



Научная статья

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С АЭРОЗОЛЯМИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

М.Ф. Вильк<sup>1</sup>, О.С. Сачкова<sup>1</sup>, Л.А. Леванчук<sup>2</sup>, Е.О. Латынин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены, Россия, 125438, г. Москва, Пакгаузное шоссе, 1, корп. 1

<sup>2</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 9

*В России существует система нормирования и контроля аэрозолей преимущественно фиброгенного действия и пылевых частиц различного состава. Вместе с тем гигиенические нормативы мелкодисперсной пыли в воздухе рабочей зоны отсутствуют, что затрудняет гигиеническую оценку условий труда и препятствует использованию методики оценки риска.*

*Цель работы – обоснование безвредной для здоровья работающих концентрации аэрозолей мелкодисперсных пылевых частиц ( $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ ) в воздухе рабочей зоны на основании применения метода определения пылевой нагрузки для использования ее при расчете риска здоровью работающих.*

*Для оценки запыленности воздуха рабочей зоны мелкодисперсной пылью  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  использовали пылемер модели «ОМПП-10.0». Химический состав пылевых частиц определяли атомно-абсорбционным методом. Результаты были оценены в соответствии с ГН 2.2.5.3532-18. Расчеты пылевой нагрузки проведены в соответствии с ГОСТ Р 54578-2011.*

*Установлена зависимость продолжительности безвредного для здоровья работающего стажа работы в условиях контакта с мелкодисперсной пылью от величины превышения предложенной концентрации и продолжительности рабочей смены.*

*Для оценки риска здоровью работающих в контакте с мелкодисперсными пылевыми частицами с учетом их химического состава определены референтные концентрации для воздуха рабочей зоны: для  $PM_{10}$  – на уровне  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , для  $PM_{2.5}$  – на уровне  $0,055 \text{ мг/м}^3$ . Использование расчетных концентраций позволило предложить модели для расчета безвредной продолжительности стажа в условиях превышения показателей рекомендуемых концентраций. Результаты позволяют обосновать организационные мероприятия, направленные на сохранение здоровья работающих.*

**Ключевые слова:** мелкодисперсная пыль, воздух рабочей зоны, риск здоровью, аэрозоль фиброгенного действия, профзаболевания, пылевая нагрузка, референтная концентрация, стаж работы.

Внедрение новых методов исследования факторов производственной среды приводит к изменению представлений о качестве условий труда и необходимости использования для их оценки методологии оценки риска здоровью [1–3]. В настоящее время выделен физико-химический фактор загрязнения воздуха рабочей зоны – аэрозоли мелкодисперсных пылевых частиц ( $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ ).

В России существует система нормирования и контроля аэрозолей преимущественно фиброген-

ного действия (АПФД) и пылевых частиц различного состава. Вместе с тем гигиенические нормативы мелкодисперсной пыли в воздухе рабочей зоны отсутствуют, что затрудняет гигиеническую оценку условий труда и препятствует использованию методики оценки риска для обоснованной разработки мероприятий, направленных на их улучшение [4–7].

**Цель работы** – обоснование безвредной для здоровья работающих концентрации аэрозолей

© Вильк М.Ф., Сачкова О.С., Леванчук Л.А., Латынин Е.О., 2020

**Вильк Михаил Франкович** – доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: info@vniijg.ru; тел.: 8 (499) 153-27-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7103-2905>).

**Сачкова Оксана Сергеевна** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии (e-mail: vniijg@yandex.ru; тел.: 8 (926) 899-73-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-000-3279-6560>).

**Леванчук Леонид Александрович** – инженер испытательного центра (e-mail: 576164@mail.ru; тел.: 8 (921) 327-22-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3576-3852>).

**Латынин Евгений Олегович** – заместитель директора (e-mail: jecckk@yandex.ru; тел.: 8 (916) 624-29-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6822-521X>).

мелкодисперсных пылевых частиц (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>) в воздухе рабочей зоны на основании применения метода определения пылевой нагрузки для использования ее при расчете риска здоровью работающих.

