки и частые вынужденные нерациональные рабочие позы вызывают состояние перенапряжения опорно-двигательного аппарата у проходчиков и бурильщиков [28].

Выполнение ряда технологических процессов при современных способах добычи руды остается связанным с работой в вынужденных и неудобных позах, осуществлением стереотипных движений и локальным мышечным напряжением. Общие энерготраты (145–320 ккал/ч) соответствуют средней

<sup>6</sup> Преображенская Е.А. Указ. соч.

<sup>7</sup> Суворов В.Г. Медико-биологические основы оценки сочетанного влияния факторов производственной среды и трудового процесса на организм человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2004. – 48 с.

и тяжелой физической нагрузке. По показателям тяжести трудового процесса у большинства горняков определяется класс условий труда 3.1 [29]. Значительное суммарное время пребывания работника в неудобной рабочей позе является одним из факторов, способствующих развитию перенапряжения в шейно-грудном и пояснично-крестцовом отделах позвоночника и развитию заболеваний профессионального генеза (пояснично-крестцовая радикулопатия, плекситы, миофасциты) [28]. Другой значимой профессиональной патологией, которая развивается при воздействии комплекса таких вредных производственных факторов, как региональные мышечные нагрузки, в том числе со сменой рабочих поз, статическая нагрузка, является вегетативно-сенсорная полинейропатия верхних конечностей.

Другими немаловажными факторами производственной среды горнодобывающих предприятий являются повышенные уровни промышленных аэрозолей. В структуре профессиональной заболеваемости в России патология, вызванная воздействием промышленных аэрозолей, стабильно составляет около трети случаев (29,3 %). Так, в горнорудной промышленности при бурении и взрывных работах, при подземной и открытой разработке полезных ископаемых, их погрузке и транспортировке, дроблении и размоле руды, при сварочных работах наблюдается выделение большого количества пыли в воздух рабочей зоны. Причем при высоких концентрациях пыль, в зависимости от химического состава, может обладать фиброгенным, токсическим, раздражающим, аллергенным, канцерогенным эффектом биологического действия. Ряд промышленных видов пыли вызывает профессиональную патологию в форме фиброзного поражения легких – пневмокониозов, а также пылевых бронхитов. Эти виды пыли выделены в особую группу – «аэрозоли преимущественно фиброгенного типа действия» (АПФД).

Известно, что никель и его соединения являются выраженным вредным пневмотропным фактором с аллергическим, токсическим и канцерогенным действием [30–33]. Тонкие пыли медно-никелевого производства характеризуются высокой токсичностью, так как состоят из микро- и наночастиц, обладающих высокой проникающей способностью [31]. Использование самоходных механизмов с дизельными приводами сопровождается повышенными концентрациями токсичных газообразных компонентов выхлопа – оксидами азота, окисями углерода, акролеина, формальдегида, углеводородами. Их среднесменные уровни обычно находятся в пределах гигиенических нормативов, а максимальные превышают ПДК до 5,5 раза для оксидов азота и до 1,5–2,0 раза для оксида углерода.

Профессиональная патология горнорабочих Крайнего Севера характеризуется большой распространенностью таких заболеваний дыхательной системы, как пневмокониозы, острые и хронические пылевые бронхиты, и наиболее часто от общего

числа выявленных профзаболеваний они регистрируются у подземных рабочих [34, 35]. Проведенные клинично-функциональные исследования и анализ профессиональной патологии в горнодобывающей промышленности позволяют заключить, что в последние годы отмечается не только рост профессиональных заболеваний бронхолегочной системы, но наблюдается увеличение тяжелых случаев и осложненных форм пневмокониоза. Кроме того, наличие в рудничной атмосфере комплекса токсико-пылевого фактора воздействия на органы дыхания приводит к развитию астматического бронхита. Исследования отечественных ученых подтверждают и данные зарубежных авторов, например, при изучении профессиональных болезней подземных работников от воздействия пыли показано, что среди горнорабочих Америки, Китая, Южной Африки распространен пневмокониоз [36–38]. По данным ряда авторов, расчет профессионального риска пылевой этиологии для здоровья работников горнорудного производства показывает, что наибольшие уровни риска отмечаются в профессиональных группах проходчиков, наименьший – в группах электрослесарей по ремонту оборудования [39].

