

Научная статья

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

А.Г. Фадеев¹, Д.В. Горяев¹, П.З. Шур², В.А. Фокин²

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Российская Федерация, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

²Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 6140045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

В связи с сохранением актуальности проблемы оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий горнодобывающей отрасли, в том числе находящихся под воздействием повышенных уровней виброакустических факторов, осуществлена оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны по критерию профессионального риска.

Для цели априорной оценки риска были использованы результаты гигиенической оценки виброакустических факторов по данным специальной оценки условий труда (СОУТ), верифицированным инструментальными исследованиями. Апостериорная количественная оценка проведена на основании данных о профессиональной заболеваемости работников за последние десять лет с учетом численности работников.

Неприемлемые уровни априорного профессионального риска, формируемые в результате воздействия шума, отмечены среди всех анализируемых профессий. При этом, по данным инструментальных исследований, у горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ) и машинистов погрузочно-доставочных машин (ПДМ) более высокие уровни риска, в отличие от результатов СОУТ. По данным СОУТ, неприемлемые уровни априорного профессионального риска, связанного с воздействием вибрации, отмечены только для машинистов ПДМ, а по данным дополнительных инструментальных исследований – для машинистов ПДМ и бурильщиков шпуров. В ходе количественной оценки профессионального риска установлено, что недопустимые (выше $1 \cdot 10^{-3}$) уровни профессионального риска, формируемые в результате развития вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости, регистрируются среди всех анализируемых профессиональных групп. Максимальные значения риска при воздействии вибрации отмечены среди профессиональной группы «машинист ПДМ» и отнесены к категории среднего риска ($1,37 \cdot 10^{-2}$). При воздействии шума максимальные уровни риска отмечены среди крепильщиков и также отнесены к категории среднего риска ($1,32 \cdot 10^{-2}$).

Результаты количественной оценки профессионального риска для здоровья работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны уточняют результаты априорной оценки и могут быть использованы при планировании мероприятий, направленных на снижение риска, формируемого при воздействии виброакустических факторов на здоровье работников.

Ключевые слова: виброакустические факторы, шум, количественная оценка, профессиональный риск, категорирование, работники горнодобывающей промышленности, Арктическая зона, машинисты ПДМ.

Приоритетной задачей социальной политики государства является сохранение здоровья работающего населения, способствующее укреплению трудового потенциала страны и устойчивому росту экономического благополучия общества. Условия

рабочей среды, не соответствующие санитарно-гигиеническим нормативам, сохраняются во многих отраслях промышленности, в частности на предприятиях горнодобывающей отрасли. В связи с этим вопросы сохранения профессионального здоровья

© Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Шур П.З., 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>).

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>).

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>).

населения с позиций обеспечения гигиенической безопасности производственной среды являются наиболее значимыми в экономической политике государства [1, 2].

Оценка профессионального риска, формируемого в результате действия основных производственных факторов, является основой планирования и организации мероприятий, имеющих профилактическую направленность для создания оптимальных условий труда с учетом специфики производственной деятельности [3]. Она позволяет определить вероятность негативных последствий для здоровья работников, таких как профессиональные заболевания и болезни, связанные с условиями труда, в том числе с учетом тяжести последствий [4].

Подземный способ добычи полезных ископаемых обуславливает стабильно высокий уровень профессиональной заболеваемости. При этом, помимо химического загрязнения воздуха рабочей зоны, на здоровье работников оказывают значительное влияние физические факторы производственной среды [5, 6].

Вибрация и шум остаются ведущими физическими факторами, оказывающими влияние на уровень профессиональной заболеваемости [7–12]. Среди работников основных профессий горнодобывающей отрасли профессиональная вибрационная болезнь и нейросенсорная тугоухость занимают лидирующие позиции наряду с поражением легких [13–16]. Таким образом, остается актуальной проблема оценки профессионального риска здоровью работников основных профессий горнодобывающей отрасли [17–20], находящейся под воздействием повышенных уровней виброакустических факторов, с целью разработки профилактических мероприятий.

Управлением Роспотребнадзора по Красноярскому краю в рамках федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) в 2023 г. проведены выездные контрольные (надзорные) мероприятия на объектах по добыче полезных ископаемых, которые расположены в Арктической зоне. Предметом проведения контрольных (надзорных) мероприятий являлось соблюдение хозяйствующими субъектами обязательных требований санитарного законодательства Российской Федерации. В частности, надзор проводился в отношении уровней виброакустических факторов производственной среды работников основных профессий горнодобывающей промышленности Арктической зоны. В ходе проверок были установлены превышения гигиенических нормативов по шуму и общей вибрации, что явилось основанием для проведения дальнейшей оценки профессионального риска для здоровья работников.

