



Гигиеническая оценка параметров вибраций карьерных экскаваторов при разработке железорудных месторождений на территории Арктической зоны Российской Федерации

А.Н. Никанов¹, В.П. Чашин¹, Н.М. Фролова¹, В.В. Смирнов¹, Н.И. Куприна¹, А.Б. Гудков², О.Н. Попова²

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, Троицкий пр., д. 51, г. Архангельск, 163061, Российская Федерация

Резюме

Введение. Арктическая зона Российской Федерации является одним из наименее экономически освоенных регионов, несмотря на то что ее ресурсный потенциал оценивается чрезвычайно высоко. Одним из наиболее многочисленных контингентов, постоянно подвергающихся воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, являются работники горнодобывающих предприятий.

Цель исследования: определение уровней вибрации на пульте управления и сиденье машинистов карьерных экскаваторов, занятых экскавацией горной массы на железорудных карьерах Арктической зоны Российской Федерации.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка локальной и общей вибрации проведена на рабочих местах машинистов карьерных экскаваторов ЭКГ-10, ЭКГ-8И, ЭКГ-5А, занятых добычей железной руды.

Результаты. Установлено, что условия труда машинистов экскаваторов по общей вибрации соответствуют в 61,5 % случаев измерений 3-му классу (вредный), в том числе класс 3.1 (вредный 1-й степени) имеют машинисты 53,8 % машин и класс 3.2 – 7,7 %. Наиболее выраженное превышение ПДУ общей технологической вибрации выявлено в низкочастотном диапазоне – на частоте 2 Гц, а также 4 и 8 Гц. Отмечено, что параметры локальной вибрации не превышали предельно допустимых значений.

Выводы. Оценка параметров вибрационного фактора на рабочих местах машинистов карьерных экскаваторов при выполнении работ по открытой добыче железной руды свидетельствует о наличии параметров общей вибрации, превышающих ПДУ, при соблюдении нормируемых величин по локальной вибрации.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, горное карьерное оборудование, общая и локальная вибрации

Для цитирования: Никанов А.Н., Чашин В.П., Фролова Н.М., Смирнов В.В., Куприна Н.И., Гудков А.Б., Попова О.Н. Гигиеническая оценка параметров вибраций карьерных экскаваторов при разработке железорудных месторождений на территории Арктической зоны Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 10. С. 36–43. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-10-36-43

Hygienic Assessment of Vibration Levels of Quarry Excavators Used for Iron Mining in the Arctic Zone of the Russian Federation

Alexander N. Nikanov,¹ Valery P. Chashchin,¹ Nina M. Frolova,¹ Vladimir V. Smirnov,¹
Nadezda I. Kuprina,¹ Andrei B. Gudkov,² Olga N. Popova²

¹ North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² Northern State Medical University, 51 Troitsky Avenue, Arkhangelsk, 163061, Russian Federation

Summary

Introduction: The Arctic Zone of the Russian Federation is one of the least economically developed regions, despite the fact that its resource potential is highly estimated. Miners are among the most numerous contingents constantly exposed to combined occupational risk factors.

Our objective was to measure vibration levels of the control panel and driver's seat in excavators used for iron ore mining in the Arctic zone of the Russian Federation.

Materials and methods: Hand-arm and whole-body vibration levels were measured at the workplaces of EKG-10, EKG-8I, and EKG-5A excavator drivers engaged in iron ore mining.

Results: We established that in terms of whole-body vibration of excavator operators, 61.5 % of measurements corresponded to Class 3 (harmful) working conditions, including Class 3.1 (harmful, degree 1) for operators of 53.8 % of the machines and Class 3.2 – of 7.7 %. The most pronounced excess of the occupational vibration exposure limit was noted in the low-frequency range of 2 Hz, as well as 4 and 8 Hz. We noted that hand-arm vibration levels were still below the permissible limit.

Conclusion: Vibration measurements at workplaces of the iron quarry excavator drivers show elevated whole-body but normal hand-arm vibration levels.

Keywords: Arctic Zone of the Russian Federation, open-pit mining machinery, whole-body and hand-arm vibration.