Наряду с вышеуказанными данными, клинично-функциональные и санитарно-химические лабораторные исследования доказывают, что после 10 лет стажа профессиональные поражения легких наблюдаются и у лиц, занятых на сварочных работах [40]. По данным современных физико-химических исследований, сварочный аэрозоль имеет сложный состав и зависит от технологии сварки, сварочных материалов и режима сварки. В основном в его состав входят металлы и их окислы (железа, марганца, хрома, меди, никеля, алюминия, вольфрама и др.), газообразные фтористые соединения, а также окислы кремния, углерода, азота [41]. Сварочный аэрозоль оказывает фиброгенное, токсическое, раздражающее, сенсибилизирующее действие. Среди специфических заболеваний сварщиков выделяется группа заболеваний органов зрения. Профилактические мероприятия глазных болезней сварщиков достаточно эффективны, и соответствующие уровни заболеваемости ниже, чем уровни распространенности болезней органов дыхания. У сварщиков могут развиваться пневмокониозы, хронический пылевой бронхит и бронхиальная астма. В их патогенезе наибольшую роль играет ингаляционное воздействие сварочных аэрозолей и пыли [40, 42]. Вместе с тем, по данным отечественных авторов, одним из немногих специфических поражений, вызываемых воздействием неионизирующего электромагнитного излучения при сварочных работах, является развитие катаракты, что может привести к временной, частичной и даже полной потере зрения. Вследствие особого строения сосудистой системы глаза изменения в органе зрения часто появляются раньше, чем в других органах и системах организма. Установлена прямая достоверная корреляция отклонений в сос-

тоянии органа зрения с изменениями в таких наиболее подверженных воздействию условий труда системах, как нервная и сердечно-сосудистая [39]. В основе патогенеза катаракты лежит интенсивное тепловое воздействие на орган зрения волн инфракрасного спектра, доля которых составляет 30–70 % всей энергии излучения сварочной дуги. В результате такого воздействия хрусталик нагревается до температур, превышающих физиологические пределы. Значение имеет и ультрафиолетовая часть спектра, поскольку ультрафиолетовое облучение вызывает воспалительные изменения передних структур глаза – электрофтальмию и конъюнктивит [43–45].

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной научной литературы позволил провести идентификацию потенциальных опасностей и рисков здоровью работников горнодобывающей промышленности и установить следующее. Большинство работников подземных специальностей подвергаются сочетанному воздействию вредных факторов рабочей среды, и их условия труда соответствуют 3-му классу (вредные условия труда) 3.1–3.4 степени, то есть от средней до очень высокой степени вредности и (или) опасности.

Выявлено, что для трудовых процессов основных профессий работников подземных подразделений горнодобывающих предприятий характерно воздействие комплекса многообразных вредных и (или) опасных производственных факторов: интенсивный производственный шум; воздействие повышенных уровней общей и локальной вибрации; ингаляционное воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного типа действия, пыли и химических веществ; высокая степень тяжести и напряженности физического труда; неионизирующее электромагнитное излучение. Профессиональная

