



Научная статья

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ В ДОБЫЧЕ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД, ПО КРИТЕРИЯМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

А.Г. Фадеев^{1,2}¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Укрепление здоровья работников – ключевая задача в контексте государственной политики, направленной на рост продолжительности жизни и периода трудоспособности. В настоящее время оценка профессиональных рисков рассматривается в качестве ключевого инструмента для определения потенциальных угроз здоровью, включая риски, связанные с продолжительным стажем работы, в том числе к моменту достижения предпенсионного возраста. Вредные условия труда являются причиной сохранения высокого уровня профессиональной заболеваемости. Среди ведущих факторов, способствующих формированию профессиональной патологии, исследователи выделяют трудовую деятельность в условиях повышенного шума и вибрации.

В связи с этим осуществлена оценка профессионального риска работников основных профессий горнодобывающей промышленности на групповом и персональном уровнях. Априорная и апостериорная количественная оценка группового и персонального профессионального риска здоровью проведена в соответствии с методическими подходами и критериями, изложенными в Руководстве Р 2.2.3969-23.

Сравнительный анализ риска здоровью, связанного с ведущими факторами условий труда работников основных профессий подземной добычи на предприятии по добыче медно-никелевых руд, обусловленного различными профессиональными заболеваниями, показал: максимальные уровни профессионального риска обусловлены вибрационной болезнью, развивающейся вследствие воздействия общей и локальной вибрации на рабочих местах проходчиков ($3,98 \cdot 10^{-2}$; категория риска – высокий, неприемлемый), и нейросенсорной тугоухостью, развивающейся под воздействием шума ($1,07 \cdot 10^{-3}$; умеренный, неприемлемый риск). Диапазон уровней персонального профессионального риска, обусловленного развитием вибрационной болезни, составил от $1,45 \cdot 10^{-6}$ до $9,18 \cdot 10^{-4}$, обусловленного развитием нейросенсорной тугоухости – от $8,34 \cdot 10^{-7}$ до $4,48 \cdot 10^{-2}$.

Профессиональной группой, наиболее подверженной негативному влиянию физических факторов, являются проходчики. Для проходчиков установлены неприемлемые фактические уровни группового и персонального профессиональных рисков, обусловленных развитием вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости. Величины прироста персонального профессионального риска к моменту достижения работниками возраста 60 лет составили: от $2,97 \cdot 10^{-1}$ до $3,04 \cdot 10^{-1}$ в отношении вибрационной болезни; от $1,72 \cdot 10^{-4}$ до $4,50 \cdot 10^{-2}$ в отношении нейросенсорной тугоухости.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, профессиональный риск, вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, проходчики, персональный риск, групповой риск, математическое моделирование.

Государственная политика ставит стратегические цели по увеличению продолжительности жизни и периода трудоспособности [1]. В связи с этим особую важность приобретают задачи укрепления здоровья работников, снижения уровня неинфекционной заболеваемости и минимизации потерь трудового потенциала, обусловленных временной или стойкой утратой трудоспособности [2, 3]. Решение данных задач требует внедрения современных методов оценки и прогнозирования нарушений здоровья

работников, подвергающихся длительному воздействию вредных производственных факторов.

В настоящее время оценка профессиональных рисков рассматривается в качестве ключевого инструмента для определения потенциальных уровней угроз здоровью, включая риски, связанные с продолжительным стажем работы, в том числе к моменту достижения предпенсионного возраста [4]. Проведение такой оценки, как в текущий момент, так и в долгосрочной перспективе, позволяет разра-

ботать комплекс профилактических мер, направленных на продление периода профессиональной активности.

В соответствии с п. 3 Положения о федеральной государственной информационной системе сведений санитарно-эпидемиологического характера (утвержденного Постановлением Правительства РФ от 02.12.2021 № 2178)¹ одной из задач данной системы является организация мероприятий по профилактике профессиональных заболеваний среди работников отдельных профессий и отраслей, а также прогнозирование санитарно-эпидемиологической ситуации на основе статистических методов и математических моделей, разрабатываемых научными учреждениями Роспотребнадзора.

Многочисленные исследования подтверждают, что производственные факторы оказывают комплексное воздействие, вызывая негативные ответы со стороны организма [5–7] и снижая трудоспособность работников [8]. Вредные условия труда являются причиной сохранения высокого уровня профессиональной заболеваемости и влияют на высокий уровень частоты развития общей соматической патологии среди работников ключевых отраслей промышленности [9].