**Материалы и методы.** Для количественной оценки запыленности воздуха рабочей зоны использован аспиратор АВА-3-180-001А, фильтр АФА-ВП-10. Концентрацию PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> определяли пылемером модели «ОМПН-10.0». Химический состав (измерение массовой доли соединений металлов) пылевых частиц анализировали атомно-абсорбционным методом. Результаты оценены в соответствии с ГН 2.2.5.3532-18<sup>1</sup>, а расчеты пылевой нагрузки – в соответствии с ГОСТ Р 54578-2011<sup>2</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Аэрозоли, образующиеся в процессе технологических операций, связанных с использованием изделий из минеральной ваты, полидисперсны. Они включают: ультратонкую пыль PM<sub>2,5</sub>, броуновское движение у них соразмерно с гравитационным осаждением; пылевые частицы PM<sub>10</sub>, которые оседают в неподвижном воздухе со скоростью, определяемой размером и плотностью в соответствии с законом Стокса; грубодисперсные

частицы ТЧ (твердые частицы более 10 мкм), оседающие в неподвижном воздухе с возрастающей скоростью [7].

Исследованиями определены концентрации пылевых частиц различной дисперсности на примере теплоизоляционных строительных операций при различных показателях влажности воздуха в рабочей зоне и на различном расстоянии от источника пылеобразования (табл. 1, 2).

Результаты исследования позволили установить, что увеличение влажности воздуха способствует снижению концентрации пылевых частиц. Причем у грубодисперсной пыли наблюдается более интенсивное снижение концентрации. На расстоянии от источника до 35 м концентрация ТЧ уменьшается в семь раз, PM<sub>10</sub> – в 1,4 раза, PM<sub>2,5</sub> – практически не изменилась. Это согласуется с ранее установленными данными о том, что дисперсность пылевого загрязнения определяет характер распространения пыли в воздушной среде.

Изучение химического состава пылевых частиц в воздухе рабочей зоны при проведении теплоизоляционных работ позволило выявить широкий спектр соединений металлов (табл. 3, 4).

Таблица 1

Концентрация PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> при различных параметрах влажности воздуха рабочей зоны на расстоянии 15 м от источника скорости движения воздушных потоков 1,7 ± 1,3 м/с

Пылевые частицы	Влажность воздуха, %					
	40	50	60	70	80	90
PM <sub>10</sub> , мг/м <sup>3</sup>	1,26	1,17	1,02	1,02	0,96	0,9
PM <sub>2,5</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,61	0,58	0,51	0,46	0,43	0,42

Таблица 2

Концентрация PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> на территории строительной площадки на различном расстоянии от источника при влажности атмосферного воздуха 42 ± 17 %, скорости движения воздушных потоков 1,5 ± 1,2 м/с

Пылевые частицы	Расстояние от источника, м						
	0	10	15	20	25	30	35
PM <sub>10</sub> , мг/м <sup>3</sup>	1,83	1,68	1,59	1,62	1,56	1,35	1,35
PM <sub>2,5</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,77	0,65	0,74	0,67	0,62	0,70	0,75

Таблица 3

Химический состав пылевых частиц в воздухе рабочей зоны при проведении теплоизоляционных работ

Вещество	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	CaO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Другие
Доля в %	49	16	12	7	<1	10	1	<1	<1	2	<3

Таблица 4

Содержание соединений металлов в составе пылевых частиц в воздухе рабочей зоны при проведении теплоизоляционных работ

Металл	Cu	Zn	Cd	Ni	Fe	Mn
Содержание, мг/кг	50	133	15	59	1780	70

<sup>1</sup> ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/557235236> (дата обращения: 03.06.2020).

<sup>2</sup> ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54578-2011> (дата обращения: 03.06.2020).

Мелкодисперсная пыль при проведении теплоизоляционных работ представляет собой аэрозоль дезинтеграции. Полученные нами сведения о качественном составе пылевых частиц согласуются с ранее известными данными [8–12].

