УДК [613.644+613.62](98) DOI: 10.37482/2687-1491-Z017

ОЦЕНКА ВИБРАЦИИ БУРОВЫХ СТАНКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*А.Н. Никанов** ORCID: 0000-0003-3335-4721
В.П. Чащин/*** ORCID: 0000-0002-2600-0522
*А.Б. Гудков**** ORCID: 0000-0001-5923-0941
*О.Н. Попова**** ORCID: 0000-0002-0135-4594
*А.В. Мироновская****/***** ORCID: 0000-0001-9849-2848

*Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора (Санкт-Петербург)
**Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва)
***Северный государственный медицинский университет (г. Архангельск)
****Управление Роспотребнадзора по Архангельской области (г. Архангельск)

Горнодобывающая промышленность является одной из ведущих отраслей экономики России. Работники горнодобывающих предприятий подвергаются воздействию целого комплекса вредных производственных факторов, в т. ч. вибрации. Цель исследования – провести гигиеническую оценку локальной и общей вибрации рабочих мест на буровых станках при добыче железных руд открытым способом на территории европейской части Арктической зоны Российской Федерации. Исследование выполнено на базе горно-обогатительного комбината (г. Оленегорск, Мурманская обл.). Измерение вибрации (локальной и общей) проведено на рабочих местах машинистов буровых станков СБШ-250МН при помощи виброметра и анализатора спектра «Алгоритм-02». Установлено, что параметры локальной вибрации (логарифмические уровни виброускорения в нормируемом диапазоне частот, корректированные и эквивалентные корректированные уровни виброускорения) на рычагах пульта управления не превышали предельно допустимых уровней (ПДУ), однако общая вибрация рабочих мест машинистов буровых станков превышала ПДУ. Наиболее выраженное превышение ПДУ общей технологической вибрации (категория 3а) отмечено в низкочастотном диапазоне – на частоте 2 Гц, а также на частотах 4 и 8 Гц. Условия труда по результатам оценки параметров общей вибрации на рабочем месте (пол кабины и сиденье) машиниста бурового станка оцениваются в основном как вредные (3-й класс 1–3-й степени). Результаты выполненного исследования обосновывают необходимость разработки профилактических мероприятий по снижению интенсивности воздействия общей вибрации на организм машинистов буровых станков.

Ключевые слова: *Арктическая зона РФ, добыча железной руды, буровые станки, общая вибрация, локальная вибрация, гигиеническая оценка условий труда.*

Ответственный за переписку: Никанов Александр Николаевич, *адрес:* 184250, Мурманская обл., г. Кировск, просп. Ленина, д. 34; *e-mail:* krl_s-znc@mail.ru

Для цитирования: Никанов А.Н., Чащин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Мироновская А.В. Оценка вибрации буровых станков при разработке железорудных месторождений в Арктической зоне Российской Федерации // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 3. С. 258–268. DOI: 10.37482/2687-1491-Z017

Россия занимает первое место в мире по общим и подтвержденным запасам железной руды, которые отличаются значительной глубиной залегания, имеют содержание железа 16–32 %, характеризуются большой прочностью и сложным минеральным составом. Самые крупные в мире залежи железной руды находятся в Курской магнитной аномалии. В Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) также выявлены и разрабатываются месторождения железных руд мирового класса: Ковдорское, Оленегорское (Мурманская область) и Костомукшское (Республика Карелия) [1]. Здесь представлены месторождения всех генетических типов, в т. ч. метаморфогенные – залежи железистых кварцитов, которые содержат 32–37 % железа.

Специфика промышленности в Арктике характеризуется сырьевой направленностью, которая связана с добычей и переработкой сырьевых ресурсов как для внутренних потребностей страны, так и для экспорта [2]. АЗРФ 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 рабочие горнодобывающих предприятий. Сложность задач по эффективной профилактике заболеваний у работников основных профессий горнодобывающей промышленности в холодных климатических районах АЗРФ обусловлена возможностью сочетанного воздействия на организм вредных производственных и неблагоприятных климатических факторов [3–8]. Профессиональные заболевания от воздействия комплекса физических факторов, в частности вибрации, шума, охлаждающего микроклимата и физического перенапряжения, являются ведущими формами профессиональной патологии среди работников горнодобывающих предприятий [9–13].