For citation: Nikanov AN, Chashchin VP, Frolova NM, Smirnov VV, Kuprina NI, Gudkov AB, Popova ON. Hygienic assessment of vibration levels of quarry excavators used for iron mining in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(10):36–43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-10-36-43

Введение. Специфика промышленности северных территорий Российской Федерации характеризуется сырьевой направленностью, которая связана с добычей и переработкой полезных ископаемых как для внутренних потребностей страны, так и для экспорта. По запасам железной руды Россия занимает ведущее место в мире, уступая только Бразилии. Месторождения железных руд на территории европейской части Арктической зоны Российской Федерации (АЗ РФ) представлены всеми генетическими типами, в том числе метаморфогенными месторождениями железистых кварцитов, которые сосредоточены на Кольском полуострове (Оленегорское месторождение). Залежи руды отличаются значительной глубиной залегания (рудное тело уходит на глубину до 800 м), имеют содержание железа в среднем 30 %, характеризуются большой прочностью и сложным минеральным составом [1–3]. АЗ РФ является одним из наименее экономически освоенных регионов, несмотря на то что ее ресурсный потенциал оценивается чрезвычайно высоко. Утвержденные Президентом РФ «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» определили перспективу освоения арктических районов и их устойчивое экономическое развитие. Одним из наиболее многочисленных контингентов, постоянно подвергающихся воздействию комплекса неблагоприятных климатогеографических и производственных факторов, являются работники горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу и переработку руд полезных ископаемых подземным и открытым способами [4–7].

Сложность задач по эффективной профилактике заболеваний у работников основных профессий предприятий горнодобывающей промышленности, расположенных в холодных климатических районах АЗ РФ, обусловлена возможностью сочетанного воздействия на организм вредных производственных и неблагоприятных климатических факторов. Профессиональные заболевания от воздействия комплекса физических факторов, в частности вибрации, шума, охлаждающего микроклимата и физического перенапряжения, являются ведущими формами профессиональной патологии. Наиболее часто профессиональные заболевания формируются у проходчиков, бурильщиков и реже – у водителей большегрузных карьерных автомобилей и машинистов экскаваторов. Существующие в настоящее время условия труда при разработке рудных месторождений АЗ РФ способствуют развитию преимущественно патологии костно-мышечной и периферической нервной систем, вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости [8–12].

Трудовая деятельность в основных профессиях при добыче руд полезных ископаемых связана с постоянным наличием потенциально опасных и вредных производственных факторов для здоровья работающих, и это всегда создает ту или иную степень реального риска формирования профессиональных заболеваний. В литературных источниках достаточно много сведений, характе-

ризующих условия труда машинистов экскаваторов типа ЭКГ, которые применяются при разработке полезных ископаемых открытым способом на всех горнодобывающих предприятиях, в том числе в Арктической зоне Российской Федерации. При этом указывается, что на горнодобывающих предприятиях горнохимической промышленности Мурманской области параметры общей вибрации по осям X, Y превышают в экскаваторах от 1 до 6 дБ и по оси Z от 6 до 24 дБ. [5, 11, 13–16]. В то же время отсутствует объективная информация об условиях труда на рабочих местах машинистов карьерных экскаваторов, занятых разработкой железорудных месторождений на территории Кольского полуострова. В санитарно-гигиенических характеристиках условий труда машинистов экскаваторов, поступающих в клинику профпатологии для решения экспертных вопросов связи предварительных диагнозов профзаболеваний с воздействием локальной и общей вибрации, представлены в большинстве случаев параметры вибрации ниже предельно допустимых уровней.

Цель исследования – определение уровней вибрации на пульте управления и сиденье машинистов карьерных экскаваторов, занятых экскавацией горной массы на железорудных карьерах Арктической зоны Российской Федерации.

Материалы и методы. Исследования проведены на горнодобывающем предприятии, осуществляющем разработку пяти месторождений железных руд на территории Кольского полуострова. Основной товарной продукцией является железорудный концентрат, поставляемый потребителям железнодорожным транспортом. На открытых горных работах бурение взрывных скважин производится станками шарошечного бурения СБШ-250МН. После производства массовых взрывов карьерными экскаваторами ЭКГ-8И и ЭКГ-10 осуществляется погрузка горной массы в большегрузные автосамосвалы БелАЗ грузоподъемностью от 120 до 136 тонн. Горная масса карьерными автосамосвалами доставляется к местам разгрузки: внутренние и внешние отвалы, рудные и породные перегрузочные склады, бункера корпуса крупного дробления. На перегрузочных складах погрузка горной массы осуществляется экскаваторами ЭКГ-5А и ЭКГ-8И в думпкары (вагон-самосвал, предназначенный для транспортировки и механизированной разгрузки сыпучих грузов).