Как известно, мелкодисперсные фракции пылевых частиц при длительном интенсивном воздействии даже в атмосферном воздухе провоцируют респираторную и сердечно-сосудистую заболеваемость, рост числа случаев смерти от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний [13–20]. Следовательно, для разработки и обоснования мероприятий, направленных на оздоровление рабочей среды, необходимо проведение оценки риска здоровью работающих, которая затруднена в результате отсутствия гигиенического норматива мелкодисперсных фракций для воздуха рабочей зоны. В связи с тем что мелкодисперсные пылевые частицы так же, как и АПФД, обладают неблагоприятными физико-химическими свойствами при действии на организм, нами для получения ориентировочных величин референтных концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  для оценки риска здоровью работающих была использована методология расчета пылевой нагрузки<sup>3</sup>. Сведения о действии мелкодисперсной фракции пыли на организм работающих ограничены. Вместе с тем имеются данные о том, что среднесменная ПДК пылевых частиц минеральной ваты в воздухе рабочей зоны составляет  $0,5 \text{ мг/м}^3$ . Эта концентрация равна максимальной разовой ПДК для взвешенных веществ, не дифференцированных по составу (аэрозолей) в атмосферном воздухе ( $0,5 \text{ мг/м}^3$ ). Поэтому для целей весьма ориентировочных расчетов использовали сведения ГН 2.1.6.3492-17, в котором приведены величины среднесуточных ПДК  $PM_{10}$  –  $0,06 \text{ мг/м}^3$  и  $PM_{2.5}$  –  $0,035 \text{ мг/м}^3$  и среднегодовых ПДК –  $0,04 \text{ мг/м}^3$  и  $0,025 \text{ мг/м}^3$  соответственно.

Для расчетов использована основная формула

$$ПН_0 = ПДК \cdot N \cdot T \cdot Q,$$

где  $ПН_0$  – общая пылевая нагрузка; ПДК – предельно допустимая концентрация определенной фракции мелкодисперсной пыли;  $N$  – число рабочих дней в календарном году;  $T$  – максимальная продолжительность стажа, 30 лет<sup>3</sup>;  $Q$  – объем легочной вентиляции за рабочую смену,  $\text{м}^3$ <sup>4</sup>.

В различных нормативных документах объем легочной вентиляции при выполнении нагрузки не совпадает. В связи с этим для расчета приняты численные показатели объема легочной вентиляции, учитывающие объем вентиляции для периода нахо-

ждения дома (8 ч)  $0,63 \text{ м}^3$  в час, вне дома (8 ч) –  $0,88 \text{ м}^3$  в час, на рабочем месте –  $1,4 \text{ м}^3$  в час, используемые при расчете показателей риска здоровью<sup>3</sup>. Число дней в году – 365, число рабочих дней – 250, число нерабочих дней – 115.

На основе использования сведений о среднесуточных и среднегодовых ПДК в атмосферном воздухе, длительности периода воздействия – 24 ч в сутки, 7 дней в неделю на протяжении 70 лет жизни – расчетным путем установлены среднесменные концентрации для  $PM_{10}$  на уровне  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , для  $PM_{2.5}$  – на уровне  $0,055 \text{ мг/м}^3$  для воздуха рабочей зоны, которые на протяжении стажа 30 лет и продолжительности смены 8 ч в сутки или 40 ч в неделю не превысят показатель контрольной пылевой нагрузки (в условиях реальных среднегодовых концентраций в атмосферном воздухе городских поселений). Эти концентрации могут быть использованы для оценки профессионального риска здоровью работающих в контакте с мелкодисперсной пылью.

Полученные в результате расчетов величины предлагаемых концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  согласуются с величинами референтных доз при определении риска здоровью населения, проживающего в условиях загрязненного атмосферного воздуха. Так, при хроническом воздействии рекомендованы концентрации для  $PM_{10}$  –  $0,05 \text{ мг/м}^3$ , для  $PM_{2.5}$  –  $0,015 \text{ мг/м}^3$ . Для определения риска при остром воздействии для  $PM_{10}$  рекомендовано  $0,15 \text{ мг/м}^3$ , для  $PM_{2.5}$  –  $0,065 \text{ мг/м}^3$ . Учет характера действия на организм мелкодисперсной фракции пыли, а также сведений о том, что при теплоизоляционных работах основным источником пылеобразования являются изделия из минеральной ваты (ПДК  $2/0,5 \text{ мг/м}^3$  для крупнодисперсной фракции) и искусственные минеральные волокна силикатной стеклообразной структуры (ПДК для крупнодисперсной фракции  $-/4 \text{ мг/м}^3$ ), делает предложение референтных концентраций для пылевых частиц мелкодисперсной фракции изделий из минеральных волокон целесообразным.

С использованием современных методических подходов к оценке и прогнозированию профессионального риска проведено моделирование показателей безопасной продолжительности рабочего стажа при выполнении теплоизоляционных работ в условиях различной продолжительности смены и различной интенсивности загрязнения воздуха рабочей зоны мелкодисперсными пылевыми частицами (табл. 5, рисунок). Результаты носят предварительный харак-

<sup>3</sup> Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению: Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499072756> (дата обращения: 03.06.2020).

