

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

*Иванович Е.А.<sup>1</sup>, Косяченко Г.Е.<sup>1</sup>, Гиндюк А.В.<sup>2</sup>*

*1*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр  
<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет»,  
Республика Беларусь, г. Минск

*В статье описаны основные подходы к измерению и гигиенической оценке содержания аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны, изложенные в разработанном авторами методе.*

**Ключевые слова:** *асбест; искусственные минеральные волокна; воздух рабочей зоны; метод гигиенической оценки.*

## NEW APPROACHES TO THE HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENT OF AEROSOLS OF NATURAL AND ARTIFICIAL MINERAL FIBERS IN THE WORKING AREA

*Ivanovich K.A.<sup>1</sup>, Kosiachenko G.E.<sup>1</sup>, Hindziuk A.W.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene»  
<sup>2</sup>Educational institution «Belarusian state medical university»,  
Belarus, Minsk

*The article describes the main approaches to the measurement and hygienic assessment of the content of natural and artificial mineral fiber aerosols in the working area represented in the method developed by the authors.*

**Key words:** *asbestos; artificial mineral fibers; air of the working area; method of hygienic assessment.*

Промышленные аэрозоли традиционно занимают ведущее место в числе неблагоприятных факторов производственной среды для многих профессиональных групп работников. Значительным выделением их в воздух рабочей зоны сопровождаются процессы дробления, измельчения, другой обработки материалов механическими и термическими методами, выполнения погрузочно-разгрузочных и транспортных операций различных сыпучих материалов. В последние десятилетия особое значение в гигиенических исследованиях и клинической практике при оценке пылевого фактора уделяется волокнистым аэрозолям. Наиболее типичным представителем таких минеральных продуктов является асбест.

Благодаря своей дешевизне и прочности асбест использовался людьми на протяжении веков. Он нашел свое применение более чем в 3000 различных изделий и материалов, прежде всего в строительстве и в производстве фрикционных деталей. Поскольку подтверждена связь асбеста с развитием смертельно опасных болезней, таких как асбестоз, а также мезотелиома и другие типы злокачественных новообразований, многие страны сократили его производство и потребление, а также ввели запреты [1].

Многочисленными исследованиями доказано существование дозо-эффективной зависимости частоты возникновения и тяжести течения асбестообусловленных заболеваний органов дыхания. Между тем ряд авторов отмечает, что сроки развития и прогноз профессиональных заболеваний зависят не только от интенсивности и длительности воздействия вредных производственных факторов, но и от предшествующего состояния организма и особенностей его реакции на неблагоприятное воздействие [2].

Известно, что риск развития, как профессиональных болезней, так и профессионально обусловленной патологии увеличивается с увеличением стажа работы в контакте с неблагоприятными факторами производственной среды, а развитие заболеваний, связанных с воздействием асбеста обусловлено длительным латентным периодом, что, по мнению многих ученых, может определять рост бремени асбестообусловленных заболеваний в будущем [3,4].

Существенное значение для накопления пылевых частиц в легких имеют концентрация пыли во вдыхаемом воздухе, свойства пылевых частиц, их способность длительно находиться во взвешенном состоянии в воздухе, способность проникать в легкие (т.е. размеры и форма частиц), способность задерживаться в них (накапливаться в количествах, достаточных для начала развития неблагоприятных изменений в состоянии здоровья).

Количественная оценка риска для здоровья работающих, связанного с воздействием минеральных волокнистых аэрозолей в воздухе рабочей зоны, возможна только при наличии достоверных сведений об уровнях содержания этих аэрозолей в воздухе рабочей зоны. При этом мониторинг концентрации минеральных волокон в воздухе рабочей зоны является важным инструментом не только для оценки уровней воздействия, но и для оценки эффективности профилактических мероприятий. Однако проблема разработки оптимальных методов контроля волокнистых аэрозолей остается актуальной как для отечественной, так и для зарубежной гигиенической практики. Применение различных подходов к гигиеническому нормированию данного типа аэрозолей, а, следовательно, и к методам контроля, препятствует единой трактовке эффектов воздействия пылевого фактора, сопоставимости результатов исследований воздушной среды производственных помещений, полученных в разных странах.