Гигиеническая оценка локальной и общей вибрации проведена в течение 2019 года (июль – август) на рабочих местах машинистов 12 карьерных экскаваторов ЭКГ-10, ЭКГ-8И, ЭКГ-5А, занятых погрузкой горной массы на одном из разрабатываемых месторождений. В исследованиях использованы приборы контроля интенсивности производственных факторов и информативные гигиенические критерии оценки степени их вредности и опасности: виброметр и анализатор спектра «Алгоритм-02». Гигиеническая оценка локальной и общей вибрации проведена на рабочих местах машинистов экскаваторов: а) методом частотного

(спектрального) анализа фактических значений логарифмических уровней виброускорения в диапазоне частот 8–1000 Гц (локальная вибрация и 2–63 Гц (общая вибрация)); б) интегральной оценкой с учетом времени воздействия – по эквивалентному скорректированному значению виброускорения и сравнения этого параметра с ПДУ.

Для оценки параметров локальной вибрации, воздействующей на машинистов экскаваторов, замеры в диапазоне частот осуществляли на рычагах пульта управления в октавных полосах частот от 8 до 1000 Гц при команде контроллера напора и команде контроллера подъема. Замеры параметров общей вибрации на рабочем месте машиниста экскаватора проводили при процессах перегрузки горной массы (перелопачивании), погрузке в карьерные большегрузные автомобили БелАЗ или в железнодорожные составы. Рассчитывали эквивалентное скорректированное значение виброускорения, принимая во внимание тот факт, что для общей вибрации категории 2 (транспортно-технологической – при работе экскаваторов) значения весовых коэффициентов для направлений X, Y принимаются равными значениям для направления Z. Полученные результаты обработаны методом описательной статистики. Результаты измерений представлены для каждого рабочего места по осям X, Y, Z (дБ). Рассчитывался удельный вес (%) рабочих мест, на которых было установлено несоответствие требованиям санитарных правил и норм.

Градации условий труда по степени вредности и опасности устанавливались в зависимости от превышения фактического значения уровня исследуемого фактора над нормативной величиной – предельно допустимым уровнем (ПДУ). С учетом превышения фактического эквивалентного скорректированного значения локальной и общей вибраций над величиной ПДУ устанавливали класс вредности условий труда по вибрационному фактору согласно Руководству Р 2.2.2006–05¹.

Результаты. Анализ хронометражных наблюдений за выполнением сменных заданий машинистом карьерного экскаватора показал, что в его обязанности входят подготовительно-заключительные, вспомогательные и основные виды работ, связанные с управлением экскаватора в процессе погрузки горной массы в технологический транспорт, а также в процессе передвижения экскаватора, регулирования ходовых механизмов, проверка устройства автоматической защиты, проверка заземления и исправности работы электрокоммуникационных аппаратов, смазка механизмов, подключение электрического кабеля и т. д. Выполнение основных видов работ, связанных с перелопачиванием и погрузкой руды в транспорт, занимает до 85 % времени смены. Работа ведется круглосуточно в три смены по скользящему графику. В обслуживании карьерного экскаватора принимают участие машинист экскаватора и помощник машиниста.

При проведении работ, связанных с погрузкой горной массы в автомобильный или железнодорожный транспорт, параметры локальной вибрации (логарифмические уровни виброускорения в нормируемом диапазоне частот и эквивалентные скорректированные уровни виброускорения) на рычагах пульта управления не превышали ПДУ, что позволяет отнести условия труда машинистов экскаваторов по уровню локальной вибрации к допустимым – 2-й класс (табл. 1).

На машиниста экскаватора в большей степени действует среднечастотная вибрация в диапазоне частот 31,5–63 Гц через рычаги пульта управления экскавацией в режиме команды контроллера напора и в меньшей степени в режиме команды контроллера подъема.

Оценка параметров вибрационного фактора при выполнении горных работ на рабочих местах машинистов карьерных экскаваторов свидетельствует о наличии параметров общей вибрации, превышающих ПДУ (табл. 2).

При работе различных типов экскаваторов, применяющихся при открытой разработке железорудных месторождений, возникает транспортно-технологическая вибрация, передаваемая на рабочее место машиниста экскаватора с распространением основной энергии в полосе среднегеометрических частот 2–8 Гц. В ряде случаев имеют место превышения допустимых величин виброскорости на 2–11 дБ на низкой частоте 2 Гц (ЭКГ-10), на 1–6 дБ на средней частоте 8 Гц (ЭКГ-10 и ЭКГ-5А). Эквивалентный по энергии скорректированный уровень виброскорости в 58,3 % случаев измерений по направлениям осей X, Y, Z превышал допустимые значения. В 83,3 % случаев измерений зарегистрированы превышения эквивалентного скорректированного уровня по оси Y (ПДУ = 106 дБ), 66,7 % измерений – по оси X (ПДУ = 106 дБ) и 25,0 % – по оси Z (ПДУ = 109 дБ).