патология работников подземных профессий при добыче рудных полезных ископаемых характеризуется высоким уровнем заболеваемости болезнями костно-мышечной, дыхательной, периферической нервной систем; системы кровообращения и органа слуха. Для нормализации условий труда, митигирования воздействия вредных и опасных факторов производственной среды и снижения профессиональных рисков целесообразна всесторонняя гигиеническая оценка внедряемого оборудования, машин и механизмов, установления уровней и дозовых нагрузок факторов рабочей среды и трудового процесса на работников подземных профессий горнодобывающей отрасли. На этой основе должны быть разработаны инженерно-технические, технологические, медико-профилактические, лечебно-оздоровительные мероприятия с особым вниманием к профессиональным группам проходчиков, бурильщиков, взрывников, крепильщиков, машинистов погрузочно-доставочных машин, машинистов буровых установок, горнорабочих горных выработок и очистных забоев, электрослесарей по ремонту и обслуживанию оборудования, электрогазосварщиков. Необходимость применения методологии оценки профессиональных рисков для здоровья работников в горнорудной промышленности Норильского промышленного района с учетом климатических особенностей Арктической зоны представляется чрезвычайно актуальной для обоснования мероприятий по управлению этими рисками и сохранению здоровья работающих.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России / Ю.В. Дмитрак, Б.С. Цидаев, В.Х. Дзапаров, Г.Х. Харебов // Вектор ГеоНаук. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 9–18. DOI: 10.24411/2619-0761-2019-10002
2. Минерально-сырьевые ресурсы российского Севера / С.К. Кузнецов, И.Н. Бурцев, Н.Н. Тимонина, Д.С. Кузнецов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2022. – Т. 54, № 2. – С. 72–83. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-2-72-83
3. The relationship between psychosocial risk and occupational functioning among miners / A. Moscicka-Teske, J. Sadtowska-Wrzesinska, A. Najder, M. Butlewski // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. – 2019. – Vol. 32, № 1. – P. 87–98. DOI: 10.13075/ijomh.1896.01162
4. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – Т. 137, № 1. – С. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
5. Медицина труда работников подземных профессий производства добычи полиметаллических медно-цинковых руд / Э.Р. Шайхлисламова, Л.К. Каримова, А.Д. Волгарева, Н.А. Мулдашева // Санитарный врач. – 2020. – № 5. – С. 9–23. DOI: 10.33920/med-08-2005-01
6. Горленко Н.В., Мурзин М.А. Сравнительный анализ профессиональных рисков работников предприятий Иркутской области по добыче полезных ископаемых // XXI век. Техносферная безопасность. – 2018. – Т. 3, № 4 (12). – С. 23–31. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-23-31
7. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Профессиональная патология у работников медно-никелевой промышленности в Кольской Арктике (1989–2018 гг.) // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – Т. 331, № 10. – С. 22–27. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27
8. Скрипаль Б.А. Состояние здоровья и заболеваемость рабочих подземных рудников горно-химического комплекса Арктической зоны Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 6. – С. 22–26.
9. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности нарушений здоровья горняков северных медно-никелевых рудников // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 5. – С. 455–459. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459
10. Куренкова Г.В., Лемешевская Е.П. Гигиеническая характеристика условий труда в подземных сооружениях и их влияние на здоровье работников // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2015. – Т. 136, № 5. – С. 98–105.
11. Оценка условий труда работников предприятия по добыче железной руды / Т.Н. Страшников, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицина // Санитарный врач. – 2019. – № 8. – С. 23–30.

