

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.5:66 2.998

DOI 10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
АЭРОЗОЛЯМИ ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ
РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТА.А. ЗУЕВА¹⁾, канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА²⁾¹⁾ Филиал «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция»,²⁾ Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)²⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5025-7419>

Выполнена оценка как априорной, так и апостериорной составляющих профессионального риска для изолировщиков на термоизоляции, вдыхающих загрязненный аэрозолями искусственных минеральных волокон воздух при выполнении работ по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Определено, что априорный уровень профессионального риска изолировщиков на термоизоляции при выполнении теплоизоляционных работ по пылевому фактору варьируется от среднего (существенного) до высокого (труднопереносимого) риска. Результаты исследований по апостериорной составляющей профессионального риска показали стабильно высокие его уровни для исследуемой профессии, что обуславливает необходимость разработки современных действенных мер по минимизации воздействия мелкодисперсной пыли минеральной и стеклянной ваты на здоровье работников при выполнении теплоизоляционных работ, чтобы снизить риск развития производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, профессиональный риск, изолировщик на термоизоляции, минеральная вата, стеклянная вата.

Введение. Снижение нагрузки на окружающую среду, обеспечение безопасных и безвредных условий труда является в настоящее время актуальной и социально значимой проблемой современного общества [1; 2]. По статистическим данным Международной организации труда ежегодно в мире регистрируется более 160 случаев профессиональных заболеваний, при этом от заболеваний, связанных с производством, погибает в 6,5 раз больше работников, чем от производственных травм [3]. Анализ причин летальных случаев, связанных с работой, показал, что наибольшую долю составляют заболевания системы кровообращения (более 30% всех случаев) и новообразования (более 26%), а заболевания органов дыхания занимают третье ранговое место (более 17%). Значительная часть профессиональных заболеваний органов дыхания обусловлена воздействием производственной пыли, раздражающее действие которой провоцирует развитие хронической обструктивной болезни легких, хронического ринофарингита и хронического пылевого бронхита; фиброгенное действие – пневмокониоза; аллергическое действие – профессиональной бронхиальной астмы и экзогенного аллергического альвеолита; а канцерогенное действие приводит к развитию мезотелиомы плевры и профессиональных опухолей легких.

В связи ограничением в большинстве стран мира использования асбеста существенно возросла роль неорганических теплоизоляционных материалов, таких, как минеральная и стеклянная вата, и изделий на их основе. В частности, в Республики Беларусь объем производства подобных теплоизоляционных материалов за последние десять лет вырос практически на 300% [4]. Вместе с тем, влияние загрязнения окружающей среды пылью минеральной и стеклянной ваты и ее воздействие на работников при выполнении теплоизоляционных работ изучено недостаточно, что и определило цель настоящего исследования.

Методы исследований. Исследования по гигиенической оценке условий труда в экспонированной группе выполнены в рамках аттестации рабочих мест, проводимой на белорусском предприятии, осуществляющем теплоизоляционные работы, в период с 2019 по 2024 год. Диагностику заболеваний осуществляли в соответствии с международной классификацией болезней, на основании анализа листков нетрудоспособности с учетом принадлежности к исследуемым группам. Выкопировка проводилась за трехлетний период с 2021 по 2023 год (экспонированная группа – изолировщики на термоизоляции оборудования и трубопроводов; группа контроля – работники вспомогательных производств: жестянщики, сборщики изделий и конструкций, профессиональная деятельность которых не связана с воздействием пыли минеральной и стеклянной ваты, характерных для экспонированной группы). Математическую обработку выполняли с помощью общепринятых методов вариационной статистики.

Результаты и их обсуждение. Инструментальный замер при помощи аспиратора ПУ-4Э загрязнения пылью воздуха рабочей зоны изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов пакетами прошивными теплоизоляционными показал, что усредненная концентрация пыли минеральной ваты варьируется в пределах от 7,20 до 16,55 мг/м³ при значении ПДК_{р.з.} в 4 мг/м³ (т.е. регистрируется регулярное превышение ПДК_{р.з.} в 1,8–4,1 раза).

Таким образом, априорный уровень профессионального риска в соответствии с гигиенической классификацией условий труда изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов по пылевому фактору варьируется от среднего (существенного) до высокого (труднопереносимого) риска.