Существующие в настоящее время условия труда при разработке рудных месторождений АЗРФ способствуют развитию преимущественно вибрационной болезни, нейросенсорной тугоухости, патологии костно-мышечной и периферической нервной систем [14–16]. Трудовая деятельность работников основных профессий при добыче железосодержащих руд связана с постоянным наличием потенциально опасных и вредных для здоровья работающих производственных факторов, и это всегда создает ту или иную степень реального риска формирования профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [17–20].

Цель исследования – провести гигиеническую оценку локальной и общей вибрации рабочих мест на буровых станках при добыче железных руд открытым способом на территории европейской части АЗРФ.

Материалы и методы. Исследования выполнены на базе горно-обогатительного комбината (г. Оленегорск, Мурманская обл.). Основное внимание уделено оценке вибрационного фактора. Использованы приборы контроля интенсивности производственных факторов (виброметр и анализатор спектра «Алгоритм-02») и гигиенические критерии оценки степени их вредности и опасности. Гигиеническая оценка локальной и общей вибрации, воздействующей на человека, произведена методом интегральной оценки по эквивалентному корректированному уровню виброускорения с учетом времени вибрационного воздействия на рабочих местах машинистов 10 буровых станков СБШ-250МН.

Для гигиенической оценки локальной вибрации на рычагах пульта управления буровых станков проведены измерения уровней виброускорения от 8 до 1000 Гц. Измерения общей вибрации (уровней виброускорения в октавных полосах частот от 2 до 63 Гц) на рабочем месте (пол кабины и сиденье) машинистов буровых станков проводились на разных горизонтах с учетом категории крепости пород при давлении от 75 до 100 кгс/см^2. При расчете корректированного уровня виброускорения принимался во внимание тот факт, что для общей вибрации категории 3а (технологической) значения весовых коэффициентов для направлений X и Y считаются равными значениям для направления Z. Эквивалентный корректированный уровень виброускорения рассчитывался с учетом поправки на время действия вибрации у машинистов буровых станков – 6 ч (поправка равна 1,2 дБ).

Градация условий труда по степени вредности и опасности устанавливалась в зависимости от превышения фактического значения уровня исследуемого фактора над нормативной величиной – предельно допустимым уровнем (ПДУ). С учетом превышения фактического эквивалентного корректированного уровня локальной и общей вибрации над ПДУ определялся класс вредности условий труда по вибрационному фактору согласно Р 2.2.2006-05 [21]. Также рассчитывалось допустимое время работы в контакте с фактическим уровнем вибрации.

Результаты. Полученные данные свидетельствуют о том, что независимо от технических параметров бурения (категория крепости пород, давление) уровни локальной вибрации (корректированные и эквивалентные корректированные уровни виброускорения) не превышали ПДУ (*табл. 1*), что позволяет отнести условия труда машинистов буровых станков СБШ-250МН к допустимым (класс 2).

Оценка условий труда на рабочих местах машинистов буровых станков по воздействию общей вибрации показала, что на большинстве горных машин эквивалентный корректирован-

Таблица 1

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ НА ПУЛЬТЕ УПРАВЛЕНИЯ БУРОВЫХ СТАНКОВ СБШ-250МН ПРИ ДОБЫЧЕ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Ось измерения	Уровень виброускорения, дБ, на частоте, Гц								Корректированный уровень виброускорения, дБ	Эквивалентный корректированный уровень виброускорения*, дБ	Превышение ПДУ, дБ	Класс условий труда
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000				
Предельно допустимый уровень ПДУ												
X, Y, Z	123	123	129	135	141	147	153	159	126	126	–	–
Станок № 77. Горизонт +20 м, категория пород: VII – 76 %, VIII – 24 %. Бурение породы. Давление 70 кгс/см²												
X	103	101	105	106	98	94	97	97	106	105	–	2
Y	104	109	103	103	97	95	104	96	111	110	–	2
Z	102	104	112	119	100	94	97	92	111	110	–	2
Станок № 82. Горизонт +20 м, категория пород: VII – 70 %, VIII – 30 %. Бурение породы. Давление 90 кгс/см²												
X	87	97	106	105	103	95	103	107	102	101	–	2
Y	92	99	105	103	106	102	104	108	102	101	–	2
Z	96	93	112	117	105	101	105	102	109	108	–	2
Станок № 70. Горизонт +40 м, категория пород: VII – 85 %, VIII – 15 %. Бурение породы. Давление 85 кгс/см²												
X	99	103	101	96	99	98	102	120	104	103	–	2
Y	79	76	76	74	74	88	94	109	81	80	–	2
Z	102	101	110	107	108	108	108	114	105	104	–	2
Станок № 80. Горизонт +40 м, категория пород: VII – 85 %, VIII – 15 %. Просушка скважины												
X	94	101	110	110	104	101	102	107	106	105	–	2
Y	112	110	106	107	102	102	104	107	114	113	–	2
Z	99	99	114	109	104	103	104	101	109	108	–	2