12. Новые возможности применения вариаций гена MTHFR как маркера индивидуальной чувствительности при оценке профессионального риска гипертензии в условиях воздействия шума / Д.М. Шляпников, П.З. Шур, В.Б. Алексеев, В.М. Ухабов, В.Г. Новоселов, А.Я. Перевалов // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 8. – С. 6–10.
13. Илькаева Е.Н., Воллорева А.Д. Диагностика, экспертиза и профилактика профессиональной нейросенсорной тугоухости в нефтедобывающей и нефтехимической промышленности // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 10. – С. 9–12.
14. Оганов Р.Г. Значение эпидемиологических исследований и доказательной медицины для клинической практики // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2015. – Т. 14, № 4. – С. 4–7. DOI: 10.15829/1728-8800-2015-4-4-7
15. Оценка риска развития артериальной гипертензии в условиях воздействия шумового и химического факторов производства / И.Н. Федина, П.В. Серебряков, И.В. Смолякова, А.В. Мелентьев // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 2. – С. 21–25.
16. Сучков И.А. Коррекция эндотелиальной дисфункции: современное состояние проблемы (обзор литературы) // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2012. – Т. 20, № 4. – С. 151–157.
17. Park S., Lakatta E.G. Role of Inflammation in the pathogenesis of arterial stiffness // Yonsei Med. J. – 2012. – Vol. 53, № 2. – P. 258–261. DOI: 10.3349/yunj.2012.53.2.258
18. Vascular stiffness and increased pulse pressure in the aging cardiovascular system / J. Stepan, V. Barodka, D.E. Berkowitz, D. Nyhan // Cardiol. Res. Pract. – 2011. – Vol. 2011. – P. 263585. DOI: 10.4061/2011/263585
19. The epidemiologic study on hearing standard threshold shift using audiometric data and noise level among workers of Isfahan metal industry / S. Pourabdiyan, M. Ghotbi, H.A. Yousefi, E. Habibi, M. Zare // Koomesh. – 2009. – Vol. 10, № 4. – P. 253–260.
20. Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA): Study design and noise exposure assessment / L. Jarup, M.-L. Dudley, W. Babisch, D. Houthuijs, W. Swart, G. Pershagen, G. Bluhm, K. Katsouyanni [et al.] // Environ. Health Perspect. – 2005. – Vol. 113, № 11. – P. 1473–1478. DOI: 10.1289/ehp.8037
21. Профессиональный риск развития болезней системы кровообращения у работников, занятых на выполнении подземных горных работ / Д.М. Шляпников, П.З. Шур, Е.М. Власова, В.Б. Алексеев, Т.М. Лебедева // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 8. – С. 6–9.
22. Роль производственного шума в формировании профессиональной и общесоматической патологии у горнорабочих / Э.Р. Шайхлисламова, А.Д. Волгарева, Л.К. Каримова, Э.Т. Валеева, М.П. Обухова // Санитарный врач. – 2017. – № 7. – С. 21–27.
23. Factors of work environment hazardous for health in opinions of employees working underground in the ‘Bogdanka’ coal mine / J. Strzemecka, M. Gozdziowska, J. Skrodziuk, E.M. Galinska, S. Lachowski // Ann. Agric. Environ. Med. – 2019. – Vol. 26, № 3. – P. 409–414. DOI: 10.26444/aaem/106224
24. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Особенности формирования нарушений здоровья у горняков подземных рудников Кольского Заполярья // Профилактическая и клиническая медицина. – 2017. – Т. 65, № 4. – С. 12–19.
25. Дедунов С.В. Особенности сочетанного действия шума и вибрации на формирование профессиональной сенсоневральной тугоухости // Здоровье и окружающая среда: сборник материалов международной научно-практической конференции / под общ. ред. Н.П. Жуковой. – Минск, 2019. – С. 179–180.