Типовой химический состав пыли при выполнении теплоизоляционных работ следующий [5]:

а) при использовании минеральной ваты: 43–50% масс. SiO_2 ; 10–25% масс. CaO ; 6–15% масс. Al_2O_3 ; 6–16% масс. MgO ; 3–8% масс. FeO ; 1–3,5% масс. Na_2O ; 0,5–3,5% масс. TiO_2 ; 0,5–2% масс. K_2O ; менее 1% масс. B_2O_3 и P_2O_5 ;

б) при использовании стеклянной ваты: 55–70% масс. SiO_2 ; 13–18% масс. Na_2O ; 5–13% масс. CaO ; до 12% масс. B_2O_3 ; до 7% масс. Al_2O_3 ; до 5% масс. MgO и Fe_2O_3 ; до 3% масс. BaO ; до 2,5% масс. K_2O ; до 1,5% масс. F_2 ; до 0,5% масс. TiO_2 , SO_3 и Li_2O .

Пыль минеральной ваты относится к мелкодисперсному типу с размером частиц не более 10 мкм и скоростью осаждения в воздухе не более 1 см/с, характеризуется плохой всасываемостью в организме и возможностью длительно витать в воздухе рабочей зоны. Характерное для пыли минеральной и стеклянной ваты высокое содержание свободного диоксида кремния определяет повышенный уровень профессионального риска по фиброгенному эффекту для изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов при длительном воздействии пылевого фактора. Пыль минеральной ваты может оказывать токсичное действие на клетки кровеносного русла организма, сердечно-сосудистой, органов дыхания, пищеварения, легочной систем, а также вызвать механическое раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и кожу [6; 7].

Выполнена апостериорная оценка уровня профессионального риска для изолировщика на термоизоляции оборудования и трубопроводов (экспонированная группа) и группы контроля (работники вспомогательных производств: жестянщики, сборщики изделий и конструкций) по показателям заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) белорусского предприятия, осуществляющего теплоизоляционные работы, за период с 2021–2023 гг. по методическим рекомендациям, приведенным в [8].

Определено, что наиболее уязвимая возрастная группа наблюдения – от 30 до 49 лет, при этом не установлен рост ЗВУТ в зависимости от стажа работы. В таблице 1 приведены основные показатели ЗВУТ в экспонированной группе и в группе контроля. Установлено, что в экспонированной группе (222,41±1,69 случаев) по сравнению с группой контроля (136,66±1,32 случаев) достоверно выше число случаев ЗВУТ на 100 работающих, показатель дней временной нетрудоспособности (2458,62±5,6 дней и 1763±4,77 дней соответственно) и показатель болевших лиц (89,65±1,11 и 83,33±1,72 соответственно), а индекс здоровья напротив выше в группе контроля (16,66, к 10,34).

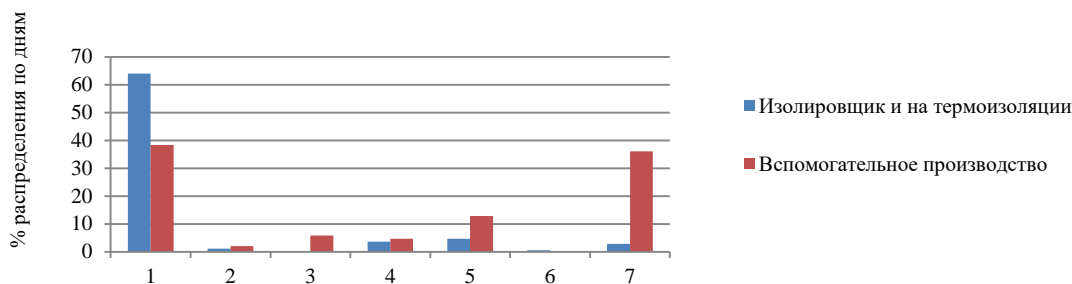
Таблица 1. – Основные показатели ЗВУТ в экспонированной группе и в группе контроля

Показатель	Значение показателя ЗВУТ	
	экспонированная группа	группа контроля
Случаи ЗВУТ на 100 работающих	222,41±1,69	136,66±1,32
Болевшие лица	89,65±1,11	83,33±1,72
Средняя длительность одного случая	11,05	12,90
Дни временной нетрудоспособности	2458,62±5,6	1763±4,77
Показатель неболевших лиц (индекс здоровья)	10,34	16,66

Важным является не только анализ обобщенных показателей ЗВУТ, но и трудовые потери по отдельным нозологическим формам. Распределение числа случаев ЗВУТ и дней временной нетрудоспособности по отдельным нозологическим формам в исследуемых группах представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.