<sup>4</sup> Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно методические основы, принципы и критерии оценки от 24.06.2003 № 2.2.1766-03 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901902053> (дата обращения: 03.06.2020); Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499072756> (дата обращения: 03.06.2020).

Таблица 5

Модели для прогноза безвредного для здоровья стажа при выполнении теплоизоляционных работ при различной продолжительности контакта с мелкодисперсной пылью

Продолжительность смены, ч	Уравнение регрессии
8	$y = -0,0043x^3 + 0,0798x^2 - 1,4478x + 31,225;$ $R^2 = 0,9993$
9	$y = -0,0051x^3 + 0,1011x^2 - 1,5982x + 31,195;$ $R^2 = 0,9996$
10	$y = -0,0051x^3 + 0,1014x^2 - 1,5927x + 30,886;$ $R^2 = 0,9996$
11	$y = -0,0051x^3 + 0,1012x^2 - 1,5779x + 30,399;$ $R^2 = 0,9996$
12	$y = -0,005x^3 + 0,1011x^2 - 1,5632x + 29,912;$ $R^2 = 0,9995$

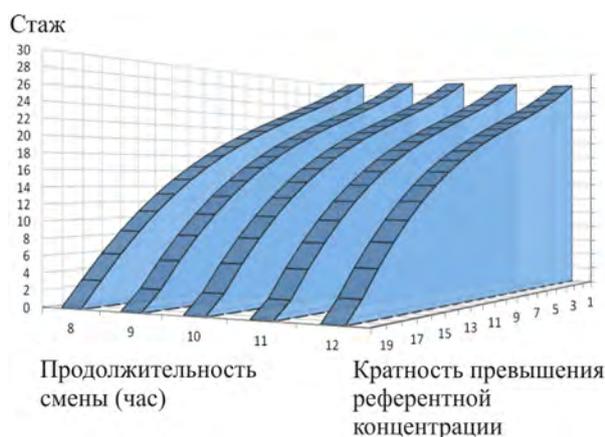


Рис. Продолжительность безвредного для здоровья работающего стажа в зависимости от кратности превышения референтной концентрации  $PM_{10}$

тер и нуждаются в подтверждении реальными данными распространенности респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний у работников, занятых в условиях воздействия изучаемых факторов.

**Выводы.** Гигиеническая оценка условий труда в настоящее время предполагает оценку риска здоровью работающих. Не для всех факторов рабочей среды в настоящее время имеются нормативы безвредного воздействия на протяжении всего рабочего стажа (30 лет), возросшего в связи с увеличением пенсионного возраста. Для обеспечения возможности оценки риска здоровью работающих, выполняющих теплоизоляционные работы в контакте с мелкодисперсными пылевыми частицами, с учетом их химического состава и на основе расчета контрольной пылевой нагрузки определены ориентировочные референтные концентрации для  $PM_{10}$  на уровне  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , для  $PM_{2,5}$  – на уровне  $0,055 \text{ мг/м}^3$  для воздуха рабочей зоны. Воздействие на работающего человека мелкодисперсных фракций в указанных ориентировочных концентрациях на протяжении стажа 30 лет и продолжительности смены 8 ч в сутки не увеличивает пылевую нагрузку на организм. Без изменения методологии установления ПДК для АПДФ эти концентрации могут быть использованы для предварительной оценки профессионального риска здоровью работающих в контакте с мелкодисперсной пылью. Использование расчетных ориентировочных референтных концентраций позволило предложить модели для расчета безвредной продолжительности стажа в условиях превышения рекомендуемых показателей. Полученные результаты на этапе отсутствия установленных ПДК для мелкодисперсной фракции пылевых частиц минеральной ваты в воздухе рабочей зоны позволяют обосновать организационные мероприятия, направленные на сохранение здоровья работающих.

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

**Конфликт интересов.** Авторы статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / под ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. – 738 с.
2. Методы оценки профессионального риска и их информационное обеспечение / И.В. Бухтияров, А.Ф. Бобров, Э.И. Денисов, А.Л. Еремин, Н.Н. Курьеров, Т.К. Лосик, Е.С. Почтарева, Л.В. Прокопенко [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 12. – С. 1327–1330.
3. Загороднов С.Ю., Май И.В., Кокоулина А.А. Мелкодисперсные частицы ( $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$ ) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 142–147.
4. Оценка реакции дыхательных путей на однократное интратрахеальное введение нано- и микроразмерных частиц оксида алюминия / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, А.М. Игнатова, М.С. Степанков // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 196–202.

5. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Турсунов З.Ш. Оценка риска для здоровья при воздействии мелкодисперсной пыли в производственных условиях // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 458–462.
6. Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш., Леванчук А.В. Использование методологии оценки риска здоровью для гигиенической характеристики условий труда в строительной отрасли // Здоровье и безопасность на рабочем месте: материалы III международного научно-практического форума. – Новополоцк – Полоцк, 2019. – С. 152–156.
7. Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш. Оценки риска и направления совершенствования охраны труда в строительстве при использовании минеральных ват // Науковедение. – 2013. – Т. 14, № 1. – С. 17.
8. Стреляева А.Б., Маринин Н.А., Азаров А.В. О значимости дисперсного состава пыли в технологических процессах // Интернет-вестник ВолГАСУ. – 2013. – Т. 28, № 3. – С. 1–4.
9. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease / R.T. Burnett, S. Cakmak, J.R. Brook, D. Krewski // Environ. Health Perspect. – 1997. – Vol. 105, № 6. – P. 614–620. DOI: 10.1289/ehp.97105614
10. Pope C.A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: biologic mechanisms and who's at risk // Environmental Health Perspectives. – 2000. – Vol. 108, № 4. – P. 713–723. DOI: 10.1289/ehp.108-1637679
11. Влияние взвешенных частиц на здоровье человека. Рекомендации в отношении политики для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии // Всемирная организация здравоохранения. – 2013. – 20 с.
12. Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects / A. Nemmar, M.F. Hoylaerts, P.H.M. Hoet, B. Nemery // Toxicology Letters. – 2004. – Vol. 149, № 1. – P. 243–253. DOI: 10.1016/j.toxlet.2003.12.061
13. Spatial and temporal variations of the particulate size distribution and chemical composition over Ibadan, Nigeria / G.O. Akinlade, H.B. Olaniyi, F.S. Olise, O.K. Owoade, S.M. Almeida, M. Almeida-Silva, P.K. Hopke // Environmental Monitoring and Assessment. – 2015. – Vol. 187, № 8. – P. 544. DOI: 10.1007/s10661-015-4755-4
14. Anderson J.O., Thundiyil J.G., Stolbach A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health // Journal of Medical Toxicology. – 2012. – Vol. 8, № 2. – P. 166–175. DOI: 10.1007/s13181-011-0203-1
15. Kim K.-H., Kabir E., Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter // Environment International. – 2015. – № 74. – P. 136–143. DOI: 10.1016/j.envint.2014.10.005
16. Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and Its Human Health Implications in Southeast China / A.O.W. Leung, N.S. Duzgoren-Aydin, K.C. Cheung, M.H. Wong // Environmental science & Technology. – 2008. – Vol. 42, № 7. – P. 2674–2680. DOI: 10.1021/es071873x
17. Fang W., Yang Y., Xu Zh. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and Health Risk Assessment for Heavy Metals in a Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling // Environmental science & Technology. – 2013. – Vol. 47, № 21. – P. 12469–12476. DOI: 10.1021/es4026613
18. Uncertainty in health risks due to anthropogenic primary fine particulate matter from different source types in Finland / M. Tainio, J. Tuomisto, N. Karvosenoja, K. Kupiainen, P. Porvari, M. Sofiev, A. Karppinen, J. Kukkonen // Atmospheric Environment. – 2010. – Vol. 44, № 17. – P. 2125–2132. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.02.036
19. Improvements in PM<sub>10</sub> Exposure and Reduced Rates of Respiratory Symptoms in a Cohort of Swiss Adults (SAPALDIA) / C. Schindler, D. Keidel, M.W. Gerbase, E. Zemp, R. Bettschart, O. Brändli, M.H. Brutsche, L. Burdet [et al.] // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. – 2009. – Vol. 179 (7). – P. 579–587. DOI: 10.1164/rccm.200803-388OC
20. Обоснование подходов к профилактике профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний у работников в производстве и использовании искусственных минеральных волокон / Э.Т. Валеева, Р.Р. Галимова, О.И. Копытенкова, А.А. Дистанова // Санитарный врач. – 2020. – № 1. – С. 32–40.