Среди ведущих факторов, способствующих формированию профессиональной патологии, исследователи выделяют трудовую деятельность в условиях повышенного шума [10–13] и вибрации [14–16]. Вибрационное воздействие является ключевой причиной сохранения высокого уровня профессиональной заболеваемости, которая представлена непосредственно вибрационной болезнью и полинейропатиями [17]. Наиболее распространенным заболеванием, развивающимся под воздействием сверхнормативного шума, является профессиональная нейросенсорная тугоухость (НСТ) [18].

Профессиональные риски, обусловленные воздействием физических факторов, являются значимой причиной временной и стойкой утраты трудоспособности, что подчеркивает необходимость количественной оценки их степени воздействия [19] как на групповом, так и на индивидуальном уровне. Результаты такой оценки позволят разработать адресные профилактические мероприятия для снижения негативных последствий. Следует отметить, что на фоне сохраняющейся актуальности проблемы недостаточной регистрации профессиональных заболеваний при сохранении доли рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам, не-

обходимо выделение профессий с максимальными уровнями риска [20] для оптимизации распределения ресурсов и сохранения профессионального долголетия наиболее уязвимых категорий работников.

Цель исследования – оценка профессионального риска работников основных профессий, занятых в сфере добычи медно-никелевой руды, на групповом и персональном уровнях.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка условий труда выполнена в соответствии Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса, критериями и классификацией условий труда, с Р 2.2.2006-05² по данным специальной оценки условий труда.

Априорная и апостериорная количественная оценка группового и персонального профессионального риска здоровью проведена с использованием методических подходов и критериев в соответствии с действующим Руководством по оценке профессионального риска для здоровья работников³. Оценка вероятности развития профессиональных заболеваний выполнена с учетом количества таких заболеваний и штатной численности работников основных профессий (машинист ПДМ, бурильщик шпуров, горнорабочий очистного забоя, машинист электроваза, взрывник, крепильщик, проходчик) горных подразделений предприятия по добыче медно-никелевых руд в 2020–2024 гг., проанализирована информация о заболеваемости более 2,5 тыс. работников. В ходе апостериорной оценки профессионального риска здоровью, обусловленного профессиональными заболеваниями, использованы данные о профессиональных заболеваниях и штатной численности работников основных профессий горных подразделений в 2020–2024 гг. Для количественной оценки негативного влияния ведущих факторов производственной среды на здоровье работников выделенных профессий проведен расчет частоты заболеваний и величины профессионального риска, учитывающей тяжесть последствий для здоровья работников.

В рамках оценки персональных уровней риска, в соответствии с руководством по оценке профессионального риска (Р 2.2.3969-23³), проведен анализ профессиональных рисков, включая их оценку на индивидуальном уровне, для представителей профессии «проходчик». В исследовательскую выборку вошли 125 работников данной профессиональной группы в возрасте от 25 до 55 лет и стаже работы от года до 11 лет.

¹ Об утверждении Положения о федеральной государственной информационной системе сведений санитарно-эпидемиологического характера: Постановление Правительства РФ от 02.12.2021 № 2178 (ред. от 27.09.2023) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/403158507/> (дата обращения: 06.05.2025).

² Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 142 с.

³ Р 2.2.3969-23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы. Принципы и критерии оценки. – М., 2023. – 77 с.

Результаты и их обсуждение. В ходе оценки профессиональной заболеваемости среди ведущих подземных профессий сферы добычи медно-никелевых руд установлено, что всего среди работников пяти анализируемых подразделений за период 2020–2024 гг. зарегистрировано более двухсот случаев профессиональных заболеваний (с подтвержденным диагнозом).

Анализ структуры профессиональных заболеваний показал, что лидирующие позиции занимают болезни, развивающиеся под воздействием физических факторов и тяжести трудового процесса. На первом месте находится вибрационная болезнь, ее доля составляет более 75 % от общего числа заболеваний, установленных за анализируемый период. На втором месте находятся нейросенсорная тугоухость и заболевания опорно-двигательного аппарата (доля от общего числа заболеваний составляет более 10 %). Отмечаются единичные случаи заболеваний органов дыхания (бронхиальная астма) – более 2 % и онкологические заболевания – менее 1 % (табл. 1).

Профессиональные заболевания регистрируются среди работников следующих профессий: бу-

рильщик шпуров, взрывник, горнорабочий очистного забоя, крепильщик, люковой, мастер-взрывник, мастер горный, электрогазосварщик, электромеханик, электрослесарь (слесарь), дежурный по ремонту оборудования, машинист ПСМ (ПДМ), машинист буровой установки, оператор скреперной лебедки, проходчик, машинист электровоза.

Распределение по профессиям профессиональной заболеваемости представлено в табл. 2.

К приоритетным профессиональным группам, число профессиональных заболеваний в которых вносит более 5 % вклада в общее число заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов и тяжести трудового процесса, относятся: машинист ПДМ, бурильщик шпуров, горнорабочий очистного забоя, машинист электровоза, взрывник, крепильщик, проходчик.