Цель исследования – оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны по критериям профессионального риска.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка профессионального риска для здоровья работников проводилась по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ). Результаты СОУТ верифицированы путем проведения и оценки результатов выборочных исследований фактических уровней виброакустических факторов (общая вибрация, шум) на рабочих местах следующих профессий: бурильщик шпуров, машинист погрузочно-доставочной машины (далее – машинист ПДМ), крепильщик, горнорабочий очистного забоя (далее – ГРОЗ). В ходе проведения контрольных (надзорных) мероприятий обследованы два рудника с проведением измерений физических факторов производственной среды шумомером-виброметром, анализатором спектра «ЭКОФИЗИКА-110А» (номер в государственном реестре: 48906-12).

Дальнейшая априорная оценка профессионального риска по результатам СОУТ и инструментальных исследований проводилась в соответствии с Р 2.2.3969-23¹ (далее – Руководство). Априорная оценка профессионального риска на основании полученных результатов инструментальных исследований общей вибрации была проведена с использованием критериев категорирования уровней риска по результатам гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса, представленных в Руководстве. Априорная количественная оценка профессионального риска, формируемого в результате воздействия производственного шума, проводилась с использованием методики применения моделей для априорной оценки профессионального риска, изложенной в Руководстве. Исходя из полученных эквивалентных уровней звука за рабочую смену (L_p , Aeq, 8 h), согласно Руководству определялась стажевая доза шума ($L_{дш(т)}$) в зависимости от стажа работы в определенной профессии и проводился расчет вероятности развития профессионального заболевания ($Risk^{PI3}$) с последующим расчетом риска.

Апостериорная количественная оценка профессионального риска на групповом уровне проводилась на основании данных вероятности развития профессиональных заболеваний среди работников анализируемых профессий с использованием информации о профессиональной заболеваемости работников нейросенсорной тугоухостью (НСТ) и вибрационной болезнью (ВБ) за десятилетний период с 2013 по 2022 г. включительно. Расчет вероятно-

¹ Р 2.2.3969-23. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. – 77 с.

сти развития профессиональных заболеваний проводился путем отношения случаев профессиональных заболеваний (ВБ или НСТ) в год на руднике к численности работников. Численность работников, на рабочих местах которых проводилась оценка риска, для первого и второго рудников составила: бурильщик шпуров – 89 и 102, ГРОЗ – 36 и 84, крепильщик – 44 и 46, машинист ПДМ – 115 и 153 человека соответственно. Показатели тяжести профессиональных заболеваний, использованные при расчете количественных значений группового профессионального риска, и количественные критерии категорирования риска принимались в соответствии с Руководством.

Результаты и их обсуждение. По результатам проведенных измерений эквивалентный скорректированный уровень общей вибрации (транспортная) на рабочем месте машиниста ПДМ превышает гигиенический норматив (112 дБ) на 1 дБ (КУТ 3.1 по СОУТ КУТ от 3.1 до 3.2). На рабочем месте бурильщика шпуров установлено превышение гигиенических нормативов (100 дБ) на 1 дБ эквивалентного скорректированного уровня общей технологической вибрации (КУТ 3.1 по СОУТ КУТ 2).

Измеренный эквивалентный уровень звука на рабочем месте машиниста ПДМ превышает установленный нормативный уровень (80 дБА) до 9 дБА (КУТ 3.2), на рабочем месте крепильщика – на 2 дБА (КУТ 3.1), на рабочем месте горнорабочего очистного забоя – до 7 дБА (КУТ 3.2). Результаты лабораторных исследований подтверждают результаты СОУТ по наличию риска, при этом наблюдаются значительные отличия в оценке уровня вибрации на рабочем месте бурильщика шпуров. Условия труда работников на анализируемых рудниках являются аналогичными.