Окончание табл. 1

Ось измерения	Уровень виброускорения, дБ, на частоте, Гц								Корректированный уровень виброускорения, дБ	Эквивалентный корректированный уровень виброускорения*, дБ	Превышение ПДУ, дБ	Класс условий труда
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000				
Станок № 67. Горизонт +135 м, категория пород: VI – 91 %, VIII – 9 %. Бурение породы. Давление 100 кгс/см²												
X	105	117	114	117	112	103	96	83	117	116	–	2
Y	98	117	115	114	106	100	102	92	116	115	–	2
Z	108	118	114	116	112	109	106	83	119	118	–	2
Станок № 81. Горизонт +150 м, категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Бурение породы. Давление 85 кгс/см²												
X	87	114	108	114	117	107	111	110	114	113	–	2
Y	84	114	111	112	108	108	110	114	113	112	–	2
Z	89	99	105	118	114	109	112	108	108	107	–	2
Станок № 76. Горизонт +150 м, категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Бурение породы. Давление 100 кгс/см²												
X	107	101	108	116	116	110	113	109	108	107	–	2
Y	92	101	113	112	118	109	116	108	109	108	–	2
Z	105	99	121	114	123	115	113	102	115	114	–	2
Станок № 75. Горизонт +150 м, категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Бурение породы. Давление 75 кгс/см²												
X	92	99	105	109	96	97	91	98	105	104	–	2
Y	87	96	107	112	102	99	93	98	105	104	–	2
Z	94	99	107	108	92	89	94	98	104	103	–	2
Станок № 74. Горизонт +150 м, категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Бурение породы. Давление 80 кгс/см²												
X	90	106	110	102	103	104	109	117	107	106	–	2
Y	98	105	103	104	105	104	107	113	105	104	–	2
Z	99	98	106	108	103	102	102	110	103	102	–	2
Станок № 78. Горизонт +150 м, категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Бурение породы. Давление 85 кгс/см²												
X	89	96	103	108	104	113	119	105	101	100	–	2
Y	92	108	100	103	102	108	116	113	108	107	–	2
Z	100	91	105	114	113	103	114	117	105	104	–	2

Примечание: * – эквивалентный корректированный уровень виброускорения рассчитывался с учетом поправки на время, равной 1,2 дБ.

ный уровень виброускорения был выше ПДУ (*табл. 2,* см. с. 262).

На буровых станках наиболее выраженное превышение ПДУ отмечено в низкочастотном диапазоне – на частоте 2 Гц, а также 4 и 8 Гц. Установить какую-либо устойчивую зависимость уровней вибрации от технических параметров бурения (давление, категория пород) не удалось.