В ходе анализа информации СОУТ (за период 2016–2021 гг.) определены основные производственные факторы, потенциально способствующие развитию как общей, так и профессиональной патологии: физические факторы (шум и вибрация), высокая физическая нагрузка и присутствие в воздухе рабочей зоны аэрозолей фиброгенного действия.

Таблица 1

Структура профессиональных заболеваний у работников подземной добычи предприятия по добыче медно-никелевых руд в 2020–2024 гг.

Профессиональное заболевание (диагноз)	Количество заболеваний, абс.	Доля от общего числа профессиональных заболеваний, %
Вибрационная болезнь	174	75,98
Нейросенсорная тугоухость	24	10,48
Заболевания опорно-двигательного аппарата	23	10,05
Бронхиальная астма	6	2,62
Онкологические заболевания	2	0,87
Всего	229	100

Таблица 2

Распределение по основным профессиям профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов и тяжести трудового процесса, за 2020–2024 гг.

Профессия	Количество заболеваний, абс.	Доля от общего числа профессиональных заболеваний, %	Средний ранг
Машинист ПДМ	74	33,64	1
Бурильщик шпуров	39	17,73	2
ГРОЗ	28	12,73	3
Машинист электровоза	19	8,64	4
Взрывник	18	8,18	5
Крепильщик	15	6,82	6,5
Проходчик	15	6,82	6,5
Слесарь дежурный и по ремонту оборудования	2	0,91	8,5
Электрогазосварщик	2	0,91	8,5
Люковой	1	0,45	13,5
Мастер-взрывник	1	0,45	13,5
Мастер горный	1	0,45	13,5
Машинист буровой установки	1	0,45	13,5
Оператор скреперной лебедки	1	0,45	13,5
Электромеханик	1	0,45	13,5
Электрослесарь дежурный и по ремонту оборудования	1	0,45	13,5
Машинист ПСМ	1	0,45	13,5
Всего	220	100	-

Гигиеническая оценка, выполненная на основе специальной оценки условий труда, показала, что наиболее значимыми вредными факторами условий труда являются шум, вибрация общая и локальная, тяжесть трудового процесса (табл. 3).

В соответствии с гигиенической оценкой условия труда бурильщиков шпуров и взрывников относятся к классу 3.3, остальных работников – к классам 3.2–3.3. В условиях воздействия указанных факторов, в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12.31.2025 № 141н⁴, можно ожидать развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием шума (хроническая двухсторонняя нейросенсорная тугоухость), общей и локальной вибрацией (вибрационная болезнь), тяжестью трудового процесса (поражение опорно-двигательного аппарата: полинейропатия верхних конечностей, компрессионные мононевропа-

тии, болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани), химических факторов (никель, ди-Железо триоксид, хром (VI) триоксид, углеводороды алифатические предельные, проп-2-ен-1-аль, азота оксиды, углерода оксид) (бронхиальная астма, злокачественные новообразования).

В ходе априорной (предварительной) оценки профессионального риска здоровью, проведенной в соответствии с п. 3.4.1 и п. 6.1. «Руководства по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (Р 2.2.3969-23⁵), установлен высокий уровень риска у взрывников и бурильщиков шпуров (приоритетные факторы – шум и тяжесть трудового процесса). Для работников других основных профессий уровни риска категоризируются как средний и высокий в зависимости от рабочего места (табл. 4).

Таблица 3

Распределение работников основных профессий подземной добычи медно-никелевых руд по результатам гигиенической оценки условия труда

Профессия	Воздействующие факторы					Итоговый класс (подкласс) условий труда
	шум	вибрация общая	вибрация локальная	тяжесть трудового процесса	химические вещества	
Машинист ПДМ	3.1–3.3	2–3.2	2–3.1	2. 3.2	2–3.1	3.2–3.3
Бурильщик шпуров	3.2–3.3	2–3.1	2	2–3.2	2	3.3
ГРОЗ	3.1–3.3	2–3.1	2. 3.2	2–3.2	2–3.1	3.2–3.3
Машинист электровоза	3.1–3.3	2–3.1	2	1–2	2	3.2–3.3
Взрывник	3.2	2	2	3.2	2	3.3
Крепильщик	3.1–3.2	1–2	1–2	3.1–3.2	2–3.1	3.2–3.3
Проходчик	3.1–3.3	1–2	2. 3.2	3.1–3.2	2	3.2–3.3

Таблица 4

Результаты априорной оценки риска здоровью работников основных профессий подземной добычи медно-никелевых руд