Анализ параметров общей вибрации на сиденье машинистов экскаваторов (ЭКГ-10, ЭКГ-8И, ЭКГ-5А) позволил классифицировать допустимые условия труда (2-й класс) в 16,7 % случаев измерений, вредные – в 83,3 %, в т. ч. 3.1 класс – 75,0 % и 3.2 класс – 8,3 %.

Таким образом, условия труда по результатам оценки параметров общей вибрации на рабочем месте (сиденье) машиниста карьерного экскаватора оцениваются в основном как вредные (3-й класс 1–2-й степени).

Обсуждение. Зафиксированные уровни локальной и общей вибрации на рабочих местах машинистов экскаваторов на железорудных карьерах с соответствующими классами вредности условий труда вполне сопоставимы с результатами других исследований в горнодобывающей промышленности, описывающих разработку месторождения руд полезных ископаемых открытым способом [15–18]. В то же время исследования по оценке условий труда горнорабочих при разработке медно-колчеданных и апатитонепелиновых месторождений показали,

¹ 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.

Таблица 1. Гигиеническая оценка локальной вибрации при управлении карьерным экскаватором**Table 1. Hygienic assessment of hand-arm vibration levels of quarry excavator drivers**

Горная машина / Excavator	Ось измерения / Axis of measurement	Значение виброускорения (дБ) по осям X, Y, Z среднегеометрических частот октавных полос (Гц) / The value of vibration acceleration (dB) along the X, Y, Z axes of the average geometric frequencies of octave bands (Hz)								Экв. корр. уровень, Дб / Equivalent corrected level, Db	Класс условий труда / Class of working conditions
		8	16	31,5	63	125	250	500	1000		
ПДУ / ELV	X, Y, Z									126	–
Погрузка руды в карьерные самосвалы БЕЛАЗ. Пульт управления – команда контроллера напора / Ore loading into BELAZ dump trucks. Control panel – head controller command											
ЭКГ-10 / EKG-10	X	102	103	118	94	101	104	112	122	117	2
	Y	101	104	112	107	111	111	115	123	112	2
	Z	102	101	112	96	105	104	109	119	112	2
Пульт управления – команда контроллера подъема / Control panel – lifting controller command											
ЭКГ-10 / EKG-10	X	104	104	100	89	98	93	106	114	106	2
	Y	98	104	105	100	105	97	98	113	107	2
	Z	99	106	92	89	96	92	104	111	106	2
Перегрузка руды. Пульт управления – команда контроллера напора / Ore shoveling. Control panel – head controller command											
ЭКГ-8И / EKG-8I	X	111	116	101	108	107	103	106	120	115	2
	Y	113	117	102	107	105	105	109	121	115	2
	Z	107	108	105	106	107	102	105	117	108	2
Пульт управления – команда контроллера подъема / Control panel – lifting controller command											
ЭКГ-8И / EKG-8I	X	106	107	112	110	107	100	105	106	114	2
	Y	111	109	112	107	101	99	96	104	116	2
	Z	105	108	106	109	99	99	97	99	112	2
Перегрузка руды в железнодорожный состав. Пульт управления – команда контроллера напора / Ore reloading into a railway train. Control panel – head controller command											
ЭКГ-5А / EKG-5A	X	105	114	118	116	108	107	115	118	118	2
	Y	105	113	122	118	113	113	117	117	120	2
	Z	107	113	121	119	112	109	116	115	119	2
Пульт управления – команда контроллера подъема / Control panel – lifting controller command											
ЭКГ-5А / EKG-5A	X	108	115	115	114	113	107	120	122	120	2
	Y	103	108	112	119	111	108	121	123	115	2
	Z	107	109	116	119	114	112	118	120	114	2

что на рабочих местах машинистов экскаваторов ЭКГ-4,6, ЭКГ-8И и ЭКГ-10 параметры общей транспортно-технологической вибрации не превышали ПДУ [4, 10]. Различия в результатах исследований вибрации на карьерных экскаваторах зависят как от технического состояния самой техники, так и длительности ее эксплуатации в производственных условиях [18–20]. Условия труда по параметрам общей вибрации рабочих мест машинистов экскаваторов преимущественно соответствуют 3-му классу (вредный 1–2-й степени). Выполнение добычных работ по экскавации полезных ископаемых в профессии машиниста экскаватора в условиях воздействия низкочастотной общей вибрации может вызывать стойкие функциональные нарушения, которые в дальнейшем формируются в профессионально обусловленные заболевания, а в отдельных случаях и ранние признаки профессиональных заболеваний [17, 18, 21–23].