В ходе проведения априорной оценки профессиональных рисков на основании полученных натуральных данных по воздействию общей вибрации установлено, что на рабочих местах бурильщика шпуров и машиниста ПДМ КУТ 3.1 – риск умеренный. По воздействию эквивалентного уровня звука на рабочих местах крепильщика КУТ 3.1 – риск умеренный; на рабочих местах машиниста ПДМ, ГРОЗ КУТ 3.2 – риск средний в соответствии с критериями Руководства. Следует отметить, что полученные данные отличаются от результатов СОУТ. Согласно СОУТ неприемлемые уровни риска при воздействии вибрации отмечаются только у машинистов ПДМ (КУТ до 3.2, риск средний); неприемлемые уровни риска при воздействии шума отмечаются во всех анализируемых профессиях (КУТ до 3.2, риск средний).

В результате априорной количественной оценки вероятности развития профессионального заболевания ($Risk^{PI3}$) через расчет стажевой дозы шума ($L_{дш(т)}$), установлено: на рабочем месте машиниста ПДМ при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 89, и стаже от 2 до 40 лет доза шума будет составлять от 92 до 105 дБ,

а $Risk^{PI3}$ – от 0,035 до 0,184; на рабочем месте крепильщика при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 82, и стаже от 2 до 40 лет $L_{дш(т)}$ будет составлять от 85 до 98 дБ, а $Risk^{PI3}$ – от 0,011 до 0,082; на рабочем месте ГРОЗ при значении эквивалентных уровней звука за рабочую смену, равном 87, и стаже от 2 до 40 лет $L_{дш(т)}$ будет составлять от 90 до 103 дБ, а $Risk^{PI3}$ – от 0,025 до 0,147.

На основании полученной вероятности развития профессионального заболевания с учетом тяжести нейросенсорной тугоухости (0,193) рассчитаны уровни профессионального риска развития нейросенсорной тугоухости, которые составили: в профессии машиниста ПДМ – от $6,76 \cdot 10^{-3}$ до $3,55 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до высокого риска), в профессии крепильщика – от $2,12 \cdot 10^{-3}$ до $1,58 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до среднего риска), в профессии ГРОЗ – от $4,83 \cdot 10^{-3}$ до $2,84 \cdot 10^{-2}$ (от умеренного до высокого риска).

Полученные результаты априорной оценки профессионального риска среди работников анализируемых профессий свидетельствуют о потенциальном негативном влиянии виброакустических факторов на здоровье работников. При этом отмечены различия в результатах категорирования с использованием данных инструментальных исследований и результатов СОУТ (табл. 1 и 2).

Т а б л и ц а 1

Результаты априорной оценки профессионального риска по фактору «вибрация»

Профессия	Категория риска по данным инструментальных исследований	Категория риска по данным СОУТ
Бурильщик шпуров	Умеренный риск	Малый риск
ГРОЗ	Замеры не проводились	Малый риск
Крепильщик	Замеры не проводились	Малый риск
Машинист ПДМ	Умеренный риск	Средний риск

Т а б л и ц а 2

Результаты априорной оценки профессионального риска по фактору «шум»

Профессия	Категория риска по данным инструментальных исследований	Категория риска по данным СОУТ
Бурильщик шпуров	Замеры не проводились	Средний риск
ГРОЗ	Высокий риск	Средний риск
Крепильщик	Средний риск	Средний риск
Машинист ПДМ	Высокий риск	Средний риск

По данным СОУТ неприемлемые уровни априорного профессионального риска, связанного с воздействием вибрации, отмечены только для машинистов ПДМ, а по данным дополнительных инструментальных исследований – для машинистов ПДМ и бурильщиков шпуров.

Неприемлемые уровни априорного профессионального риска в результате воздействия шума отмечены среди всех анализируемых профессий. При этом по данным инструментальных исследований у ГРОЗ и машинистов ПДМ более высокие уровни риска, в отличие от результатов СОУТ.

Следует отметить, что результаты априорной оценки профессионального риска считаются предварительными, в связи с этим целесообразно дополнить ее данными их апостериорной оценки, которая, в соответствии с Руководством, производится с использованием сведений о состоянии здоровья работников.

Результаты апостериорной оценки профессионального риска развития ВБ (с учетом тяжести, рав-

ной 0,131) в результате воздействия вибрации представлены в табл. 3.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития ВБ, для бурильщика шпуров и машиниста ПДМ по данным апостериорной количественной оценки отнесен к категориям от умеренного до среднего риска. Наиболее высокие уровни риска, отнесенные к категории среднего (выше $1 \cdot 10^{-2}$), регистрируются на первом руднике. Максимальные значения риска составили $1,18 \cdot 10^{-2}$ и $1,37 \cdot 10^{-2}$ для бурильщика шпуров и машиниста ПДМ соответственно.