Профессия	Категория профессионального риска здоровью					Итоговый результат
	шум	вибрация общая	вибрация локальная	тяжесть трудового процесса	химический	
Машинист ПДМ	Средний – высокий	Малый – средний	Малый – умеренный	Малый – средний	Малый – умеренный	Средний – высокий
Бурильщик шпуров	Средний – высокий	Малый – умеренный	Малый	Малый – средний	Малый	Высокий
ГРОЗ	Умеренный – высокий	Малый – умеренный	Малый – средний	Малый – средний	Малый – умеренный	Средний – высокий
Машинист электровоза	Умеренный – высокий	Малый – умеренный	Малый	Пренебрежимо малый – малый	Малый	Средний – высокий
Взрывник	Средний	Малый	Малый	Средний	Малый	Высокий
Крепильщик	Умеренный – средний	Пренебрежимо малый – малый	Пренебрежимо малый – малый	Умеренный – средний	Малый – умеренный	Средний – высокий
Проходчик	Умеренный – высокий	Пренебрежимо малый – малый	Малый – средний	Умеренный – средний	Малый	Средний – высокий

⁴ Об утверждении перечня профессиональных заболеваний: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 21.03.2025 № 141н [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411797022/> (дата обращения: 11.05.2025).

⁵ Р 2.2.3969-23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы. Принципы и критерии оценки. – М., 2023. – 77 с.

Эти уровни профессионального риска здоровью связаны с воздействием шума, общей вибрации и тяжести трудового процесса у машинистов ПДМ, шума, локальной вибрации и тяжести трудового процесса – у горнорабочих очистного забоя и проходчиков, шума и тяжести трудового процесса – у крепильщиков.

В результате апостериорной оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий подземной добычи, обусловленного вибрационной болезнью, установлены недопустимые его уровни (от $6,15 \cdot 10^{-03}$ до $3,98 \cdot 10^{-02}$) для работников всех профессий (табл. 5).

Результаты апостериорной оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий подземной добычи, обусловленного нейросенсорной тугоухостью, свидетельствуют о наличии условий труда, характеризующихся умеренным (недопустимым) риском только для проходчиков (табл. 6). Профессиональный риск для бурильщиков шпуров, взрывников, крепильщиков, машинистов ПДМ и электровозов регистрируется на малом (допустимом), а для ГРОЗ пренебрежимо малом уровне.

Сравнительный анализ риска здоровью, связанного с ведущими факторами условий труда работников основных профессий подземной добычи на предприятии по добыче медно-никелевых руд, обусловленного различными профессиональными заболеваниями, показал, что наиболее высокие значения профессионального риска, формируемого в

результате развития вибрационной болезни, характерны для профессиональной группы «проходчик», они составляют до $3,98 \cdot 10^{-2}$ (категория высокого, неприемлемого риска). Аналогичная ситуация отмечается и в отношении профессионального риска, обусловленного нейросенсорной тугоухостью под воздействием шума. Его максимальный уровень составляет $1,07 \cdot 10^{-3}$ (умеренный, неприемлемый) у проходчиков.

На примере проходчиков – профессиональной группы с максимальными показателями группового риска – было проведено моделирование вероятности развития вибрационной болезни при воздействии вибрации и нейросенсорной тугоухости при воздействии шума в зависимости уровня экспозиции, стажа работы в основной профессии и возраста на момент исследования, что позволило получить параметры достоверных и адекватных математических моделей (по критериям $p < 0,05$, Хи-квадрат (χ^2) $> 5,99$): для нейросенсорной тугоухости – $b_0 = -17,9028$, $b_1 = 0,245$, $b_2 = 0,01$; для вибрационной болезни – $b_0 = -12,8802$, $b_1 = 0,1977$, $b_2 = 0,0036$.

Анализ данных показал, что профессиональный риск развития нейросенсорной тугоухости в исследуемой группе варьировался от пренебрежимо малых значений ($8,34 \cdot 10^{-4}$) до высоких ($4,48 \cdot 10^{-2}$). При этом 36 % работников уже находились в зоне неприемлемого риска. Прогнозные расчеты свидетельствуют, что к моменту достижения 60-летнего возраста все без исключения работники будут

Таблица 5

Результаты апостериорной оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий подземной добычи, обусловленного вибрационной болезнью, за 2020–2024 гг.

Профессия	Вероятность профессионального заболевания	Показатель тяжести профессионального заболевания	Уровни риска, обусловленные развитием вибрационной болезни	Категория риска
Бурильщик шпуров	0,072	0,304	$2,19 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
Взрывник	0,043	0,304	$1,30 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
ГРОЗ	0,020	0,304	$6,15 \cdot 10^{-3}$	Умеренный риск
Крепильщик	0,064	0,304	$1,94 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
Машинист ПДМ	0,095	0,304	$2,89 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
Машинист электровоза	0,058	0,304	$1,76 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
Проходчик	0,131	0,304	$3,98 \cdot 10^{-2}$	Высокий риск

Таблица 6

Результаты апостериорной оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий подземной добычи, обусловленного нейросенсорной тугоухостью, за 2020–2024 гг.