Таблица 2

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ МАШИНИСТОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ СБШ-250МН ПРИ ДОБЫЧЕ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Ось измерения	Уровень виброускорения, дБ, на частоте, Гц						Корректированный уровень виброускорения, дБ	Допустимое время работы в смену*, мин	Эквивалентный корректированный уровень виброускорения**, дБ	Превышение ПДУ, дБ	Класс условий труда
	2	4	8	16	31,5	63					
***ПДУ* (*общая вибрация категории 3а – технологическая*)**											
X, Y, Z	103	100	100	106	112	118	100	480	100	–	2
Станок № 77. Категория пород: VI – 76 %, VII – 24 %. Давление 80 кгс/см²											
Пол кабины											
X	120	91	98	104	108	108	117		116	16	3.3
Y	123	88	97	107	107	103	120		119	19	3.4
Z	124	94	109	105	107	105	121	4,8	120	20	3.4
Сиденье											
X	115	110	104	104	112	101	114		113	13	3.3
Y	118	101	103	100	106	102	115		114	14	3.3
Z	118	103	109	104	108	100	116	15	115	15	3.3
Станок № 70. Категория пород: VII – 85 %, VIII – 15 %. Давление 85 кгс/см²											
Пол кабины											
X	119	112	107	107	99	104	117	12	116	16	3.3
Y	115	109	106	110	102	104	114		113	13	3.3
Z	118	110	105	106	108	112	116		115	15	3.3
Сиденье											
X	77	69	83	92	93	93	88		87	–	2
Y	73	76	89	90	100	94	92		91	–	2
Z	71	69	89	93	98	94	92		91	–	2
Станок № 67. Категория пород: VII – 54 %, VIII – 46 %. Давление 85 кгс/см²											
Сиденье											
X	93	89	97	103	104	102	101		100	–	2
Y	90	96	102	105	103	99	104		103	3	3.1
Z	90	101	106	109	109	111	108	100	107	7	3.2
Станок № 80. Категория пород: VII – 85 %, VIII – 15 %. Давление 95 кгс/см²											
Пол кабины											
X	96	91	95	98	100	103	99		98	–	2
Y	95	97	97	96	97	98	101		100	–	2
Z	85	96	101	101	101	103	103	284	102	2	3.1
Станок № 81. Категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Давление 85 кгс/см²											
Пол кабины											
X	87	107	94	96	109	111	107		106	6	3.2
Y	93	112	99	102	109	113	114		113	13	3.3
Z	78	117	102	98	104	115	117	12	116	16	3.3

Продолжение табл. 2

Ось измерения	Уровень виброускорения, дБ, на частоте, Гц						Корректированный уровень виброускорения, дБ	Допустимое время работы в смену*, мин	Эквивалентный корректированный уровень виброускорения**, дБ	Превышение ПДУ, дБ	Класс условий труда
	2	4	8	16	31,5	63					
Станок № 81. Категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Давление 85 кгс/см²											
Сиденье											
X	114	92	96	106	108	105	111	48	110	10	3.2
Y	109	91	92	101	105	103	106		105	5	3.2
Z	109	90	98	112	104	97	108		107	7	3.2
Станок № 76. Категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Давление 100 кгс/см²											
Пол кабины											
X	87	80	93	98	103	109	97		96	–	2
Y	100	84	105	96	102	106	105		104	4	3.1
Z	82	87	109	97	111	106	109	78	108	8	3.2
Сиденье											
X	87	96	99	107	102	89	104		103	3	3.1
Y	94	99	98	108	102	88	105		104	4	3.1
Z	90	92	106	105	102	86	107	120	106	6	3.1
Станок № 75. Категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Давление 75 кгс/см²											
Пол кабины											
X	84	81	91	95	102	112	95		94	–	2
Y	88	84	84	93	99	113	96		95	–	2
Z	82	81	94	105	106	105	101		100	–	2
Сиденье											
X	81	89	93	90	100	99	95		94	–	2
Y	75	99	90	92	101	100	100		99	–	2
Z	78	95	91	102	108	101	101		100	–	2
Станок № 74. Категория пород: VII – 60 %, VIII – 40 %. Давление 80 кгс/см²											
Пол кабины											
X	79	76	90	93	107	102	96		95	–	2
Y	96	80	102	104	108	106	104		103	3	3.1
Z	85	81	110	99	110	114	110	60	109	9	3.2
Сиденье											
X	97	78	90	97	112	98	101		100	–	2
Y	100	78	88	98	111	97	101		100	–	2
Z	101	84	101	101	109	95	104	240	103	3	3.1
Станок № 82. Категория пород: VII – 70 %, VIII – 30 %. Давление 90 кгс/см²											
Пол кабины											
X	73	86	88	92	110	108	97		96	–	2
Y	72	80	86	95	110	104	98		97	–	2
Z	71	90	97	100	109	102	102	397	101	1	3.1

Окончание табл. 2

Ось измерения	Уровень виброускорения, дБ, на частоте, Гц						Корректированный уровень виброускорения, дБ	Допустимое время работы в смену*, мин	Эквивалентный корректированный уровень виброускорения**, дБ	Превышение ПДУ, дБ	Класс условий труда
	2	4	8	16	31,5	63					
Станок № 82. Категория пород: VII – 70 %, VIII – 30 %. Давление 90 кгс/см²											
Сиденье											
X	85	100	94	93	102	103	101		100	–	2
Y	90	99	97	98	107	108	102		101	1	3.1
Z	82	103	94	103	100	96	104	240	103	3	3.1
Станок № 78. Категория пород: VII – 70 %, VIII – 30 %. Давление 85 кгс/см²											
Пол кабины											
X	109	92	95	96	105	105	106	148	105	5	3.1
Y	107	84	90	99	108	106	104		103	3	3.1
Z	104	87	107	101	112	106	105		104	4	3.1
Сиденье											
X	94	87	99	107	108	99	104		103	3	3.1
Y	93	90	102	107	109	103	105		104	4	3.1
Z	96	89	112	97	101	95	112	39	111	11	3.2