Результаты апостериорной оценки профессионального риска развития НСТ (с учетом тяжести, равной 0,193) в результате воздействия шума представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 3

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «вибрация» для бурильщиков шпуров и машинистов ПДМ

Рудник	Год	Бурильщик шпуров			Машинист ПДМ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, %	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, %	Риск
№ 1	2013	1	11,24	$1,47 \cdot 10^{-3}$	11	95,65	$1,25 \cdot 10^{-2}$
	2014	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	12	104,35	$1,37 \cdot 10^{-2}$
	2015	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	10	86,96	$1,14 \cdot 10^{-2}$
	2016	7	78,65	$1,03 \cdot 10^{-2}$	-*	-	-
	2017	8	89,89	$1,18 \cdot 10^{-2}$	8	69,57	$9,11 \cdot 10^{-3}$
	2018	6	67,42	$8,83 \cdot 10^{-3}$	6	52,17	$6,83 \cdot 10^{-3}$
	2019	2	22,47	$2,94 \cdot 10^{-3}$	5	43,48	$5,70 \cdot 10^{-3}$
	2020	2	22,47	$2,94 \cdot 10^{-3}$	7	60,87	$7,97 \cdot 10^{-3}$
	2021	1	11,24	$1,47 \cdot 10^{-3}$	6	52,17	$6,83 \cdot 10^{-3}$
	2022	4	44,94	$5,89 \cdot 10^{-3}$	8	69,57	$9,11 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	5	32,68	$4,28 \cdot 10^{-3}$
	2014	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	3	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$
	2015	-*	-	-	9	58,82	$7,71 \cdot 10^{-3}$
	2016	5	49,02	$6,42 \cdot 10^{-3}$	5	32,68	$4,28 \cdot 10^{-3}$
	2017	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	2	13,07	$1,71 \cdot 10^{-3}$
	2018	3	29,41	$3,85 \cdot 10^{-3}$	1	6,54	$8,56 \cdot 10^{-4}$
	2019	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	1	6,54	$8,56 \cdot 10^{-4}$
	2020	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	4	26,14	$3,42 \cdot 10^{-3}$
	2021	2	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$	4	26,14	$3,42 \cdot 10^{-3}$
	2022	1	9,80	$1,28 \cdot 10^{-3}$	3	19,61	$2,57 \cdot 10^{-3}$

Примечание: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Таблица 4

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «шум» для бурильщиков шпуров и ГРОЗ

Рудник	Год	Бурильщик шпуров			ГРОЗ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, %	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, %	Риск
№ 1	2013	-*	-	-	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2014	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2015	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2016	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	2	55,56	$1,07 \cdot 10^{-2}$
	2017	1	11,24	$2,17 \cdot 10^{-3}$	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
	2021	2	22,47	$4,34 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2022	-*	-	-	1	27,78	$5,36 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	1	9,80	$1,89 \cdot 10^{-3}$	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2014	1	9,80	$1,89 \cdot 10^{-3}$	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2015	-*	-	-	1	11,90	$2,30 \cdot 10^{-3}$
	2017	-*	-	-	2	23,81	$4,60 \cdot 10^{-3}$

Примечание: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Результаты апостериорной оценки профессионального риска по фактору «шум» для крепильщика и машиниста ПДМ

Рудник	Год	Крепильщик			Машинист ПДМ		
		Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск	Количество случаев, шт.	Вероятность, ‰	Риск
№ 1	2013	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	4	34,78	$6,71 \cdot 10^{-3}$
	2017	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2018	3	68,18	$1,32 \cdot 10^{-2}$	-*	-	-
	2019	1	22,73	$4,39 \cdot 10^{-3}$	-*	-	-
	2021	-*	-	-	1	8,70	$1,68 \cdot 10^{-3}$
№ 2	2013	-*	-	-	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2014	-*	-	-	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2015	-*	-	-	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2020	-*	-	-	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$
	2022	-*	-	-	1	6,54	$1,26 \cdot 10^{-3}$

Пр и м е ч а н и е: * – за указанный год заболевания не регистрировались.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категории умеренного для бурильщика шпуров. Для ГРОЗ – риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категориям от умеренного до среднего. Наиболее высокие уровни риска, отнесенные к категории среднего (выше $1 \cdot 10^{-2}$), регистрируются на первом руднике. Максимальные значения риска составили $4,34 \cdot 10^{-3}$ и $1,07 \cdot 10^{-2}$ для бурильщика шпуров и ГРОЗ соответственно.