26. Сухова А.В., Крючкова Е.Н. Оценка состояния костной ткани у рабочих виброопасных профессий // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 542–546. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-542-546
27. Сюрин С.А., Горбанев С.А. Производственная вибрация и вибрационная патология на предприятиях в Арктике // Российская Арктика. – 2019. – № 6. – С. 28–36. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10064
28. Чеботарев А.Г., Матюхин В.В. Тяжесть и напряжённость труда работников при добыче полезных ископаемых, меры профилактики // Горная промышленность. – 2013. – Т. 110, № 4. – С. 66–72.
29. Сюрин С.А., Шилов В.В. Профессиональная заболеваемость горняков Кольского Заполярья: факторы ее роста и снижения // Профилактическая и клиническая медицина. – 2016. – Т. 60, № 3. – С. 4–11.
30. Сюрин С.А., Гуштин И.В., Никанов А.Н. Профессиональная патология работников различных производств медно-никелевой промышленности Крайнего Севера // Экология человека. – 2012. – № 6. – С. 8–12.
31. Касиков А.Г. Пылевые выбросы медно-никелевого производства и последствия их воздействия на организм человека в условиях Крайнего Севера // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 58–63.
32. Casarett and Doull's Toxicology: The basic science of poisons / ed. by C.D. Klaassen. – New York: McGraw-Hill Professional, 2001. – P. 649–650, 837–839.
33. Exposure to different forms of nickel and risk of lung cancer / T.K. Grimsrud, S.R. Berge, T. Haldorsen, A. Andersen // Am. J. Epidemiol. – 2002. – Vol. 156, № 12. – P. 1123–1132. DOI: 10.1093/aje/kwf165
34. Аскарлова З.Ф., Аскарлов Р.А. Показатели заболеваемости работников горнодобывающих предприятий Южного Урала // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 10. – С. 22–27.
35. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – Т. 141, № 5. – С. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
36. Potential determinants of coal workers pneumoconiosis, advanced pneumoconiosis, and progressive massive fibrosis among underground coal miners in the United States, 2005–2009 / A.S. Laney, E.L. Petsonk, J.M. Hale, A.L. Wolfe, M.D. Attfield // Am. J. Public Health. – 2012. – Vol. 102, Suppl. 2. – P. S279–S283. DOI: 10.2105/AJPH.2011.300427
37. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Pneumoconiosis and advanced occupational lung disease among surface coal miners – 16 states, 2010–2011 // MMWR Morb. Mortal. Wkly Rep. – 2012. – Vol. 61, № 23. – P. 431–434.
38. [Analysis on the incidence of coal workers' pneumoconiosis from 2003 to 2008 in a coal mining group] / Z.-F. Song, H.-Y. Qian, S.-S. Wang, X.-M. Jia, Y. Ye, C.-H. Ni // Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. – 2011. – Vol. 29, № 1. – P. 56–58 (in Chinese).
39. Оценка профессионального риска для здоровья работников горнорудного предприятия от воздействия рудно-породной пыли и токсичных веществ / А.М. Олещенко, Т.Н. Страшников, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицина // Бюллетень медицинской науки. – 2019. – Т. 14, № 2. – С. 14–19. DOI: 10.31684/2541-8475.2019.2(14).14-19
40. Влияние условий труда на показатели кардиореспираторной системы и крови у электросварщиков с различным стажем работы / А.В. Елифанов, О.Л. Ковязина, О.Н. Лепунова, А.Д. Шалабодов // Экология человека. – 2018. – Т. 25, № 3. – С. 27–32. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-3-27-32