Примечания: * – допустимое время воздействия вибрации в смену указано с учетом максимального эквивалентного корректированного уровня виброускорения; ** – эквивалентный корректированный уровень виброускорения рассчитывался с учетом поправки на время, равной 1,2 дБ.

Необходимо отметить, что параметры общей вибрации на полу кабины машиниста бурового станка были, как правило, выше, чем на сиденье.

Условия труда машиниста бурового станка соответствуют допустимым (класс 2) в 33,3 % случаев измерений, являются вредными (класс 3) – в 66,7 %, в т. ч. класс 3.1 установлен в 26,0 % случаев, класс 3.2 – в 11,1 %, класс 3.3 – в 22,2 %, класс 3.4 – в 7,4 %. Анализ параметров общей вибрации на сиденье машиниста бурового станка позволил классифицировать условия труда как допустимые в 27,0 % случаев измерений, вредные – в 63,0 %, в т. ч. класс 3.1 присвоен в 33,3 % случаев, класс 3.2 – в 18,6 %, класс 3.3 – в 11,1 %. Допустимое время контакта с общей вибрацией при вредных условиях труда класса 3.1 составляет от 120 до 397 мин, 3.2 – от 39 до 100 мин, 3.3 – от 12 до 15 мин, 3.4 – 4,8 мин.

Условия труда по результатам оценки параметров общей вибрации на рабочем месте (пол кабины и сиденье) машиниста бурового станка оцениваются в основном как вредные (класс 3.1–3.3). Обращает внимание, что при выполнении процедуры «просушка скважины» параметры общей вибрации значительно превышали ПДУ. На полу кабины машиниста по оси *Y* уровни виброускорения превышали ПДУ в октавных полосах частот 2–8 Гц на 34–40 дБ, 16 и 31,5 Гц – на 9–20 дБ.

Высокие параметры общей технологической вибрации (категория 3а) на буровых станках указывают на необходимость применения мер защиты работающих от воздействия данного вредного фактора.

Обсуждение. Специфика трудовой деятельности работников горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых открытым способом в условиях АЗРФ, связана с воздействием на организм человека комплекса вредных про-

изводственных (вибрация, шум, физические перегрузки, неблагоприятный микроклимат) и климатических факторов (специфических и неспецифических) [7, 8, 10, 13, 22, 23]. Зафиксированные уровни локальной и общей вибраций на рабочих местах машинистов буровых станков СБШ-250МН сопоставимы с результатами исследований аналогичной горной техники, эксплуатируемой в горнодобывающей промышленности [4, 9, 11]. Установлено, что параметры локальной вибрации (логарифмические уровни виброускорения в нормируемом диапазоне частот, корректированные и эквивалентные корректированные уровни виброускорения) на рычагах пульта управления не превышают предельно допустимых значений. Оценка параметров вибрационного фактора на рабочих местах машинистов буровых станков при выполнении буровых работ свидетельствует о наличии параметров общей вибрации, превышающих ПДУ. Более высокие уровни общей вибрации отмечены на полу и несколько ниже – на сиденье машинистов буровых станков, что позволяет оценить условия труда машинистов буровых станков как вредные – 3-й класс 1–3-й степени. Наибольшее значение в формировании нарушений здоровья у бурильщиков представляют параметры общей вибрации, превышающие ПДУ на 7–20 дБ (класс условий труда 3.2–3.4), что составляет 40,7 % от всех выполненных замеров на полу кабины.

Таким образом, гигиеническая оценка параметров локальной и общей вибрации рабочих мест на буровом оборудовании при проведении открытых добычных работ на территории европейской части АЗРФ позволила объективизировать данные об условиях труда машинистов буровых станков. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки профилактических мероприятий (санитарно-технологических и санитарно-технических) по снижению интенсивности воздействия общей вибрации на организм машинистов буровых станков.

Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

1. *Юшкин Н.П., Бурцев И.Н.* Минеральные ресурсы Российской Арктики // Север как объект комплексных региональных исследований / отв. ред. В.Н. Лаженцев. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 2005. С. 50–84.

2. *Журавлев П.С., Зарецкая О.В., Подоплекин А.О., Репневский А.В., Тамицкий А.М.* Арктика в системе международного сотрудничества и соперничества. Архангельск: Солти, 2015. 168 с.

3. *Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А., Богданов М.Ю.* Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы // Морская медицина. 2017. Т. 3, № 1. С. 7–13. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-1-7-13

4. *Сааркоппель Л.М.* Сравнительная оценка состояния здоровья рабочих горнорудной промышленности // Медицина труда и промышл. экология. 2007. № 12. С. 17–22.

5. *Vanerkar A.P., Kulkarni N.P., Zade P.D., Kamavisdar A.S.* Whole Body Vibration Exposure in Heavy Earth Moving Machinery Operators of Metalliferrous Mines // Environ. Monit. Assess. 2008. Vol. 143, № 1-3. P. 239–245.

6. *Никанов А.Н., Гудков А.Б., Попова О.Н., Чащин В.П., Пешкова А.П., Мироновская А.В.* Условия труда при добыче и переработке редкоземельных металлов в Арктической зоне Российской Федерации // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 4. С. 444–551. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.444

7. *Rintamäki H., Jussila K., Rissanen S., Oksa J., Mänttäri S.* Work in Arctic Open-Pit Mines: Thermal Responses and Cold Protection // Barents Newsl. Occup. Health Saf. 2015. Vol. 18, № 1. P. 6–8.

8. *Burström L., Aminoff A., Björ B., Mänttäri S., Nilsson T., Pettersson H., Rintamäki H., Rödin I., Shilov V., Talykova L., Vaktskjold A., Wahlström J.* Musculoskeletal Symptoms and Exposure to Whole-Body Vibration Among Open-Pit Mine Workers in the Arctic // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. 2017. Т. 30, № 4. С. 553–564.

9. *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

10. *Сюрин С.А., Горбанев С.А.* Особенности профессиональной патологии в Арктической зоне России: Факторы риска, структура, распространенность // Вестн. Урал. мед. акад. науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 237–244. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-237-244

11. *Сюрин С.А., Горбанев С.А.* Производственная вибрация и вибрационная патология на предприятиях в Арктике // Рос. Арктика. 2019. № 6. С. 28–36. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10064

12. *Bovenzi M., Schust M., Mauro M.* An Overview of Low Back Pain and Occupational Exposures to Whole-Body Vibration and Mechanical Shocks // Med. Lav. 2017. Vol. 108, № 6. P. 419–433.

13. *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. Vol. 75. Art. № 29373.

14. *Быков В.Р., Талыкова Л.В., Михалева 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.

15. *Scandfer M., Talykova L., Brenn T., Nilsson T., Vaktskjold A.* Low Back Pain Among Mineworkers in Relation to Driving, Cold Environment and Ergonomics // Ergonomics. 2014. Vol. 57, № 10. P. 1541–1548.

16. *Campbell R.A., Janco M.R., Hacker R.I.* Hand-Arm Vibration Syndrome: A Rarely Seen Diagnosis // J. Vasc. Surg. Cases Innov. Tech. 2017. Vol. 3, № 2. P. 60–62.

17. *Горбанев С.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А.* О состоянии и совершенствовании управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 4–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-10-4-14

18. *Smets M.P.H., Eger T.R., Grenier S.G.* 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. Vol. 41, № 6. P. 763–770.

19. *Kurtul S., Türk M.* Vibration Related White Finger Disease: A Case Report // Eur. Res. J. 2019. Vol. 5, № 1. P. 226–229.

20. *Poole C.J.M., Cleveland T.J.* Vascular Hand–Arm Vibration Syndrome – Magnetic Resonance Angiography // Occup. Med. (Lond.). 2016. Vol. 66, № 1. P. 75–78.

21. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М., 2005. 105 с.

22. *Чащин В.П., Гудков А.Б., Чащин М.В., Попова О.Н.* Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.

23. *Ким Л.Б.* Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск: Наука, 2015. 216 с.

References

1. Yushkin N.P., Burtsev I.N. Mineral'nye resursy Rossiyskoy Arktiki [Mineral Resources of the Russian Arctic]. Lazhentsev V.N. (ed.). *Sever kak ob"ekt kompleksnykh regional'nykh issledovaniy* [North as an Object of Integrated Regional Studies]. Syktyvkar, 2005, pp. 50–84.