Профессия	Вероятность профессионального заболевания	Показатель тяжести профессионального заболевания	Уровни риска, обусловленные нейросенсорной тугоухостью	Категория риска
Бурильщик шпуров	0,009	0,045	$3,92 \cdot 10^{-4}$	Малый риск
Взрывник	0,018	0,045	$8,23 \cdot 10^{-4}$	Малый риск
ГРОЗ	0,002	0,045	$7,92 \cdot 10^{-5}$	Пренебрежимо малый риск
Крепильщик	0,011	0,045	$4,79 \cdot 10^{-4}$	Малый риск
Машинист ПДМ	0,007	0,045	$3,14 \cdot 10^{-4}$	Малый риск
Машинист электровоза	0,008	0,045	$3,47 \cdot 10^{-4}$	Малый риск
Проходчик	0,024	0,045	$1,07 \cdot 10^{-3}$	Умеренный риск

подвергаться высокому риску ($4,497 \cdot 10^{-2} - 4,50 \cdot 10^{-2}$) развития данного профессионального заболевания вследствие воздействия производственного шума. Сохранение существующих условий труда без проведения профилактических мероприятий приведет к переходу даже минимальных уровней риска в категорию высоких.

Результаты исследования показали, что текущие уровни профессионального риска развития вибрационной болезни находятся в пределах от $1,45 \cdot 10^{-6}$ (пренебрежимо малый риск) до $9,18 \cdot 10^{-4}$ (малый риск). На момент обследования работников с неприемлемым уровнем риска выявлено не было. Однако прогнозные расчеты демонстрируют, что к 60-летнему возрасту риск развития заболевания у всех работников достигнет очень высоких значений ($2,97 \cdot 10^{-1} - 3,04 \cdot 10^{-1}$). При сохранении существующих условий труда без проведения профилактических мероприятий произойдет переход от минимальных показателей риска к очень высоким.

Выводы. Результаты исследования и оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий подземной добычи предприятия по добыче медно-никелевых руд позволили установить, что приоритетными факторами производственной среды, оказывающими влияние на распространенность профессиональных заболеваний, являются физические факторы, а именно шум и вибрация. Профессиональной группой, наиболее

подверженной негативному влиянию данных факторов, являются проходчики. Анализ условий труда и заболеваемости проходчиков показал недопустимо высокие значения профессиональных рисков, обусловленных развитием двух основных профессиональных заболеваний – вибрационной болезни и тугоухости нейросенсорного типа.

Расчет прогнозных величин персонального профессионального риска к моменту достижения работниками возраста шестидесяти лет показал изменение категории персонального риска: с пренебрежимо малого до очень высокого – в отношении вибрационной болезни; с пренебрежимо малого до высокого – в отношении нейросенсорной тугоухости. Величины прироста персонального профессионального риска составили: от $2,97 \cdot 10^{-1}$ до $3,04 \cdot 10^{-1}$ в отношении вибрационной болезни; от $1,72 \cdot 10^{-4}$ до $4,50 \cdot 10^{-2}$ в отношении нейросенсорной тугоухости. Количественная информация о степени воздействия физических факторов на здоровье проходчиков может быть использована при разработке профилактических мероприятий, направленных на снижение частоты и выраженности профессиональных заболеваний среди работников.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Шестакова Е.Е. Активное долголетие и задачи формирования и сохранения человеческого потенциала лиц старшего возраста // Воспроизводство национального человеческого потенциала в условиях глобальных вызовов: сборник статей. – 2023. – С. 250–282.
2. Гагарина Г.Ю., Горохова И.В., Гретченко А.И. Устойчивое развитие человеческого потенциала – стратегический приоритет обеспечения национальной безопасности России // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2024. – № 3. – С. 77–91. DOI: 10.21686/2413-2829-2024-3-77-91
3. Шайтан Б., Можаяев Е.Е., Гешель В.П. Условия формирования и эффективного использования трудовых ресурсов в сфере аграрного производства // Наука, технологии, кадры – основы достижений прорывных результатов в АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Вып. XV, Ч. 1. – Казань, 2021. – С. 192–206.
4. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Влияние трудовой деятельности на продолжительность и качество жизни людей пожилого возраста (аналитический обзор) // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 127–137. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2024.3.OZOZ.3
5. 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 // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 11. – С. 920–925. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925
6. Мясников И.О., Кизеев А.Н. Обзор рисков развития профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний у работников горно-металлургических предприятий в АЗРФ // Российская Арктика. – 2024. – Т. 6, № 3 (26). – С. 26–42. DOI: 10.24412/2658-42552024-3-26-42
7. Социально-гигиенические детерминанты здоровья работников производства подшипников / Ю.А. Алешина, Т.А. Новикова, А.Г. Мигачева, Н.А. Кочетова // Медицина труда и экология человека. – 2023. – № 3 (35). – С. 7–22. DOI: 10.24412/2411-3794-2023-10301
8. Сорокин Г.А., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика работоспособности и риска усталости работников промышленных предприятий, образования и здравоохранения // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 5. – С. 311–317. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-5-311-317
9. Частота встречаемости соматической патологии у работников основных профессий угольных разрезов юга Кузбасса / Е.В. Уланова, О.Н. Блажина, Е.С. Филимонов, О.Ю. Коротенко // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 5. – С. 353–358. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-5-353-358
10. Underground Gold Miner Exposure to Noise, Diesel Particulate Matter and Crystalline Silica Dust / E.K. Armah, J.A. Adejebi, B.B. Bofo, A.A. Opoku // J. Health Pollut. – 2021. – Vol. 11, № 29. – P. 210301. DOI: 10.5696/2156-9614-11.29.210301