Таким образом, гигиеническая оценка параметров общей транспортно-технологической вибрации на карьерных экскаваторах указывает на необходимость применения мер индивидуальной и коллективной защиты работающих от воздействия

данного вредного фактора и разработки профилактических мероприятий.

Выводы

1. Гигиеническая оценка параметров транспортно-технологической вибрации на рабочих местах машинистов карьерных экскаваторов при разработке железорудных месторождений показывает, что распространение основной энергии происходит в полосе среднегеометрических частот 2–8 Гц с превышением допустимых величин виброскорости на 2–11 дБ.

2. Условия труда по результатам оценки параметров общей вибрации на рабочем месте машиниста карьерного экскаватора оцениваются в основном как вредные (3-й класс 1–2-й степени).

3. Профессиональная деятельность в условиях длительного воздействия низкочастотной общей вибрации может вызвать нарушения здоровья, которые в дальнейшем способствуют развитию временной или стойкой утраты трудоспособности.

4. Выявленные превышения допустимых уровней общей вибрации диктуют необходимость разработки организационно-оздоровительных мероприятий и применения технологических и технических

Таблица 2. Гигиеническая оценка общей вибрации рабочих мест машинистов карьерных экскаваторов

Table 2. Hygienic assessment of whole-body vibration levels of quarry excavator drivers

Ось измерения / Axis of measurement	Значение виброускорения (дБ) по осям X, Y, Z среднегеометрических частот октавных полос (Гц) / The value of vibration acceleration (dB) along the X, Y, Z axes of the average geometric frequencies of octave bands (Hz)						Экв. коррект. уровень, дБ / Equivalent corrected level, Db	Превышение ПДУ, дБ / Excess of ELV, Db	Класс усло- вий труда / Class of working conditions	
	2	4	8	16	31,5	63				
ПДУ (общая вибрация категории 2 – транспортно-технологическая) / Exposure limit value (category 2 whole-body vibration – transport technology)										
X, Y, Z							106 109	–	2	
Погрузка руды в карьерные самосвалы БЕЛАЗ / Ore loading into BELAZ dump trucks										
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 9	X	116	103	104	107	114	107	113	7	3.1
	Y	114	101	104	105	116	110	112	6	3.1
	Z	114	93	98	113	105	101	112	3	3.1
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 8	X	123	101	105	102	96	90	120	14	3.2
	Y	123	99	99	97	91	85	120	14	3.2
	Z	123	109	106	106	97	87	120	11	3.2
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 13	X	100	99	115	111	102	99	115	9	3.1
	Y	101	102	110	103	103	98	111	5	3.1
	Z	95	102	107	108	110	98	110	1	3.1
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 4	X	95	104	105	101	110	94	107	1	3.1
	Y	97	112	101	102	102	91	112	6	3.1
	Z	84	95	101	105	109	95	104	–	2
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 5	X	110	106	105	102	102	97	111	5	3.1
	Y	108	105	102	101	101	92	109	3	3.1
	Z	105	100	96	98	97	93	105	–	2
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 11	X	95	103	104	103	108	105	107	1	3.1
	Y	97	97	109	104	104	103	109	3	3.1
	Z	88	96	104	98	105	100	105	–	2
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 12	X	96	98	75	92	94	89	99	–	2
	Y	102	89	83	87	92	89	99	–	2
	Z	91	86	79	93	89	89	92	–	2
ЭКГ-10 / ЕКГ-10 № 7	X	86	95	97	96	114	105	104	–	2
	Y	96	89	96	95	104	100	99	–	2
	Z	88	85	88	103	108	94	100	–	2
ЭКГ-8И / ЕКГ-8И № 19	X	97	100	104	104	104	97	106	–	2
	Y	98	104	108	106	106	94	110	4	3.1
	Z	98	100	101	104	103	103	104	–	2
Рудная перегрузка (перелопачивание руды) / Ore shoveling										
ЭКГ-8И / ЕКГ-8И № 23	X	105	104	103	108	104	105	108	2	3.1
	Y	101	106	106	107	107	96	110	4	3.1
	Z	96	104	105	103	99	98	108	–	2
Погрузка руды в железнодорожный состав / Loading of ore into a railway train										
ЭКГ-8И / ЕКГ-8И № 24	X	99	100	101	99	106	107	105	–	2
	Y	100	107	102	102	102	104	109	3	3.1
	Z	92	99	99	103	105	96	104	–	2
ЭКГ-5А / ЕКГ-5А № 68	X	102	103	106	105	106	108	109	3	3.1
	Y	97	103	114	106	108	107	114	8	3.1
	Z	98	101	104	100	103	103	106	–	2