41. Борскивер И.А. Огненная дуга. Воздействие сварочного аэрозоля на организм электросварщика (ручная дуговая сварка). Рекомендации по измерению // Безопасность и охрана труда. – 2011. – Т. 47, № 2. – С. 66–69.
42. Красовский В.О., Халфин Р.Р., Галиуллин А.Р. К поиску реальных концентраций аэрозоля, действующего на электросварщика // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 21–30.
43. Обухова М.П. Проблемы офтальмопатологии в медицине труда // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 175–181.
44. Красильникова И.В. Воздействие электромагнитных излучений на орган зрения в процессе трудовой деятельности // Вестник совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. – 2016. – Т. 4, № 3 (14). – С. 46–47.
45. Рудченко И.И. Опасности и вредности, возникающие при выполнении сварочных работ в строительстве // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2019. – Т. 39, № 3. – С. 38–47.

*Нарушения здоровья работников, связанные с факторами риска условий труда в горнодобывающей промышленности Арктической зоны (аналитический обзор) / А.Г. Fadeev, Д.В. Goryaev, Н.В. Zaitseva, П.З. Шур, С.В. Red'ko, В.А. Fokin // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 184–193. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.17*

UDC 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.17.eng

Read  
online 

Review

## HEALTH DISORDERS IN WORKERS ASSOCIATED WITH HEALTH RISKS AT WORKPLACES IN MINING INDUSTRY IN THE ARCTIC (ANALYTICAL REVIEW)

**A.G. Fadeev<sup>1</sup>, D.V. Goryaev<sup>1</sup>, N.V. Zaitseva<sup>2</sup>, P.Z. Shur<sup>2</sup>, S.V. Red'ko<sup>2</sup>, V.A. Fokin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova Str., Krasnoyarsk, 660097, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

*The review analyzes a range and prevalence of health disorders in workers employed at mining enterprises in the Arctic and exposed to heterogeneous occupational factors. We revealed that working processes typical for basic occupations in underground mining involved exposure to a set of heterogeneous harmful and (or) hazardous occupational factors such as intense occupational noise; elevated vibration; aerosols with predominantly fibrogenic effects, dusts and chemicals; high hardness and intensity typical for physical work; non-ionizing electromagnetic radiation. It was shown that diseases of the ear and mastoid, vibration syndrome, diseases of the musculoskeletal system, respiratory diseases and diseases of the nervous system prevailed both in the structure of general morbidity and in occupational one typical for miners. To create proper working conditions and to minimize effects of harmful and hazardous occupational factors as well as occupational health risks, it is advisable to perform comprehensive hygienic assessment of introduced equipment, machinery and mechanisms; to establish levels and doses of occupational factors. Engineering and technical, technological, medical and preventive and treatment and health-improving activities should be developed on this basis with special emphasis on such occupational groups as drift miners, drill-operators, blasters, timbermen, operators of cargo handling machinery, drilling unit operators, miners in mining outputs and faces, repairmen, and electric gas welders. It seems extremely vital to apply risk assessment methodology to assess occupational health risks for workers employed in mining operations in the Norilsk industrial region considering climatic features of the Arctic. This assessment is important for substantiating relevant activities aimed at managing such risks and protecting workers' health.*