Неприемлемый риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категории умеренного для машиниста ПДМ. Для крепильщика – риск, формируемый в результате развития НСТ, отнесен к категориям от умеренного до среднего. Максимальные значения риска составили $1,32 \cdot 10^{-2}$ и $6,71 \cdot 10^{-3}$ для крепильщика и машиниста ПДМ соответственно. Следует отметить, что наиболее высокие уровни риска при воздействии производственного шума также регистрируются на первом руднике.

В ходе количественной оценки профессионального риска установлено, что недопустимые (выше $1 \cdot 10^{-3}$) уровни профессионального риска, формируемые в результате развития ВБ и НСТ, регистрируются среди всех профессиональных групп, за исключением крепильщиков на втором руднике (в отношении развития НСТ), так как среди них за последние десять лет случаев НСТ не регистрировалось.

Апостериорная количественная оценка профессионального риска, обусловленного развитием таких профессиональных заболеваний, как ВБ и НСТ, в результате воздействия виброакустических факторов подтверждает наличие неприемлемого риска для здоровья работников, установленного по результатам априорной оценки, и уточняет результаты его категорирования.

Выводы. В ходе оценки степени воздействия виброакустических факторов производственной

среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны (на примере предприятия Красноярского края) установлены неприемлемые уровни профессионального риска для здоровья работников, как при априорной оценке профессионального риска, так и по результатам апостериорной количественной оценки профессионального риска. При этом результаты количественной оценки профессионального риска подтверждают и уточняют результаты априорной оценки.

По результатам априорной оценки воздействия вибрации максимальные значения риска отнесены к категории умеренного и среднего риска; по результатам апостериорной оценки – к категории среднего риска. В отношении воздействия производственного шума максимальные значения риска по результатам априорной оценки отнесены к категории высокого риска, по результатам апостериорной оценки – к категории среднего риска.

Максимальные значения риска при воздействии вибрации отмечены среди профессиональной группы «машинист ПДМ» и отнесены к категории среднего риска ($1,37 \cdot 10^{-2}$). При воздействии шума максимальные уровни риска отмечены среди крепильщиков и отнесены к категории среднего риска ($1,32 \cdot 10^{-2}$).

Результаты количественной оценки профессионального риска для здоровья работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны могут быть использованы при планировании мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия виброакустических факторов на здоровье работников.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
2. Прокопенко Л.В., Головкова Н.П., Чеботарёв А.Г. Проблемы оздоровления условий труда, профилактики профессиональных заболеваний на предприятиях ведущих отраслей экономики // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 9. – С. 6–13.
3. Овчинникова Т.И., Потоцкий Е.П., Фирсова В.М. Риск-ориентированный подход при оценке опасностей в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 2–1. – С. 199–208. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-199-208
4. Андруняк И.В. Анализ и оценка риска условий труда машиниста паровых турбин // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2021. – Т. 14, № 5. – С. 520–537. DOI: 10.17516/1999-494X-0330
5. Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера // Горная промышленность. – 2013. – № 5 (111). – С. 77–82.
6. Чеботарёв А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – № 1 (137). – С. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95
7. Спирин В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы) // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 186–196. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.19
8. Чеботарёв А.Г., Курьеров Н.Н. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий // Горная промышленность. – 2020. – № 1. – С. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153
9. Горбанев С.А., Сюрин С.А., Фролова Н.М. Условия труда и профессиональная патология горняков угольных шахт в Арктике // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 452–457. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457
10. Условия труда, профессиональная заболеваемость, риски нарушения здоровья машинистов горных машин на карьерах / Л.В. Прокопенко, А.Г. Чеботарёв, Н.П. Головкова, Л.М. Лескина, С.П. Николаев // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 6. – С. 403–411. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411
11. Рукавишников В.С., Семенихин В.А. Профессиональная заболеваемость у работающих в Сибири: основные тенденции и проблемы // Здоровье и безопасность на рабочем месте: Материалы III международного научно-практического форума. – 2019. – Т. 1, Вып. 3. – С. 278–281. DOI: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-278-281
12. Whole-body vibration and back pain-related work absence among heavy equipment vehicle mining operators / L.H. Barrero, M. Cifuentes, A.C. Rodríguez, E. Rey-Becerra, P.W. Johnson, L.S. Marin, H. Piedrahita, J.T. Dennerlein // Occup. Environ. Med. – 2019. – Vol. 76, № 8. – P. 554–559. DOI: 10.1136/oemed-2019-105914
13. Медицина труда работников подземных профессий производства добычи полиметаллических медноцинковых 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
14. Risk assessment of recordable occupational hearing loss in the mining industry / K. Sun, A.S. Azman, H.E. Camargo, P.G. Dempsey // Int. J. Audiol. – 2019. – Vol. 58, № 11. – P. 761–768. DOI: 10.1080/14992027.2019.1622041
15. Lawson S.M., Masterson E.A., Azman A.S. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006–2015 // Am. J. Ind. Med. – 2019. – Vol. 62, № 10. – P. 826–837. DOI: 10.1002/ajim.23031
16. Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications / K. Kia, S.M. Fitch, S.A. Newsom, J.H. Kim // Applied ergonomics. – 2020. – Vol. 85, № 5. – P. 103065. DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103065
17. Сюрин С.А. Риски здоровью при добыче полезных ископаемых в Арктике // Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО. – 2020. – № 11 (332). – С. 55–61. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61
18. Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – № 5 (141). – С. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
19. Gul M. A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions // Human and Ecological Risk Assessment. – 2018. – Vol. 24, № 7. – P. 1723–1760. DOI: 10.1080/10807039.2018.1424531
20. Rudakov M., Gridina E., Kretschmann J. Risk-based thinking as a basis for efficient occupational safety management in the mining industry // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, № 2. – P. 1–14. DOI: 10.3390/su13020470

