

О.И. Копытенкова, А.В. Леванчук, З.Ш. Турсунов
(Петербургский государственный университет путей сообщения;
e-mail: tursunov_zokirjon@mail.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Проведена оценка факторов рабочей среды и трудового процесса работников, использующих минеральные ваты. Определены концентрации PM_{10} и $PM_{2,5}$ в воздухе рабочей зоны. Определен риск ущерба здоровью работника.

Ключевые слова: минеральная вата, тяжелые металлы, профессиональные риски.

O.I. Kopytenkova, A.V. Levanchuk, Z.Sh. Tursunov **ACTUAL QUESTIONS OF LABOR PROTECTION WHEN USING MINERAL WOOL**

Assessment of factors of working environment and labor process of workers using mineral wool. Defined concentration of PM_{10} and $PM_{2,5}$ in the occupational air. Determined risk of health damage worker.

Key words: mineral wool, heavy metals, occupational risks.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 5 марта 2014 г.

Условия труда в строительстве на протяжении последних десятков лет остаются одной из самых актуальных и социально значимых проблем [3]. По данным МОТ [2], в мире 270 миллионов трудящихся становятся жертвами несчастных случаев на производстве; регистрируется около 160 миллионов профессиональных заболеваний. В связи с этим в конце XX века принята стратегия "Здоровье для всех в XXI веке", одной из задач которой является обеспечение здоровой и безопасной производственной среды.

Строительная отрасль – одна из наиболее развивающихся в России. По данным Росстата [5], в 2012 г. в строительной отрасли в России занято 5294 тыс. человек, что составляет 7,4 % от всей численности работающих. Из них численность занятых в условиях, не отвечающим гигиеническим нормативам, составила 21,7 %.

Оценка условий труда рабочих специальностей в строительной отрасли позволяет выделить группу "неустраняемых" (в связи с недостаточным уровнем развития техники и технологий) факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. К ним относятся: шум и локальная вибрация при работе с ручными электроинструментами, климатические факторы при работе на открытой территории, загрязнение воздуха рабочей зоны пылевыми частицами. Вышеперечисленные вредные факторы на обследуемом нами предприятии оцениваются как "вредные" 3.2 (2 степень 3 класса) то есть в соответствии с Р 2.2.2006-05 вызывают стойкие функциональные изменения, провоцирую-

щие возникновение профессионально обусловленных заболеваний и появление начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний после 15 лет экспозиции.

Динамичное развитие строительной отрасли связано с внедрением новых технологий. Одной из них является широкое использование **минеральной ваты (МВ)** в качестве основы тепловой изоляции не только промышленных зданий, сооружений и установок, но и жилых и общественных зданий. Потребность в МВ быстро растет в связи с тем, что одна *тонна* МВ сберегает за период её эксплуатации более 100 *тонн* условного топлива.

Пыль, образующаяся при разрушении шлако- и базальтовых волокон, является мелкодисперсной с диаметром менее 10 *мкм*. Скорость её осаждения под действием силы тяжести в спокойной воздушной среде составляет менее 1 *см/с*. Следовательно, частицы минеральной ваты долго остаются в воздухе рабочей зоны и попадают в бронхолегочную систему и желудочно-кишечный тракт.

В документе Европейской комиссии 67/548/ЕЕС, со ссылкой на результаты американских, европейских и канадских исследователей, сделано заключение о том, что стекловата, каменная вата и шлаковата могут являться потенциальными канцерогенами для человека. Отнесение веществ и материалов к канцерогенам вводит специальные требования при работе с ними [7]. В соответствии с Директивой ЕС 97/69/ЕС (2000 г.), все МВ рассматриваются как кожные раздражители. [8]

До настоящего времени недостаточно сведений о химическом составе МВ, определяющем их опасное действие. В связи с этим нами изучен состав теплоизоляционных материалов и их физико-химические свойства.

Минеральная вата – теплоизоляционный материал, изготовленный из расплава горной породы шлака и стекла и имеющий структуру ваты. Различают следующие типы МВ: стеклянная, шлаковая и каменная вата. В исходный материал (диабаз или габбро) каменной ваты добавляют минералы (известняк, доломит и глину), шихту или доменные шлаки. Доля минеральных и иных примесей в каменной вате может достигать 35 % [4].