решений в снижении вибрационного воздействия на организм машинистов экскаваторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбанев С.А., Никанов А.Н., Чашин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и

промышленная экология. 2017. № 9. С. 50–51. EDN: ZFQIXR

2. Коклянов Е.Б., Карначев И.П., Никанов А.Н., Терещенко В.С. Некоторые аспекты устойчивого функционирования в трудоохранной сфере российских горнодобывающих предприятий Баренц-региона // Горный журнал. 2017. № 2. С. 87–91. doi: 10.17580/gzh.2017.02.17. EDN: VUWNYG

3. 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
4. Никанов А.Н., Гудков А.Б., Попова О.Н., Чашин В.П., Пешкова А.П., Мироновская А.В. Условия труда при добыче и переработке редкоземельных металлов в Арктической зоне Российской Федерации // *Журнал медико-биологических исследований*. 2019. Т. 7. № 4. С. 444–551. doi: 10.17238/issn 2542-1298.2019.7.4.444. EDN: VYQUOV
5. Свидовый В.И., Агилевич А.А., Никанов А.Н. Гигиеническая оценка условий труда водителей внутрикарьерного транспорта Кольского Заполярья // *Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2005. Т. 6. № 3. С. 191–192. EDN: NTLHTP
6. Страшикова Т.Н., Олещенко А.М., Суржилов Д.В., Кислицина В.В. Оценка условий труда работников предприятия по добыче железной руды // *Санитарный врач*. 2019. № 8. С. 23–30. EDN: IIKVPT
7. Smets MP, Eger TR, Grenier SG. Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: a comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. *Appl Ergon*. 2010;41(6):763–70. doi: 10.1016/j.apergo.2010.01.002
8. Горбанев С.А., Сюрин С.А. Профессиональная патология при добыче железной руды в Кольском Заполярье // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 6. С. 625–630. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-625-630. EDN QRHXPM
9. Чистова Н.П., Маснавиева Л.Б., Кудяева И.В. Вибрационная болезнь: дозостажевые характеристики и особенности клинической картины при воздействии локальной вибрации и сочетанном воздействии локальной и общей вибрации // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. Т. 29. № 12. С. 30–35. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-30-35. EDN IBZXSX
10. Скрипаль Б.А., Чашин В.П., Гудков А.Б., Никанов А.Н., Дядик Н.В. Профессиональный риск в горно-химической промышленности Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук, 2020. 129 с. doi: 10.37614/978.5.91137.444.0. EDN WEAANP
11. Yan M, Zheng H, Yan R, et al. Vinculin identified as a potential biomarker in hand-arm vibration syndrome based on iTRAQ and LC-MS/MS-based proteomic analysis. *J Proteome Res*. 2023;22(8):2714–2726. doi: 10.1021/acs.jproteome.3c00277
12. Burström L, Hyvärinen V, Johnsen M, Pettersson H. Exposure to whole-body vibration in open-cast mines in the Barents region. *Int J Circumpolar Health*. 2016;75:29373. doi: 10.3402/ijch.v75.29373
13. Burström L, Aminoff A, Björ B, et al. Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017;30(4):553–564. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00975
14. Skandfer M, Talykova L, Brenn T, Nilsson T, Vaktshjold A. Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics. *Ergonomics*. 2014;57(10):1541–8. doi: 10.1080/00140139.2014.904005
15. Дьякович М.П., Рукавишников В.С., Панков В.А., Лахман О.Л., Кулешова М.В. Обоснование использования показателей неспецифического звена патогенеза и дозы воздействия локальной вибрации при прогнозировании риска развития вибрационной болезни // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 10. С. 1049–1055. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1049-1055
16. Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А., Фагамова А.З., Шаповал И.В., Волгарева А.Д., Ларионова Э.А. Профессиональный риск для здоровья работников основных профессий предприятий по добыче медно-цинковых руд: оценка и управление // *Анализ риска здоровья*. 2022. № 2. С. 107–118. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.10
17. Сюрин С.А. Особенности развития вибрационной болезни у работников предприятий в Российской Арктике // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 5. С. 57–64. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-57-64
18. Прокопенко Л.В., Чеботарев А.Г., Головкова Н.П., Лескина Л.М., Николаев С.П. Условия труда, профессиональная заболеваемость, риски нарушения здоровья машинистов горных машин на карьерах // *Медицина труда и промышленная экология*. 2022. Т. 62. № 6. С. 403–411. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-403411
19. Никанов А.Н., Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Мироновская А.В. Оценка вибрации буровых станков при разработке железорудных месторождений в Арктической зоне Российской Федерации // *Журнал медико-биологических исследований*. 2020. Т. 8. № 3. С. 258–268. doi: 10.37482/2687-1491-2017
20. Syurin SA, Kovshov AA, Talykova LV, Odland JØ. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int J Circumpolar Health*. 2022;81(1):2059175. doi: 10.1080/22423982.2022.2059175
21. Волгарева А.Д., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Гимранова Г.Г., Фагамова А.З., Бейгул Н.А. Риск развития профессиональной тугоухости у работников, занятых добычей полезных ископаемых и меры по его минимизации. *Безопасность и охрана труда*. 2022. № 4 (93). С. 40–43. doi: 10.54904/52952_2022_4_40. EDN GATVHZ
22. Быков В.Р., Талыкова Л.В., Михалёва В.С. Риск развития болезней системы кровообращения у работников открытого рудника Северо-Западной фосфорной компании в условиях Арктики // *Экология человека*. 2017. № 11. С. 29–33.
23. Бойко И.В., Чистяков Н.Д., Тищенко А.Б. и др. Профилактика производственно-обусловленных заболеваний на предприятиях Северо-Запада России, осуществляющих добычу и переработку полезных ископаемых // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2022. Т. 17. № 1. С. 331–338. EDN JIVXYF