Оценка степени воздействия виброакустических факторов производственной среды на работников горнодобывающей промышленности Арктической зоны / А.Г. Фадеев, Д.В. Горяев, П.З. Шур, В.А. Фокин // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 96–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.09



Research article

ASSESSING DEGREE OF EXPOSURE TO VIBROACOUSTIC OCCUPATIONAL FACTORS FOR MINING INDUSTRY WORKERS IN ARCTIC ZONE

A.G. Fadeev¹, D.V. Goryaev¹, P.Z. Shur², V.A. Fokin²

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

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

Assessment of occupational health risks for workers with basic mining occupations including those exposed to elevated levels of vibroacoustic factors remains a topical issue. Given that, the aim of this study was to assess degree of exposure to occupational vibroacoustic factors and its effects on mining industry workers in the Arctic zone using occupational risk as a basic criterion.

Prior risk assessment relied on results of hygienic assessment of vibroacoustic factors according to data derived by the Special Assessment of Working Conditions (SAWC) and verified by instrumental research. Posterior risk quantification was performed using data on occupational incidence among workers over the last 10 years considering their numbers.

Unacceptable prior occupational risks caused by exposure to noise were detected for all analyzed occupations. According to instrumental research, risks levels higher than those identified by SAWC were detected for open face miners and cargo handling machine operators. According to SAWC data, unacceptable prior occupational risks caused by exposure to vibration were identified only for cargo handling machine operators; additional instrumental research identified such levels of occupational risks for them as well but also for blast hole drillers. Occupational risk quantification established that unacceptable (above $1 \cdot 10^{-3}$) levels of occupational risk caused by vibration disease (VD) and sensorineural hearing loss (SHL) were detected in all analyzed occupational groups. The highest risk levels caused by exposure to vibration were identified for such an occupational group as 'cargo handling machine operators' and ranked as 'average' ($1.37 \cdot 10^{-2}$). The highest risk levels caused by exposure to noise were identified for timbermen and were also ranked as 'average' ($1.32 \cdot 10^{-2}$).

Results obtained by quantification of occupational health risks for mining industry workers in the Arctic zone refine results of prior assessment can be applied in planning activities aimed at mitigating health risks for workers caused by exposure to vibroacoustic factors.

Keywords: vibroacoustic factors, noise, quantification, occupational risks, categorization, mining industry workers, Arctic zone, cargo handling machine operators.