В части химического состава сырья для производства минеральных волокон основной характеристикой является модуль кислотности сырья: $M_{\text{кисл}} = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{CaO} + \text{MgO})$, причём для ваты высшего качества $M_{\text{кисл}}$ должен быть выше величины 1,6.

При характерных для пород группы габбро-базальта массовых содержаниях суммы оксидов кремния и алюминия (около 65-70 *масс. %*) подобному значению $M_{\text{кисл}}$ соответствует содержание $\text{CaO} + \text{MgO}$ менее 40 %. В базальтах большинства отечественных месторождений сумма $\text{CaO} + \text{MgO}$ находится в диапазоне от 13 до 20 *масс. %*. Отечественные предприятия работают на сырье с $M_{\text{кисл}}$ больше 3 [1].

Европейская Директива [8] относит минеральные волокна с суммарным содержанием оксидов щелочных и щелочноземельных металлов равным или менее 18 *масс. %* к безусловно опасным волокнам, выделяемым в специ-

альную категорию опасных веществ. Данный состав отвечает значениям модуля кислотности порядка 4,3-4,7 и более. Наиболее технологичные и безопасные для человека составы горных пород для производства минеральной ваты общего назначения лежат в диапазоне $M_{\text{кисл}}$ от 1,6 до 4,3.

Для улучшения физико-механических свойств в МВ используют связующие вещества, оказывающие влияние на опасность воздуха рабочей зоны. В качестве связующих используются органические вещества (нефтяные битумы, крахмал и синтетические смолы). В качестве неорганических связующих используют растворимое стекло, цемент и редко глины. В качестве комбинированных связующих используют фенолспирты. Кроме того, используются карбомидная смола марки МФ, содержащая продукты поликонденсации мочевины с формальдегидом, а также мочевино-меламино-формальдегидная смола. Достаточно широко используются композиционные связующие: битумно-бентонитовое, крахмально-бентонитовое, смеси фенолспиртов с пластфикаторами и др. Соединения, используемые в качестве связующих в МВ, относятся к веществам, обладающим токсическим действием.

Важным критерием безопасности МВ при ингаляционном воздействии является дисперсность образующейся пыли. Общеизвестно, что наиболее опасны волокна с дисперсностью 3 и менее микрон. В настоящее время данные волокна выделяют в отдельную категорию: "ВМСТ – вата минеральная из супертонкого волокна, диаметр от 0,5 до 3 мкм". Отечественная промышленность в настоящее время выпускает, в основном, базальтовое супертонкое волокно с диаметром 1-3 мкм.

Ранее было установлено, что в состав минеральной ваты входят оксиды металлов: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , CaO , TiO , P_2O_5 , K_2O , Na_2O и SiO_2 . Проведённые нами исследования проб МВ и пыли, воздуха рабочей зоны при работе с МВ, выполненные атомно-абсорбционным методом, дополнительно позволили выявить в составе МВ соединения тяжелых металлов Cu, Zn, Pb, Cd, Ni (табл. 1).

Таблица 1

Соединения тяжелых металлов в составе минеральной ваты (мг/кг)

	Наименование металлов						
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
Плиты минераловатные жесткие на синтетическом связующем ТШ 64-00295113-01:2011	110	165	345	20	78	465	50
Базальтовое тонкое волокно ТУ 64-16625423-01:07	70	136	408	16	69	625	200
Плита негорячая теплоизоляционная базальтовая ТШ 64-16625423-05:2004	50	133	<	15	59	1780	70

Известно, что в основе токсического действия металлов лежат их химические свойства, в первую очередь – высокое сродство к SH-группам белков, процессы полидентатного связывания, а также реакции конкурентного замещения. Кроме того, универсальным механизмом токсического действия тяжелых металлов является активация свободнорадикального и пероксидного окисления,

повреждающего важнейшие молекулярные и надмолекулярные структуры белков, липидов, нуклеиновых кислот биомембран [6]. Таким образом, основными патологическими процессами можно считать каталитическое или тормозящее воздействие на биохимические процессы, образование свободных радикалов, механическое разрушение клеток. Следовательно, у лиц при длительном аэрогенном воздействии мелкодисперсной пыли, содержащей соединения тяжелых металлов, возможно нарушение проницаемости альвеолярного барьера и, как следствие, возникновение явлений гипоксии, которая способствует увеличению риска патологии кардиореспираторной системы.