REFERENCES

1. Gorbaney SA, Nikanov AN, Chashchin VP. Occupational medicine challenges in Russian Arctic area. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017;(9):50–51. (In Russ.)
2. Koklyanov EB, Karmachev IP, Nikanov AN, Tereshchenko VS. Some aspects of sustainable labor protection at Russian mining companies within the Barents Region. *Gornyy Zhurnal*. 2017;(2):87–91. (In Russ.) doi: 10.17580/gzh.2017.02.17
3. Syurin SA, Gorbaney SA. Production vibration and vibration-related pathology at enterprises in the Arctic. *Rossiyskaya Arktika*. 2019;(6):28–36. (In Russ.) doi: 10.24411/2658-4255-2019-10064
4. Nikanov AN, Gudkov AB, Popova ON, Chashchin VP, Peshkova AP, Mironovskaya AV. Working conditions at mining and processing of rare-earth metals in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2019;7(4):444–551. (In Russ.) doi: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.444
5. Svidovy VI, Agilevich AA, Nikanov AN. Hygienic evaluation of labor conditions in intra-quarry drivers of Kola Zapolyarie. *Vestnik Sankt-Peterburgskoy Gosudarstvennoy Meditsinskoy Akademii im. I.I. Mechnikova*. 2005;6(3):191–192. (In Russ.)