**Keywords:** mining industry, occupational risk factors, occupational morbidity, the Arctic.

© Fadeev A.G., Goryaev D.V., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Red'ko S.V., Fokin V.A., 2023

**Aleksei G. Fadeev** – Head of the Labor Supervision Department (e-mail: onut@24.rosпотреbnadzor.ru; tel.: +7 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

**Dmitrii V. Goryaev** – Candidate of Medical Sciences, Head of the Administration, Chief State Sanitary Inspector for the Krasnoyarsk region (e-mail: office@24.rosпотреbnadzor.ru; tel.: +7 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

**Nina V. Zaitseva** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

**Pavel Z. Shur** – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

**Svetlana V. Red'ko** – Senior Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: redkosv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2736-5013>).

**Vladimir A. Fokin** – Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: fokin@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-7006>).

## References

1. Dmitrak Yu.V., Tsidaev B.S., Dzaparov V.Kh., Kharebov G.Kh. Mineral'no-syr'evaya baza tsvetnoi metallurgii Rossii [Mineral resource base of non-ferrous metallurgy in Russia]. *Vektor GeoNauk*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 9–18. DOI: 10.24411/2619-0761-2019-10002 (in Russian).
2. Kuznetsov S.K., Burtsev I.N., Timonina N.N., Kuznetsov D.S. Mineral resources of the Russian North. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2022, vol. 54, no. 2, pp. 72–83. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-2-72-83 (in Russian).
3. Moscicka-Teske A., Sadtowska-Wrzesinska J., Najder A., Butlewski M. The relationship between psychosocial risk and occupational functioning among miners. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2019, vol. 32, no. 1, pp. 87–98. DOI: 10.13075/ijomh.1896.01162
4. Chebotarev A.G. Working environment and occupational morbidity of mine personnel, 2018, vol. 137, no. 1, pp. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95 (in Russian).
5. Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Volgareva A.D., Muldasheva N.A. Occupational health of workers in underground occupations producing polymetalliccopperzinc ores. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 5, pp. 9–23. DOI: 10.33920/med-08-2005-01 (in Russian).
6. Gorlenko N.V., Murzin M.A. Comparative analysis of occupational risks for mining employees in Irkutsk region. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2018, vol. 3, no. 4 (12), pp. 23–31. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-23-31 (in Russian).
7. Gorbanev S.A., Syurin S.A. Occupational diseases in workers of copper and nickel industry in the Kola Arctic (1989–2018). *ZNiSO*, 2020, vol. 331, no. 10, pp. 22–27. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27 (in Russian).
8. Skripal B.A. Health state and morbidity of underground mines in mining chemical enterprise in Arctic area of Russian Federation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 6, pp. 22–26 (in Russian).
9. Siurin S.A., Shilov V.V. Features of health disorders in miners employed at northern copper-nickel mines. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 5, pp. 455–459. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459 (in Russian).
10. Kurenkova G.V., Lemeshevskaya E.P. Hygienic characteristics of working conditions in underground structures and their impact on the health of workers. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*, 2015, vol. 136, no. 5, pp. 98–105 (in Russian).
11. Strashnikova T.N., Oleschenko A.M., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V. Assessment of working conditions for the workers of iron ore mining enterprise. *Sanitarnyi vrach*, 2018, no. 8, pp. 23–30 (in Russian).
12. Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Alexeev V.B., Uhabov V.M., Novoselov V.G., Perevalov A.Ya. New potential of MTHFR gene variations application as an individual sensitivity marker in evaluation of occupational risk of arterial hypertension under exposure to noise. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 8, pp. 6–10 (in Russian).
13. Ilkayeva E.N., Volgareva A.D. Diagnosis, expert examination and prevention of occupational neurosensory deafness in workers of oil producing and petrochemical industries. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2008, no. 10, pp. 9–12 (in Russian).
14. Oganov R.G. Importance of the epidemiologic studies and evidence-based medicine for clinical practice. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2015, vol. 14, no. 4, pp. 4–7. DOI: 10.15829/1728-8800-2015-4-4-7 (in Russian).
15. Fedina I.N., Serebryakov P.V., Smolyakova I.V., Melent'ev A.V. Evaluation of arterial hypertension risk under exposure to noise and chemical occupational hazards. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 2, pp. 21–25 (in Russian).
16. Suchkov I.A. Correction of endothelial dysfunction: current state of the problem (literature review). *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 151–157 (in Russian).
17. Park S., Lakatta E.G. Role of Inflammation in the pathogenesis of arterial stiffness. *Yonsei Med. J.*, 2012, vol. 53, no. 2, pp. 258–261. DOI: 10.3349/ymj.2012.53.2.258
18. Steppan J., Barodka V., Berkowitz D.E., Nyhan D. Vascular stiffness and increased pulse pressure in the aging cardiovascular system. *Cardiol. Res. Pract.*, 2011, vol. 2011, pp. 263585. DOI: 10.4061/2011/263585
19. Pourabdiyan S., Ghotbi M., Yousefi H.A., Habibi E., Zare M. The epidemiologic study on hearing standard threshold shift using audiometric data and noise level among workers of Isfahan metal industry. *Koomesh*, 2009, vol. 10, no. 4, pp. 253–260.
20. Jarup L., Dudley M.-L., Babisch W., Houthuijs D., Swart W., Pershagen G., Bluhm G., Katsouyanni K. [et al.]. Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA): Study design and noise exposure assessment. *Environ. Health Perspect.*, 2005, vol. 113, no. 11, pp. 1473–1478. DOI: 10.1289/ehp.8037
21. Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Vlasova E.M., Alexeyev V.B., Lebedeva T.M. Occupational risk of cardiovascular diseases in workers engaged into underground mining. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 8, pp. 6–9 (in Russian).
22. Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D., Karimova L.K., Valeeva E.T., Obukhova M.P. The role of work-related noise in the development of occupational and somatic pathology in miners. *Sanitarnyi vrach*, 2017, no. 7, pp. 21–27 (in Russian).
23. Strzemecka J., Gozdziowska M., Skrodziuk J., Galinska M., Lachowski S. Factors of work environment hazardous for health in opinions of employees working underground in the 'Bogdanka' coal mine. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 2019, vol. 26, no. 3, pp. 409–414. DOI: 10.26444/aaem/106224
24. Gorbanyov S.A., Syurin S.A. Formation of health conditions in underground miners in the polar regions of the Kola Peninsula. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2017, vol. 65, no. 4, pp. 12–19 (in Russian).
25. Dedunov S.V. Osobennosti sochetannogo deistviya shuma i vibratsii na formirovanie professional'noi sonevral'noi tugoukhosti [Features of the combined effect by noise and vibration on the development of occupational sensorineural hearing loss]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. In: N.P. Zhukova ed. Minsk, 2019, pp. 179–180 (in Russian).
26. Sukhova A.V., Kryuchkova E.N. Assessment of the status of bone tissue in the working vibration threatening occupations. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 6, pp. 542–546. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-542-546 (in Russian).
27. Syurin S.A., Gorbanev S.A. Production vibration and vibration-related pathology at enterprises in the Arctic. *Rossiiskaya Arktika*, 2019, no. 6, pp. 28–36. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10064 (in Russian).