11. Occupational noise-induced hearing loss in Iran: a systematic review and meta-analysis / S. Etemadinezhad, A.S. Amani, M. Moosazadeh, M. Rahimlou, S.E. Samaei // Iran. J. Public Health. – 2023. – Vol. 52, № 2. – P. 278–289. DOI: 10.18502/ijph.v52i2.11881
12. Camargo D.A., Munis R.A., Simões D. Investigation of exposure to occupational noise among forestry machine operators: A case study in Brazil // Forests. – 2021. – Vol. 12, № 3. – P. 299. DOI: 10.3390/f12030299
13. The effect of noise exposure on high-frequency hearing loss among Chinese workers: A meta-analysis / P. Yang, H. Xie, Y. Li, K. Jin // Healthcare (Basel). – 2023. – Vol. 11, № 8. – P. 1079. DOI: 10.3390/healthcare11081079
14. Sánchez-Sellero I., Soto-Varela A. Relationship Between Occupational Exposure to Noise and Vibrations and Vertigo: A Prospective Case-Control Study // J. Clin. Med. – 2024. – Vol. 13, № 22. – P. 6650. DOI: 10.3390/jcm13226650
15. Epidemiological characteristics and risk assessment of occupational diseases caused by physical factors in Guangdong Province, 2013–2022 / S. Zhou, X. Wen, Y. Huang, S. Wang, L. Huang, M. Yan, X. Li // China Occupational Medicine. – 2023. – P. 279–284.
16. The combined impact of hand-arm vibration and noise exposure on hearing sensitivity of agricultural/forestry workers – a systematic literature review / R. Thaper, R. Sesek, R. Garnett, Y. Acosta-Sojo, G.T. Purdy // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2023. – Vol. 20, № 5. – P. 4276. DOI: 10.3390/ijerph20054276
17. Exposure to hand-arm vibrations in the workplace and the occurrence of hand-arm vibration syndrome, Dupuytren's contracture, and hypothenar hammer syndrome: a systematic review and meta-analysis / H. Gerger, K. Søgaard, E.M. Macri, J.A. Jackson, R.G. Elbers, R.M. van Rijn, B. Koes, A. Chiarotto, A. Burdorf // J. Occup. Environ. Hyg. – 2023. – Vol. 20, № 7. – P. 257–267. DOI: 10.1080/15459624.2023.2197634
18. Liebenberg A., Oosthuizen J., Reed S. A current affair: worker perceptions of noise exposure and occupational hearing loss in Australian coal mines // Ann. Work Expo. Health. – 2023. – Vol. 67, № 9. – P. 1111–1120. DOI: 10.1093/annweh/wxad055
19. Результаты научно-исследовательских работ по оценке рисков здоровью работников при производственном воздействии физических факторов / А.Б. Бакиров, Э.Р. Шайхлисламова, А.Д. Волгарева, Л.К. Каримова, Г.Г. Гимранова // Медицина труда и экология человека. – 2021. – № 3 (27). – С. 7–13.
20. Проблемы состояния здоровья работников вредных производств / А.А. Мусина, Г.Ж. Сарсенбаева, Ф.Т. Амирсеитова, Р.К. Сулейменова // Journal of Health Development. – 2022. – Т. 4, № 49. – С. 45–51. DOI: 10.32921/2225-9929-2022-4-49-45-51