В воздухе рабочей зоны у лиц занятых работами с использованием МВ, обнаружена пыль в концентрации $8,2 \pm 1,3 \text{ мг/м}^3$, PM_{10} в концентрации $1,8 \pm 0,4 \text{ мг/м}^3$, $\text{PM}_{2,5}$ в концентрации $1,25 \pm 0,3 \text{ мг/м}^3$. Для загрязнённого воздуха рабочей зоны PM -частицами в настоящее время отсутствуют гигиенические нормативы. В России норматив существует только для атмосферного воздуха (ГН 2.1.6.2604-10).

При анализе 40 выписок из амбулаторных карт и эпикризов клиники профпатологии "СЗНЦ гигиены и общественного здоровья" у лиц, занятых работами в контакте с МВ, выявлены изменения в количественном и качественном составе макрофагов. Кроме того, у обследованных обнаружены признаки сенсibilизации, которые вероятно обусловлены физико-химическими особенностями вдыхаемой пыли.

Оценка риска, связанного с ущербом здоровью работника в процессе трудовой деятельности, в соответствии с ГОСТ Р 12.0.010-2009 "ССБТ СУОТ определение опасностей и оценка риска" позволила характеризовать риск здоровью изучаемой группы работающих как "Высокий" (табл. 2).

Таблица 2

Результат оценки риска утраты здоровья при работе в контакте с МВ

Идентифицированные опасности	Весовой коэффициент ущерба	Весовой коэффициент вероятности наступления ущерба	Вероятность (частота) наступления ущерба	Риски по идентифицированным опасностям	Риски на рабочем месте	Оценка значимости риска на рабочем месте
Шума	10	3	0,1	1,0	11,3	Высокий
Вибрация локальная	10	3	0,1	1,0		
Комплекс климатических факторов	10	7	0,23	2,3		
Запыленность воздуха рабочей зоны PM_{10} и $\text{PM}_{2,5}$	15	7	0,23	3,5		
Тяжесть трудового процесса	15	7	0,23	3,5		
Исход, не связанный с наступлением ущерба	0	3	0,1	0		

У работников, имеющих контакт с МВ на протяжении более 12 лет, диагностируются признаки артериальной гипертонии. Механизм развития данной патологии очевиден, но нуждается в дальнейшем изучении.

Таким образом, одним из наименее изученных опасных факторов производственной среды в строительной отрасли при работах в контакте с минеральными ватами является мелкодисперсная пыль. В воздухе рабочей зоны, у лиц, занятых работами с использованием минеральных ват, обнаружена мелкодисперсная пыль. В составе минеральных ват выявлены соединения тяжелых металлов, оказывающих опасное воздействие на биохимические процессы в организме работающих.

Риск утраты здоровья работающими, занятыми на облицовочных работах в контакте с МВ, при использовании трехуровневой шкалы оценки значимости рисков, определен как "Высокий" ($R = 11,3$).

Полученные нами результаты неблагоприятного воздействия МВ указывают на необходимость разработки гигиенических нормативов для PM_{10} и $PM_{2,5}$ в воздухе рабочей зоны, учёта данного вида воздействия при оценке условий труда и риска здоровью при профессиональном контакте с МВ, а также адаптации методики расчёта пылевой нагрузки для учёта особенностей воздействия на организм работающего.

Литературы

1. *Земцов А.Н., Николаева И.Л.* Строительная теплоизоляция и энергосбережение // Стены и Фасады. 2001. № 5-6. С. 32-36.
2. *Зеркалов Д.В.* Безопасность труда в сфере охраны здоровья. Правила. Рекомендации. Инструкции. Справочное пособие. – К.: Основа, 2011. – 598 с.
3. *Измеров Н.Ф.* // Медицина труда. 2012. № 3. С. 1-8.
4. *Минеральная вата – свойства и характеристики* // Портал "Строительные материалы и оборудование". <http://www.rmnt.ru/story/isolation/351113.htm>.
5. *Россия в цифрах: крат. стат. сб.* М.: Росстат, 2013. 573 с.
6. *Тарасов А.В., Смирнова Т.В.* Основы токсикологии: учеб. пос. М.: Маршрут, 2006. 160 с.
7. *Directive 67/548/EEC* – classification, packaging and labelling of dangerous substances
8. *Directive 97/69/EC* – of 5 December 1997 adapting to technical progress for the 23rd time Council Directive 67/548/EEC.