28. Chebotarev A.G., Matyukhin V.V. Tyazhest' i napryazhennost' truda rabotnikov pri dobyche poleznykh iskopaemykh, mery profilaktiki [The severity and intense of work in mining operations, preventive measures]. *Gornaya promyshlennost'*, 2013, vol. 110, no. 4, pp. 66–72 (in Russian).
29. Syurin S.A., Shilov V.V. Occupational morbidity of miners in Kola polar region: factors of its growth and decline. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2016, vol. 60, no. 3, pp. 4–11 (in Russian).
30. Syurin S.A., Gushchin I.V., Nikanov A.N. Occupational pathology of workers employed in different productions of copper-nickel industry in Far North. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 6, pp. 8–12 (in Russian).
31. Kasikov A.G. Particulate emissions from copper-nickel production and the consequences of their impact on human body in the Far North. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 58–63 (in Russian).
32. Casarett and Doulls Toxicology: The basic science of poisons. In: C.D. Klaassen ed. NY, McGraw-Hill Professional, 2001, pp. 649–650, 837–839.
33. Grimsrud T.K., Berge S.R., Haldorsen T., Andersen A. Exposure to different forms of nickel and risk of lung cancer. *Am. J. Epidemiol.*, 2002, vol. 156, no. 12, pp. 1123–1132. DOI: 10.1093/aje/kwf165
34. Askarova Z.F., Askarov R.A. Morbidity parameters in mining industry workers of southern Urals. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2009, no. 10, pp. 22–27 (in Russian).
35. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Gigienicheskie problemy uluchsheniya uslovii truda na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh [Hygienic problems of improving working conditions at mining enterprises]. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, vol. 141, no. 5, pp. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35 (in Russian).
36. Laney A.S., Petsonk E.L., Hale J.M., Wolfe A.L., Attfield M.D. Potential determinants of coal workers pneumoconiosis, advanced pneumoconiosis, and progressive massive fibrosis among underground coal miners in the United States, 2005–2009. *Am. J. Public Health*, 2012, vol. 102, suppl. 2, pp. S279–S283. DOI: 10.2105/AJPH.2011.300427
37. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Pneumoconiosis and advanced occupational lung disease among surface coal miners – 16 states, 2010–2011. *MMWR Morb. Mortal. Wkly Rep.*, 2012, vol. 61, no. 23, pp. 431–434.
38. Song Z.-F., Qian H.-Y., Wang S.-S., Jia X.-M., Ye Y., Ni C.-H. [Analysis on the incidence of coal workers pneumoconiosis from 2003 to 2008 in a coal mining group]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, 2011, vol. 29, no. 1, pp. 56–58. (in Chinese).
39. Oleshchenko A.M., Strashnikova T.N., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V. Assessment of occupational risk to health of mining workers from exposure of ore and rock dust and toxic substances. *Bulletin of medical science*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 12–16. DOI: 10.31684/2542-1336.2019.2(14).12-16
40. Elifanov A.V., Kovyazina O.L., Lepunova O.N., Shalabodov A.D. The impact of working conditions on indicators of cardiorespiratory system and blood in electric welders with different length of work. *Ekologiya cheloveka*, 2018, vol. 25, no. 3, pp. 27–32. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-3-27-32 (in Russian).
41. Borskiver I.A. Ognennaya duga. Vozdeistvie svarochnogo aerolya na organizm elektrosvarshchika (ruchnaya dugovaya svarka). Rekomendatsii po izmereniyu [Fire arc. The effect of welding aerosol on the body of an electric welder (manual arc welding). Measurement recommendations]. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2011, vol. 47, no. 2, pp. 66–69 (in Russian).
42. Krasovskiy V.O., Khalfin R.R., Galiullin A.R. To search of real concentration of the aerosol of the acting electric welder. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2017, no. 5, pp. 21–30 (in Russian).
43. Obukhova M.P. Problems of ophthalmopathology in occupational health. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2015, no. 4, pp. 175–181 (in Russian).
44. Krasilnikova I.V. The effects of electromagnetic radiation to the organ of vision in the process of professional activity. *Vestnik soveta molodykh uchenykh i spetsialistov Chelyabinskoi oblasti*, 2016, vol. 4, no. 3 (14), pp. 46–47 (in Russian).
45. Rudchenko I.I. Opasnosti i vrednosti, vznikayushchie pri vypolnenii svarochnykh rabot v stroitel'stve [Dangers and hazards that arise due to use of welding in construction]. *Chrezvychainye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'*, 2019, vol. 39, no. 3, pp. 38–47 (in Russian).

Fadeev A.G., Goryaev D.V., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Red'ko S.V., Fokin V.A. Health disorders in workers associated with health risks at workplaces in mining industry in the Arctic (analytical review). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 1, pp. 184–193. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.17.eng

Получена: 18.12.2022

Одобрена: 09.02.2023

Принята к публикации: 10.03.2023