Рисунок 1. – Процент распределения случаев ЗВУТ по отдельным нозологическим формам



1 - Болезни органов дыхания, 2 - Болезни мочеполовой системы, 3 - Болезни костно-мышечной системы, 4 - Болезни системы кровообращения, 5 - Кожные заболевания, 6 - Болезни нервной системы, 7 - Травмы, ожоги и прочие воздействия внешней среды

Рисунок 2. – Процент распределения по дням временной нетрудоспособности по отдельным нозологическим формам

Определено, что среди изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов наиболее высока вероятность развития заболеваний органов дыхания, а также дольше продолжительность восстановления после болезней органов дыхания, чем в группе контроля (среди работников вспомогательных производств), что может быть обусловлено высоким уровнем загрязнения окружающей среды пылью минеральной и стеклянной ваты. В целом, уровень показателя ЗВУТ по всем болезням для изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов по шкале Е.Л. Ноткина оценивается как «очень высокий» [8].

Для определения влияния загрязнения окружающей среды аэрозолями искусственных минеральных волокон на состояние здоровья изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов при выполнении теплоизоляционных работ использовали также показатель относительного риска (ОР), определяемый как отношение показателя заболеваемости (ПЗ) в экспонированной группе к аналогичному показателю в группе контроля:

$$ОР = ПЗ_{э} / ПЗ_{гк},$$

где $ПЗ_{э}$ – показатель заболеваемости в экспонированной группе (число случаев ЗВУТ, болевших лиц, дней на 100 работающих) в основной группе;

$ПЗ_{гк}$ – показатель заболеваемости в группе контроле (число случаев ЗВУТ, болевших лиц, дней на 100 работающих).

Исходя из результатов исследований, уровень относительного риска по показателям ЗВУТ у изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов статистически достоверно выше, чем в группе контроля, среди работников вспомогательного производства. Выполнен расчет этиологической доли (ЭД), характеризующий степень причинно-следственной связи заболеваемости с условиями труда, по формуле:

$$ЭД = [(ОР - 1) / ОР] \cdot 100,$$

где ЭД – этиологическая доля, %;

ОР – значение относительный риск.

Определено, что показатель этиологической доли, устанавливающий степень причинно-следственной связи условий труда и заболеваемости, у изолировщиков на термоизоляции составляет 32,43%, что подтверждает высокую степень производственной обусловленности и может спровоцировать возникновение стойких нарушений и развитие производственно обусловленных заболеваний.

Заключение. Таким образом, результаты оценки как априорной, так и апостериорной составляющих профессионального риска для изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов показали стабильно высокие его уровни, что обуславливает необходимость разработки современных действенных мер по минимизации загрязнения воздуха пылью минеральной и стеклянной ваты, чтобы снизить риск развития производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / Минск (18 апр. 2024 г.). – Минск: УГЗ, 2024. – С. 71–73.
2. Булавка Ю.А., Самусевич В.Н. Использование цифровых инструментов интегрированных решений в области охраны труда // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2019. – № 11. – С. 72–81.

3. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: сб. материалов X Междунар. заоч. науч.-практ. конф. / Минск (22 дек. 2023 г.). – Минск: УГЗ, 2024. – С. 107–111.
4. Гутич Е.А., Косыченко Г.Е., Сычик С.И. Особенности заболеваемости и оценка профессионального риска здоровью работников, имеющих контакт с аэрозолями искусственных минеральных волокон // Анализ риска здоровью. – № 4. – 2019. – С. 113–118. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.12.
5. Brown R.C., Harrison P.T.C. Alkaline earth silicate wools – A new generation of high temperature insulation // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. – 2012. – Vol. 64, iss. 2. – P. 296–304. DOI: 10.1016/j.yrtph.2012.08.020.
6. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций / О.И. Копытнкова, З.Ш. Турсунов, А.В. Леванчук и др. // Гигиена и санитария. – 2018. – № 97(12). – С. 1203–1209.
7. Копытнкова О.И., Леванчук А.В., Турсунов З.Ш. Оценка риска ущерба для здоровья при воздействии мелкодисперсной пыли минеральной ваты // Казан. мед. журнал. Гигиена труда. – 2014. – № 95(4). – С. 570–574. DOI: 10.17816/KMJ1846.
8. Куренкова Г.В., Жукова Е.В. Углубленный анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников промышленного предприятия. – Иркутск: ИГМУ, 2020. – 65 с.