2. Zhuravlev P.S., Zaretskaya O.V., Podoplekin A.O., Repnevskiy A.V., Tamitskiy A.M. *Arktika v sisteme mezhdunarodnogo sotrudnichestva i sopernichestva* [The Arctic in the System of International Cooperation and Rivalry]. Arkhangelsk, 2015. 168 p.

3. Gudkov A.B., Popova O.N., Nebuchennykh A.A., Bogdanov M.Yu. Ekologo-fiziologicheskaya kharakteristika klimaticheskikh faktorov Arktiki. Obzor literatury [Ecological-Physiological Characteristic of Northern Climatic Factors. Literature Review]. *Morskaya meditsina*, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 7–13. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-1-7-13

4. Saarkoppel' L.M. Sravnitel'naya otsenka sostoyaniya zdorov'ya rabochikh gornorudnoy promyshlennosti [Comparative Evaluation of Health State in Workers of Metal Mining Industry]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2007, no. 12, pp. 17–22.

5. Vanerkar A.P., Kulkarni N.P., Zade P.D., Kamavisdar A.S. Whole Body Vibration Exposure in Heavy Earth Moving Machinery Operators of Metalliferrous Mines. *Environ. Monit. Assess.*, 2008, vol. 143, no. 1-3, pp. 239–245.

6. Nikanov A.N., Gudkov A.B., Popova O.N., Chashchin V.P., Peshkova A.P., Mironovskaya A.V. Working Conditions at Mining and Processing of Rare-Earth Metals in the Arctic Zone of the Russian Federation. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 444–551. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.444

7. Rintamäki H., Jussila K., Rissanen S., Oksa J., Mänttäri S. Work in Arctic Open-Pit Mines: Thermal Responses and Cold Protection. *Barents Newsl. Occup. Health Saf.*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 6–8.

8. Burström L., Aminoff A., Björ B., Mänttäri S., Nilsson T., Pettersson H., Rintamäki H., Rödin I., Shilov V., Talykova L., Vaktskjold A., Wahlström J. Musculoskeletal Symptoms and Exposure to Whole-Body Vibration Among Open-Pit Mine Workers in the Arctic. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*., 2017, vol. 30, no. 4, pp. 553–564.

9. Gorbanev S.A., Syurin S.A. Professional'naya patologiya pri dobyche zheleznoy rudy v Kol'skom Zapolyar'e [Occupational Pathology in the Iron Mining in the Kola Arctic]. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 6, pp. 625–630. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-625-630

10. Syurin S.A., Gorbanev S.A. Osobennosti professional'noy patologii v Arkticheskoy zone Rossii: Faktory riska, struktura, rasprostranennost' [Features of Occupational Pathology in the Russian Arctic Zone: Risk Factors, Structure, Prevalence]. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2019, vol. 16, no. 2, pp. 237–244. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-237-244

11. Syurin S.A., Gorbanev S.A. Proizvodstvennaya vibratsiya i vibratsionnaya patologiya na predpriyatiyakh v Arktike [Production Vibration and Vibration-Related Pathology at Enterprises in the Arctic]. *Rossiyskaya Arktika*, 2019, no. 6, pp. 28–36. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10064

12. Bovenzi M., Schust M., Mauro M. An Overview of Low Back Pain and Occupational Exposures to Whole-Body Vibration and Mechanical Shocks. *Med. Lav.*, 2017, vol. 108, no. 6, pp. 419–433.

13. 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, vol. 75. Art. no. 29373.

14. Bykov V.R., Talykova L.V., Mikhaleva V.S. Risk razvitiya bolezney sistemy krovoobrashcheniya u rabotnikov otkrytogo rudnika Severo-Zapadnoy fosfornoy kompanii v usloviyakh Arktiki [Risk of Circulatory Diseases Development Among the Open-Pit Mine Workers in the North-Western Phosphorous Company in the Arctic]. *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 11, pp. 29–33.

15. Scandfer M., Talykova L., Brenn T., Nilsson T., Vaktskjold A. Low Back Pain Among Mineworkers in Relation to Driving, Cold Environment and Ergonomics. *Ergonomics*, 2014, vol. 57, no. 10, pp. 1541–1548.