References

1. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532 (in Russian).
2. Prokopenko L.V., Golovkova N.P., Tchebotaryov A.G. Problems of more healthy work conditions, occupational diseases prevention on enterprises of major economic branches. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 9, pp. 6–13 (in Russian).
3. Ovchinnikova T.I., Pototskiy E.P., Firsova V.M. Risk-based approach to hazard assessment in the mining industry. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2021, no. 2–1, pp. 199–208. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-199-208 (in Russian).
4. Andrunyak I.V. Analysis and risk assessment of the working conditions of a steam turbine operator. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2021, vol. 14, no. 5, pp. 520–537. DOI: 10.17516/1999-494H-0330 (in Russian).

© Fadeev A.G., Goryaev D.V., Shur P.Z., Fokin V.A., 2023

Aleksei G. Fadeev – Head of the Department for Supervision of Working Conditions (e-mail: onut@24.rosпотребнадзор.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.rosпотребнадзор.ru; tel.: +7 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

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>).

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>).

5. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Occupational health care problems of mines in Siberia and the Extreme North. *Gornaya promyshlennost'*, 2013, no. 5 (111), pp. 77–82 (in Russian).
6. Chebotarev A.G. Working environment and occupational morbidity of mine personnel. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, no. 1 (137), pp. 92–95. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95 (in Russian).
7. Spirin V.F., Starshov A.M. On certain issues related to chronic exposure to occupational noise and impacts exerted by it on workers' bodies (literature review). *Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 186–196. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.19.eng
8. Chebotarev A.G., Courierov N.N. Hygienic assessment of noise and vibration affecting workers at mining operations. *Gornaya promyshlennost'*, 2020, no. 1, pp. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153 (in Russian).
9. Gorbanev S.A., Syurin S.A., Frolova N.M. Working conditions and occupational pathology of coal miners in the Arctic. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 8, pp. 452–457. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-452-457 (in Russian).
10. Prokopenko L.V., Chebotarev A.G., Golovkova N.P., Leskina L.M., Nikolaev S.P. Working conditions, occupational morbidity, risks of violation health of drivers of mining machines in quarries. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 6, pp. 403–411. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411 (in Russian).
11. Rukavishnikov V.S., Semenikhin V.A. Occupational morbidity in workers in Siberia: main trends and problems. *Zdorov'e i bezopasnost' na rabochem meste: Materialy III mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma*, 2019, vol. 1, iss. 3, pp. 278–281. DOI: 10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-278-281 (in Russian).
12. Barrero L.H., Cifuentes M., Rodríguez A.C., Rey-Becerra E., Johnson P.W., Marin L.S., Piedrahita H., Dennerlein J.T. Whole-body vibration and back pain-related work absence among heavy equipment vehicle mining operators. *Occup. Environ. Med.*, 2019, vol. 76, no. 8, pp. 554–559. DOI: 10.1136/oemed-2019-105914
13. Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Volgareva A.D., Muldasheva N.A. Occupational health of workers in underground occupations producing polymetallic copperzinc ores. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 5, pp. 9–23. DOI: 10.33920/med-08-2005-01 (in Russian).
14. Sun K., Azman A.S., Camargo H.E., Dempsey P.G. Risk assessment of recordable occupational hearing loss in the mining industry. *Int. J. Audiol.*, 2019, vol. 58, no. 11, pp. 761–768. DOI: 10.1080/14992027.2019.1622041
15. Lawson S.M., Masterson E.A., Azman A.S. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006–2015. *Am. J. Ind. Med.*, 2019, vol. 62, no. 10, pp. 826–837. DOI: 10.1002/ajim.23031
16. Kia K., Fitch S.M., Newsom S.A., Kim J.H. Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. *Applied ergonomics*, 2020, vol. 85, no. 5, pp. 103065. DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103065
17. Syurin S.A. Health risks of mining in the Arctic. *ZNiSO*, 2020, no. 11 (332), pp. 55–61. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-55-61 (in Russian).
18. 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, no. 5 (141), pp. 33–35. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35 (in Russian).
19. Gul M. A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2018, vol. 24, no. 7, pp. 1723–1760. DOI: 10.1080/10807039.2018.1424531
20. Rudakov M., Gridina E., Kretschmann J. Risk-based thinking as a basis for efficient occupational safety management in the mining industry. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 1–14. DOI: 10.3390/su13020470

Fadeev A.G., Goryaev D.V., Shur P.Z., Fokin V.A. Assessing degree of exposure to vibroacoustic occupational factors for mining industry workers in Arctic zone. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 96–103. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.09.eng

Получена: 12.10.2023

Одобрена: 05.12.2023

Принята к публикации: 20.12.2023