REFERENCES

1. Zueva, A.A. & Bulavka, Yu.A. (2024). Gigienicheskaya otsenka uslovii truda izolirovshchika na termoizolyatsii s uchedom pylevogo faktora [Hygienic Assessment of Working Conditions of an Insulation Worker at Thermal Insulation, Considering the DUST factor]. *Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy: sb. materialov XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh / Minsk (18 apr. 2024 g.)* (71–73). Minsk: UGZ. (In Russ., abstr. in Engl.).
2. Bulavka, Yu.A. & Samusevich, V.N. (2019). Ispol'zovanie tsifrovyykh instrumentov integrirovannykh reshenii v oblasti okhrany truda [Use of Digital Tools for Integrated Solutions in the Sphere of Labor Protection]. *Vestn. Polotsk. gos. un-ta. Ser. B, Promyshlennost'. Prikladnye nauki [Herald of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences]*, (11), 72–81. (In Russ., abstr. in Engl.).
3. Zueva, A.A. & Bulavka, Yu.A. (2024). Identifikatsiya opasnostei na rabochem meste izolirovshchika na termoizolyatsii s primeneniem kontrol'nogo lista dlya nablyudeniya i sobesedovaniya. *Problemy obespecheniya bezopasnosti lyudei pri pozhare i vzryve: sb. materialov Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. / Minsk (22 dek. 2023 g.)* (107–111). Minsk: UGZ. (In Russ.).
4. Gutich, E.A., Kosyachenko, G.E. & Sychik, S.I. (2019). Osobennosti zabolevaemosti i otsenka professional'nogo riska zdorov'yu rabotnikov, imeyushchikh kontakt s aerorozol'yami iskusstvennykh mineral'nykh volokon [Peculiarities of Morbidity and Assessment of Occupational Health Risks for Workers Who Contact Aerosols of Man-Made Mineral Fibers]. *Analiz riska zdorov'yu [Health Risk Analysis]*, (4), 113–118. (In Russ., abstr. in Engl.). DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.12.
5. Brown, R.C. & Harrison, P.T.C. (2012). Alkaline earth silicate wools – A new generation of high temperature insulation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 64(2), 296–304. DOI: 10.1016/j.yrtph.2012.08.020.
6. Kopytenkova, O.I., Tursunov, Z.Sh., Levanchuk, A.V., Mironenko, O.V., Frolova, N. M. & Sazonova, A.M. (2018). Gigienicheskaya otsenka uslovii truda v otdel'nykh professiyakh stroitel'nykh organizatsii [The Hygienic Assessment of Working Environment in Individual Occupations in Building Organizations]. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*, 97(12), 1203–1209. (In Russ., abstr. in Engl.).
7. Kopytenkova, O.I., Levanchuk, A.V. & Tursunov, Z.Sh. (2014). Otsenka riska ushcherba dlya zdorov'ya pri vozdeystvii melkdispersnoi pyli mineral'noi vaty [Assessment of Health Damage Due to Exposure to Mineral Wool Dust]. *Kazan. med. zhurnal. Gigiena truda [Kazan Medical Journal. Occupational Hygiene]*, 95(4), 570–574. (In Russ., abstr. in Engl.). DOI: 10.17816/KMJ1846.
8. Kurenkova, G.V. & Zhukova, E.V. (2020). *Uglublennyy analiz zabolevaemosti s vremennoi utratoy trudospobnosti rabotnikov promyshlennogo predpriyatiya*. Irkutsk: IGMU. (In Russ.).

Поступила 26.11.2024

ANALYSIS OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION BY ARTIFICIAL MINERAL FIBERS AEROSOLS ON THE HEALTH OF WORKERS WHEN PERFORMING HEAT INSULATION WORKS

H. ZUYEVA¹⁾, Y. BULAUKA²⁾

¹⁾ Branch "Novopolotsk Directorate of JSC "BELTEPLOIZOLYATSIA",

²⁾ Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk

An assessment of both the a priori and a posteriori components of professional risk for thermal insulation workers inhaling air contaminated with aerosols of artificial mineral fibers when performing work on thermal insulation of equipment and pipelines was performed. It was determined that the a priori level of professional risk for thermal insulation workers when performing thermal insulation work for the dust factor varies from medium (significant) to high (hard to bear) risk. The results of studies on the posteriori component of professional risk showed consistently high levels for the profession under study, which necessitates the development of modern effective measures to minimize the impact of fine dust of mineral and glass wool on the health of workers when performing thermal insulation work in order to reduce the risk of developing work-related and occupational diseases.

Keywords: environmental pollution, professional risk, thermal insulation worker, mineral wool, glass wool.