16. Campbell R.A., Janco M.R., Hacker R.I. Hand-Arm Vibration Syndrome: A Rarely Seen Diagnosis. *J. Vasc. Surg. Cases Innov. Tech.*, 2017, vol. 3, no. 2, pp. 60–62.

17. Gorbanev S.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. O sostoyanii i sovershenstvovanii upravleniya sanitarno-epidemiologicheskim blagopoluchiem v Arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii [State and Improvement of Sanitary and Epidemiological Welfare Management in the Russian Arctic]. *Ekologiya cheloveka*, 2019, no. 10, pp. 4–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-10-4-14

18. Smets M.P.H., Eger T.R., Grenier S.G. 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, vol. 41, no. 6, pp. 763–770.

19. Kurtul S., Türk M. Vibration Related White Finger Disease: A Case Report. *Eur. Res. J.*, 2019, vol. 5, no. 1, pp. 226–229.

20. Poole C.J.M., Cleveland T.J. Vascular Hand–Arm Vibration Syndrome – Magnetic Resonance Angiography. *Occup. Med. (Lond.)*, 2016, vol. 66, no. 1, pp. 75–78.

21. *R2.2.2006-05. Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions*. Moscow, 2005. 105 p. (in Russ.).

22. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Chashchin M.V., Popova O.N. Prediktivnaya otsenka individual'noy vospriimchivosti organizma cheloveka k opasnomu vozdeystviyu kholoda [Predictive Assessment of Individual Human Susceptibility to Damaging Cold Exposure]. *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 5, pp. 3–13.

23. Kim L.B. *Transport kisloroda pri adaptatsii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoy patologii* [Oxygen Transport at Human Adaptation to the Arctic and Cardiorespiratory Disease]. Novosibirsk, 2015. 216 p.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z017

Aleksandr N. Nikanov* ORCID: 0000-0003-3335-4721
Valeriy P. Chashchin*/* ORCID: 0000-0002-2600-0522
Andrey B. Gudkov** ORCID: 0000-0001-5923-0941
Ol'ga N. Popova** ORCID: 0000-0002-0135-4594
Anastasiya V. Mironovskaya/**** ORCID: 0000-0001-9849-2848

*The Northwest Public Health Research Center
(St. Petersburg, Russian Federation)
**National Research University Higher School of Economics
(Moscow, Russian Federation)
***Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)
****Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection
and Human Wellbeing in the Arkhangelsk Region
(Arkhangelsk, Russian Federation)

ASSESSMENT OF DRILLING RIG VIBRATION AT IRON ORE MINING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

The mining industry is one of the leading sectors of Russian economy. Meanwhile, miners are exposed to a range of workplace hazards, including vibration. The purpose of this study was to conduct a hygienic assessment of local and general vibration on drilling equipment during open cast iron ore mining in the European part of the Arctic zone of the Russian Federation. The research was performed at Olenegorsk Mining and Processing Plant (Murmansk Region). Vibration (local and general) was measured at workplaces of SBSh-250MN drilling rig operators using Algoritm-02 vibration meter and spectrum analyser. It was established that the parameters of local vibration (logarithmic levels of vibration acceleration in the normalized frequency range, corrected and equivalent corrected levels of vibration acceleration) on the control panel levers did not exceed the permissible exposure limits; however, general workplace vibration of the drilling rigs exceeded the permissible exposure limits. The most pronounced excess of the general technological vibration (category 3a) was detected in the low-frequency range: at the frequencies of 2, 4 and 8 Hz. According to the results of evaluating the parameters of general workplace vibration (cabin floor and seat), the working conditions of drilling rig operators are considered to be hazardous (class 3, 1st – 3rd degree). Thus, the results of the study indicate the need to develop preventive measures in order to reduce the effects of general vibration on drilling rig operators.

Keywords: *Arctic zone of the Russian Federation, iron ore mining, drilling equipment, general vibration, local vibration, hygienic assessment of working conditions.*

Поступила 20.02.2020
Принята 30.07.2020

Received 20 February 2020
Accepted 30 July 2020

Corresponding author: Aleksandr Nikanov, *address:* prosp. Lenina 34, Kirovsk, 184250, Murmanskaya oblast', Russian Federation; *e-mail:* krl_s-znc@mail.ru

For citation: Nikanov A.N., Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Mironovskaya A.V. Assessment of Drilling Rig Vibration at Iron Ore Mining in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 258–268. DOI: 10.37482/2687-1491-Z017