Фадеев А.Г. Оценка степени воздействия производственных факторов на здоровье работников, занятых в добыче медно-никелевых руд, по критериям профессионального риска // Анализ риска здоровью. – 2025. – № 3. – С. 52–60. DOI: 10.21668/health.risk/2025.3.06

UDC 613.6.027

DOI: 10.21668/health.risk/2025.3.06.eng



Research article

ASSESSING INTENSITY OF IMPACTS EXERTED BY OCCUPATIONAL FACTORS ON HEALTH OF WORKERS EMPLOYED AT COPPER-NICKEL ORE MINES PER OCCUPATIONAL HEALTH RISK CRITERIA

A.G. Fadeev^{1,2}

¹Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Krasnoyarsk Regional Office, 21 Kartanova Str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

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

Promoting working population's health is the key task within the state policy aimed at prolonging life expectancy and working longevity. At present, occupational risk assessment is considered a key instrument for identifying potential health threats including risks associated with long work records by the moment workers are close to the retirement age. Harmful working conditions are the basic reason for high occupational morbidity. Work under exposure to elevated noise and vibration is seen by many researchers as a leading factor able to cause occupational pathologies.

© Fadeev A.G., 2025

Aleksei G. Fadeev – Head of the Department for Supervision of Working Conditions; Applicant for an academic degree of Candidate of Science (e-mail: onut@24.rosпотреbnadzor.ru; tel.: +7 (391) 227-66-43; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-9196>).

The aim of this study was to assess both individual and group occupational health risks for workers of basic ore mining occupations. Prior and posterior group and individual occupational health risks were assessed in conformity with methodical approaches and criteria stipulated in the Guide R 2.2.3969-23.

We performed comparative analysis of health risks associated with leading work-related factors for workers of basic underground mining occupations employed by a copper-nickel ore mining enterprise; the analyzed health risks were caused by various occupational diseases. As a result, the highest occupational health risks were established to be associated with vibration disease developing under exposure to total and local vibration at workplaces of drift miners ($3.98 \cdot 10^{-2}$; the health risk is high, unacceptable) and sensorineural hearing loss developing under exposure to noise ($1.07 \cdot 10^{-3}$; the health risk is moderate, unacceptable). Individual occupational risks due to vibration diseases were within the range between $1.45 \cdot 10^{-6}$ and $9.18 \cdot 10^{-4}$; those caused by sensorineural hearing loss, between $8.34 \cdot 10^{-7}$ and $4.48 \cdot 10^{-2}$.

Drift miners are an occupational group under the highest exposure to adverse physical factors at workplace. We established unacceptable group and individual occupational health risks for drift miners associated with developing vibration disease and sensorineural hearing loss. The growth rates of individual occupational risks were between $2.97 \cdot 10^{-1}$ and $3.04 \cdot 10^{-1}$ for vibration disease and between $1.72 \cdot 10^{-4}$ and $4.50 \cdot 10^{-2}$ for sensorineural hearing loss by the moment workers reached 60 years of age.

Keywords: hygienic assessment, occupational risk, vibration disease, sensorineural hearing loss, drift miners, individual risk, group risk, mathematical modeling.