*Особенности оценки профессионального риска здоровью работников, контактирующих с аэрозолями мелкодисперсных пылевых частиц / М.Ф. Вильк, О.С. Сачкова, Л.А. Леванчук, Е.О. Латынин // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 106–112. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.12*

Research article

**PECULIARITIES IN ASSESSING OCCUPATIONAL HEALTH RISKS  
FOR WORKERS WHO ARE IN CONTACT WITH AEROSOLS CONTAINING  
FINE-DISPERSED DUST PARTICLES****M.F. Vil'k<sup>1</sup>, O.S. Sachkova<sup>1</sup>, L.A. Levanchuk<sup>2</sup>, E.O. Latynin<sup>1</sup>**<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Railway Hygiene, Bldg. 1, 1 Pakgauznoe shosse Str., Moscow, 125438, Russian Federation<sup>2</sup>Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9 Moskovskii Ave., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

*In Russia there is a system for standardizing and control over aerosols with predominantly fibrogenic effects and dust particles with different structure. But at the same time there are no hygienic standards for fine-dispersed dust contents in working area air and it makes hygienic assessment of working conditions more complicated and impedes use of risk assessment methodology.*

*Our research goal was to substantiate a concentration of aerosols containing fine-dispersed dust particles (PM<sub>10</sub> u PM<sub>2.5</sub>) in working area air that were harmless for workers' health. It was done via applying a procedure for determining dust burden and using it when calculating health risks for workers.*

*We assessed dust content in working area air with focus on fine-dispersed dust particles PM<sub>10</sub> u PM<sub>2.5</sub> with a dust measuring device «OMP-10.0». Chemical structure of dust particles was determined with atomic absorption procedure. Results were estimated according to HS 2.2.5.3532-18. Dust burden was calculated according to State standard GOST R 54578-2011.*

*We established dependence between duration of working experience under exposure to fine-dispersed dust that was harmless for health and a value of excess in dust contents over the suggested concentration and work shift duration.*

*To assess health risk for workers caused by exposure to fine-dispersed dust particles taking their chemical structure into account, we determined reference concentrations for working area air; 0.1 mg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub>, and 0.055 mg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub>. Use of calculated concentrations allowed suggesting models for calculating harmless duration of working experience under exposure to dusts in concentrations higher than recommended ones. The results enable substantiating organizational activities aimed at workers' health preservation.*

**Key words:** *fine-dispersed dusts, working area air, health risk, aerosol with fibrogenic effects, work-related diseases, dust burden, reference concentration, working experience.*

**References**

1. Health risk analysis in the strategy of state social and economical development: monography. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva eds. Perm', Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta Publ., 2014, 738 p. (in Russian).
2. Bukhtiyarov I.V., Bobrov A.F., Denisov E.I., Eremin A.L., Kur'ev N.N., Losik T.K., Pochtareva E.S., Prokopenko L.V. [et al.]. Occupational risk assessment methods and their information support. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 12, pp. 1327–1330 (in Russian).
3. Zagorodnov S.Yu., May I.V., Kokoulina A.A. Fine-disperse particles (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) in atmospheric air of a large industrial region: issues related to monitoring and standardization of suspended particles in industrial emissions. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 142–147 (in Russian).
4. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Ignatova A.M., Stepankov M.S. Estimation of the response of respiratory tracts to a single intra-tracheal introduction of nano- and micro-sized particles of aluminum oxide. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 196–202 (in Russian).

© Vil'k M.F., Sachkova O.S., Levanchuk L.A., Latynin E.O., 2020

**Mikhail F. Vil'k** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: info@vniijg.ru; tel.: +7 (499) 153-27-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7103-2905>).**Oksana S. Sachkova** – Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Leading researcher at the Laboratory for Communal Hygiene and Epidemiology (e-mail: vniijg@yandex.ru; tel.: +7 (926) 899-73-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-000-3279-6560>).**Leonid A. Levanchuk** – Engineer at the testing center (e-mail: 576164@mail.ru; tel.: +7 (921) 327-22-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3576-3852>).**Evgenii O. Latynin** – Deputy Director (e-mail: jeckkk@yandex.ru; tel.: +7 (916) 624-29-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6822-521X>).

5. Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Tursunov Z.Sh. Health risk assessment for exposure to fine dust in production conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 8, pp. 458–462 (in Russian).
6. Kopytenkova O.I., Tursunov Z.Sh., Levanchuk A.V. Ispol'zovanie metodologii otsenki riska zdorov'yu dlya gigienicheskoi kharakteristiki uslovii truda v stroitel'noi otrasli [Use of risk assessment methodology for hygienic characteristics of working conditions in construction]. *Zdorov'e i bezopasnost' na rabochem meste: materialy III mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma*. Novopolotsk-Polotsk, 2019, pp. 152–156 (in Russian).
7. Kopytenkova O.I., Tursunov Z.Sh. Risk assessment and directions improving of labor protection in construction when using mineral wools. *Internet-zhurnal Naukovedenie*, 2013, vol. 14, no. 1, pp. 17 (in Russian).
8. Strelyaeva A.B., Marinin N.A., Azarov A.V. The importance of disperse structure of dust in technological processes. *Internet-vestnik VolgGASU*, 2013, vol. 28, no. 3, pp. 1–4 (in Russian).
9. Burnett R.T., Cakmak S., Brook J.R., Krewski D. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory disease. *Environ. Health Perspect*, 1997, vol. 105, no. 6, pp. 614–620. DOI: 10.1289/ehp.97105614
10. Pope C.A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: biologic mechanisms and who's at risk. *Environmental Health Perspectives*, 2000, vol. 108, no. 4, pp. 713–723. DOI: 10.1289/ehp.108-1637679
11. Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. *World health organization*, 2013, 20 p. (in Russian).
12. Nemmar A., Hoylaerts M.F., Hoet P.H.M., Nemery B. Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects. *Toxicology Letters*, 2004, vol. 149, no. 1, pp. 243–253. DOI: 10.1016/j.toxlet.2003.12.061
13. Akinlade G.O., Olaniyi H.B., Olise F.S., Owoade O.K., Almeida S.M., Almeida-Silva M., Hopke P.K. Spatial and temporal variations of the particulate size distribution and chemical composition over Ibadan, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, vol. 187, no. 8, pp. 544. DOI: 10.1007/s10661-015-4755-4
14. Anderson J.O., Thundiyil J.G., Stolbach A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 166–175. DOI: 10.1007/s13181-011-0203-1
15. Kim K.-H., Kabir E., Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 2015, no. 74, pp. 136–143. DOI: 10.1016/j.envint.2014.10.005
16. Leung A.O.W., Duzgoren-Aydin N.S., Cheung K.C., Wong M.H. Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and Its Human Health Implications in Southeast China. *Environmental science & Technology*, 2008, vol. 42, no. 7, pp. 2674–2680. DOI: 10.1021/es071873x
17. Fang W., Yang Y., XuZh. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and Health Risk Assessment for Heavy Metals in a Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling. *Environmental science & Technology*, 2013, vol. 47, no. 21, pp. 12469–12476. DOI: 10.1021/es4026613
18. Tainio M., Tuomisto J., Karvosenoja N., Kupiainen K., Porvari P., Sofiev M., Karppinen A., Kukkonen J. Uncertainty in health risks due to anthropogenic primary fine particulate matter from different source types in Finland. *Atmospheric Environment*, 2010, vol. 44, no. 17, pp. 2125–2132. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.02.036
19. Schindler C., Keidel D., Gerbase M.W., Zemp E., Bettschart R., Brändli O., Brutsche M.H., Burdet L. [et al.]. Improvements in PM<sub>10</sub> Exposure and Reduced Rates of Respiratory Symptoms in a Cohort of Swiss Adults (SA-PALDIA). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2009, vol. 179 (7), pp. 579–587. DOI: 10.1164/rccm.200803-388OC
20. Valeeva E.T., Galimova R.R., Kopytenkova O.I., Distanova A.A. Justification of approaches to the prevention of occupational and work-related diseases in workers during production and use of artificial mineral fibers. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 1, pp. 32–40 (in Russian).

Vil'k M.F., Sachkova O.S., Levanchuk L.A., Latynin E.O. Peculiarities in assessing occupational health risks for workers who are in contact with aerosols containing fine-dispersed dust particles. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 106–112. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.12.eng

Получена: 26.06.2020

Принята: 11.11.2020

Опубликована: 30.12.2020