6. Strashnikova TN, Oleschenko AM, Surzhikov DV, Kislytsyna VV. Assessment of working conditions for the workers of iron ore mining enterprise. *Sanitarnyy Vrach*. 2019;(8):23-30. (In Russ.)
7. Smets MP, Eger TR, Grenier SG. Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: a comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. *Appl Ergon*. 2010;41(6):763-70. doi: 10.1016/j.apergo.2010.01.002
8. Gorbanev SA, Syurin SA. Occupational pathology in the iron mining in the Kola Arctic. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):625-630. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-625-630
9. Chistova NP, Masnavieva LB, Kudaeva IV. Vibration disease: Exposure level and duration-dependent characteristics and features of the clinical picture following local and combined local and whole body vibration. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(12):30-35. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-30-35
10. Skripal' BA, Chashchin VP, Gudkov AB, Nikanov AN, Dyadik NV. [Occupational Risk in the Mining and Chemical Industry in the Arctic.] Apatity: Kola Research Center of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2020. (In Russ.) doi: 10.37614/978.5.91137.444.0
11. Yan M, Zheng H, Yan R, et al. Vinculin identified as a potential biomarker in hand-arm vibration syndrome based on iTRAQ and LC-MS/MS-based proteomic analysis. *J Proteome Res*. 2023;22(8):2714-2726. doi: 10.1021/acs.jproteome.3c00277
12. Burström L, Hyvärinen V, Johnsen M, Pettersson H. Exposure to whole-body vibration in open-cast mines in the Barents region. *Int J Circumpolar Health*. 2016;75:29373. doi: 10.3402/ijch.v75.29373
13. Burström L, Aminoff A, Björ B, et al. Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017;30(4):553-564. doi: 10.13075/ijomh.1896.00975
14. Skandfer M, Talykova L, Brenn T, Nilsson T, Vaktiskjold A. Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics. *Ergonomics*. 2014;57(10):1541-1548. doi: 10.1080/00140139.2014.904005
15. Dyakovich MP, Rukavishnikov VS, Pankov VA, Lakhtman OL, Kuleshova MV. The rationale for the use of indices of a non-specific link of pathogenesis and the dose of local vibration when predicting the risk of developing a vibrational disease. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(10):1049-1055. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1049-1055
16. Shaikhislamova ER, Karimova LK, Beigul NA, et al. Occupational health risk for workers from basic occupational groups employed at copper and zinc ore mining enterprises: assessment and management. *Health Risk Analyses*. 2022;(2):107-118. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2022.2.10.eng
17. Surin SA. Trends in vibration disease rates among industrial workers in the Russian Arctic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(5):57-64. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-57-64
18. Prokopenko LV, Chebotarev AG, Golovkova NP, Leskina LM, Nikolaev SP. Working conditions, occupational morbidity, risks of violation health of drivers of mining machines in quarries. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2022;62(6):403-411. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428/2022-62-6-403-411
19. Nikanov AN, Chashchin VP, Gudkov AB, Popova ON, Mironovskaya AV. Assessment of drilling rig vibration at iron ore mining in the Arctic zone of the Russian Federation. *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2020;8(3):258-268. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-2017
20. Syurin SA, Kovshov AA, Talykova LV, Odland JØ. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int J Circumpolar Health*. 2022;81(1):2059175. doi: 10.1080/22423982.2022.2059175
21. Volgareva AD, Karimova LK, Muldasheva NA, Gimranova GG, Fagamova AZ, Beygul NA. The risk of developing professional hearing loss in workers engaged in mining and minimizing measures. *Bezopasnost' i Okhrana Truda*. 2022;(4):40-43. (In Russ.) doi: 10.54904/52952_2022_4_40
22. Bykov VR, Talykova LV, Mikhaleva VS. Risk of circulatory diseases development among the open-pit mine workers in the North-Western Phosphorus Company in the Arctic. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2017;(11):29-33. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-11-29-33
23. Boyko IV, Chistyakov ND, Tishenko AB, et al. Prevention of work related diseases in enterprises located in the North-West of Russia engaged in the extraction and processing of minerals. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2022;17(1):331-338. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Никанов** Александр Николаевич – к.м.н., заведующий научным отделением профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Чашин Валерий Петрович – д.м.н., главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Фролова Нина Михайловна – д.м.н., ученый секретарь ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: n.frolova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6973-6479>.

Смирнов Владимир Васильевич – к.м.н., старший научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: v.smirnov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X>.

Куприна Надежда Игоревна – врач-рентгенолог ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: n.kuprina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1468-3186>.

Гудков Андрей Борисович – д.м.н., заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: gudkovab@nsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>.

Попова Ольга Николаевна – д.м.н., профессор кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: popova_nsmu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0135-4594>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Чашин В.П., Фролова Н.М.; сбор и обработка материала, анализ полученных данных, дизайн исследования, обзор литературы, подготовка рукописи: Никанов А.Н., Смирнов В.В., Куприна Н.И.; научное консультирование: Гудков А.Б., Попова О.Н. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Ограничение исследований: настоящее исследование ограничено изучением параметров вибрации на рабочих местах машинистов 12 карьерных экскаваторов, занятых добычей железной руды.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Чашчин В.П. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 19.05.23 / Принята к публикации: 10.10.23 / Опубликована: 31.10.23

Author information:

✉ Alexandr N. **Nikanov**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Occupational Diseases, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

Valery P. **Chashchin**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, North-West Public Health Research Center; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>.

Nina M. **Frolova**, Dr. Sci. (Med.), Scientific Secretary, North-West Public Health Research Center; e-mail: n.frolova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6973-6479>.

Vladimir V. **Smirnov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Comprehensive Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center; e-mail: v.smirnov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X>.

Nadezda I. **Kuprina**, radiologist, North-West Public Health Research Center; e-mail: n.kuprina@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1468-3186>.

Andrei B. **Gudkov**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University; e-mail: gudkovab@nsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>.

Olga N. **Popova**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University; e-mail: popova_nsmu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0135-4594>.

Author contributions: study conception and design: *Chashchin V.P., Frolova N.M.*; data collection, analysis and interpretation of results, study design, literature review, draft manuscript preparation: *Nikanov A.N., Smirnov V.V., Kuprina N.I.*; scientific consulting: *Gudkov A.B., Popova O.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Study limitations: This work is limited to studying vibration parameters at workplaces of 12 excavator drivers engaged in iron mining.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The coauthor of the article Valery P. Chashchin is the Member of the Editorial Council of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: May 19, 2023 / Accepted: October 10, 2023 / Published: October 31, 2023