References

1. Shestakova E.E. Aktivnoe dolgoletie i zadachi formirovaniya i sokhraneniya chelovecheskogo potentsiala lits starshego vozrasta [Active longevity and formation and preservation of the human potential of elderly people]. *Vosproizvodstvo natsional'nogo chelovecheskogo potentsiala v usloviyakh global'nykh vyzovov: collection of papers*, 2023, pp. 250–282 (in Russian).
2. Gagarina G.Yu., Gorokhova I.V., Gretchenko A.I. Sustainable Development of Human Potential as Strategic Priority of Providing National Security. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2024, no. 3, pp. 77–91. DOI: 10.21686/2413-2829-2024-3-77-91 (in Russian).
3. Shaitan B.I., Mozhaev E.E., Geshel V.P. Conditions for the formation and efficient use of labor resources in the field of agricultural production. *Nauka, tekhnologii, kadry – osnovy dostizhenii proryvnykh rezul'tatov v APK: sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Tom Vypusk XV. Chast' 1. Kazan'*, 2021, pp. 192–206 (in Russian).
4. Shabalin V.N., Shatokhina S.N. The influence of work activity on the duration and quality of life of older people (analytical review). *Vestnik meditsinskogo instituta «Reaviz»: reabilitatsiya, vrach i zdorov'e*, 2024, vol. 14, no. 3, pp. 127–137. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2024.3.OZOZ.3 (in Russian).
5. 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. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 11, pp. 920–925. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925 (in Russian).
6. Myasnikov I.O., Kizeev A.N. Review of risks of developing occupational and production-related diseases in workers of mining and metallurgical enterprises in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Rossiiskaya Arktika*, 2024, vol. 6, no. 3 (26), pp. 26–42. DOI: 10.24412/2658-42552024-3-26-42 (in Russian).
7. Aleshina Yu.A., Novikova T.A., Migacheva A.G., Kochetova N.A. Socio-hygienic health determinants of bearing production workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2023, no. 3 (35), pp. 7–22. DOI: 10.24412/2411-3794-2023-10301 (in Russian).
8. Sorokin G.A., Kir'yanova M.N. Age dynamics of working capacity and fatigue risk of employees of industrial enterprises, education, and healthcare. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, vol. 61, no. 5, pp. 311–317. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-5-311-317 (in Russian).
9. Ulanova E.V., Blazhina O.N., Filimonov E.S., Korotenko O.Yu. Frequency of somatic pathology occurrence in workers of the main professions of coal pits in the South of Kuzbass. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 5, pp. 353–358. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-5-353-358 (in Russian).
10. Armah E.K., Adedeji J.A., Bofo B.B., Opoku A.A. Underground Gold Miner Exposure to Noise, Diesel Particulate Matter and Crystalline Silica Dust. *J. Health Pollut.*, 2021, vol. 11, no. 29, pp. 210301. DOI: 10.5696/2156-9614-11.29.210301
11. Etemadinezhad S., Amani A.S., Moosazadeh M., Rahimlou M., Samaei S.E. Occupational noise-induced hearing loss in Iran: a systematic review and meta-analysis. *Iran. J. Public Health*, 2023, vol. 52, no. 2, pp. 278–289. DOI: 10.18502/ijph.v52i2.11881
12. Camargo D.A., Munis R.A., Simões D. Investigation of exposure to occupational noise among forestry machine operators: A case study in Brazil. *Forests*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. 299. DOI: 10.3390/f12030299
13. Yang P., Xie H., Li Y., Jin K. The effect of noise exposure on high-frequency hearing loss among Chinese workers: A meta-analysis. *Healthcare (Basel)*, 2023, vol. 11, no. 8, pp. 1079. DOI: 10.3390/healthcare11081079
14. Sánchez-Sellero I., Soto-Varela A. Relationship Between Occupational Exposure to Noise and Vibrations and Vertigo: A Prospective Case-Control Study. *J. Clin. Med.*, 2024, vol. 13, no. 22, pp. 6650. DOI: 10.3390/jcm13226650
15. Zhou S., Wen X., Huang Y., Wang S., Huang L., Yan M., Li X. Epidemiological characteristics and risk assessment of occupational diseases caused by physical factors in Guangdong Province, 2013–2022. *China Occupational Medicine*, 2023, pp. 279–284.

16. Thaper R., Sesek R., Garnett R., Acosta-Sojo Y., Purdy G.T. The combined impact of hand-arm vibration and noise exposure on hearing sensitivity of agricultural/forestry workers - a systematic literature review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2023, vol. 20, no. 5, pp. 4276. DOI: 10.3390/ijerph20054276
17. Gerger H., Søgaard K., Macri E.M., Jackson J.A., Elbers R.G., van Rijn R.M., Koes B., Chiarotto A., Burdorf A. Exposure to hand-arm vibrations in the workplace and the occurrence of hand-arm vibration syndrome, Dupuytren's contracture, and hypothenar hammer syndrome: a systematic review and meta-analysis. *J. Occup. Environ. Hyg.*, 2023, vol. 20, no. 7, pp. 257–267. DOI: 10.1080/15459624.2023.2197634
18. Liebenberg A., Oosthuizen J., Reed S. A current affair: worker perceptions of noise exposure and occupational hearing loss in Australian coal mines. *Ann. Work Expo. Health*, 2023, vol. 67, no. 9, pp. 1111–1120. DOI: 10.1093/annweh/wxad055
19. Bakirov A.B., Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D., Karimova L.K., Gimranova G.G. The results of research works on the assessment of risks to the health of employees under the industrial impact of physical factors. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2021, no. 3 (27), pp. 7–13 (in Russian).
20. Musina A.A., Sarsenbayeva G.Zh., Amirseitova F.T., Suleimenova R.K. Health problems of workers of harmful industries. *Journal of Health Development*, 2022, vol. 4, no. 49, pp. 45–51. DOI: 10.32921/2225-9929-2022-4-49-45-51 (in Russian).

Fadeev A.G. Assessing intensity of impacts exerted by occupational factors on health of workers employed at copper-nickel ore mines per occupational health risk criteria. Health Risk Analysis, 2025, no. 3, pp. 52–60. DOI: 10.21668/health.risk/2025.3.06.eng

Получена: 01.07.2025

Одобрена: 10.07.2025

Принята к публикации: 25.09.2025