В настоящее время в большинстве стран мира нормирование минеральных волокнистых аэрозолей основано на определении числа

респирабельных волокон в единице объема (волокон в миллилитре – в/мл). Достоинством этого метода является возможность непосредственного нормирования и контроля именно волокнистой составляющей. Как правило, подсчитываются частицы, размерами соответствующие определению «респирабельное волокно». По определению Всемирной организации здравоохранения «респирабельное волокно» – частица с диаметром равным или менее 3 мкм, длиной равной или более 5 мкм и соотношением длины к диаметру равным или более чем 3/1 [5]. Это стандартный показатель загрязнения воздуха минеральными волокнами, принятый в европейских и некоторых других странах.

До недавнего времени определение концентрации волокнистых минеральных аэрозолей в воздухе рабочей зоны на предприятиях Республики Беларусь проводилось гравиметрическим методом без учета содержания респирабельной фракции волокон, что не может отражать полной картины состояния воздушной среды производственного помещения и риска для здоровья работающих. Существующие в настоящее время в странах ЕС, США и др. подходы к гигиенической оценке содержания минеральных волокон в воздухе рабочей зоны, основанные на подсчете респирабельной фракции волокон, не могут быть напрямую перенесены в практику государственного санитарного надзора нашей республики, т.к. требуют существенной адаптации нормативной и законодательной базы, материального и технического обеспечения. При этом осуществление контроля за содержанием аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны по среднесменной концентрации респирабельных волокон предусмотрено Санитарными нормами и правилами «Требования к производственному контролю за содержанием аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны», утвержденными Постановлением МЗ РБ от 10.11.2017г. №96. Поэтому проблема разработки адаптированного к национальному законодательству и особенностям существующей системы государственного санитарного надзора метода гигиенической оценки содержания данного вида аэрозолей в воздухе рабочей зоны является, безусловно, актуальной в настоящее время.

Цель работы – обосновать методические подходы к измерению и гигиенической оценке содержания аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны и провести их апробацию в натуральных условиях.

С учетом международных подходов, на основе анализа литературных источников, результатов собственных ранее проведенных исследований воздуха рабочей зоны предприятий, производящих строительные материалы на основе природных (ОАО «Красносельскстройматериалы») и искусственных (ОАО «Гомельстройматериалы») минеральных волокон, разработан метод

гигиенической оценки содержания аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны.

Разработанный метод основан на подсчете количества волокон с применением метода фазово-контрастной микроскопии и расчете среднесменной концентрации респирабельных волокон. Данный метод может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на первичную медицинскую профилактику путем снижения риска развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний, связанных с воздействием минеральных аэрозолей природных и искусственных волокнистых материалов, и предназначен для организаций здравоохранения, осуществляющих государственный санитарный надзор за объектами, работники которых подвергаются воздействию аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон, иных организаций, осуществляющих медицинскую профилактику воздействия на организм вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Ввиду того, что фазово-контрастная микроскопия не позволяет дифференцировать волокна по их типу (органические или минеральные, искусственные или природные), разработанный метод имеет свои ограничения и применим для определения количества респирабельных волокон в воздухе рабочей зоны только при известном источнике их поступления.

Важным параметром при проведении отбора проб является выбор скорости отбора. Скорость отбора пробы определяется многими факторами: параметрами аспирационного устройства (шкала ротаметров, создаваемое разрежение), степенью общей запыленности воздуха рабочей зоны и др. С учетом ранее выполненных исследований можно сделать вывод о том, что оптимальная скорость отбора проб может варьировать от 0,5 до 5 л/мин. Это позволяет обеспечить достаточную длительность отбора пробы, не перегружая фильтры. При этом важно обеспечивать постоянную скорость потока воздуха при отборе проб, проводя постоянный контроль расхода по ротаметрам.

Точность подсчета зависит от количества подсчитанных волокон и однородности их распределения на фильтре. Теоретически этот процесс можно описать распределением Пуассона – вероятностное распределение дискретного типа, моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга. При таком распределении коэффициент вариации составит 0,1 для 100 подсчитанных волокон и 0,32 – для 10. Однако практический коэффициент вариации выше теоретического из-за субъективных различий в подсчетах разных операторов. Многочисленные межлабораторные сличительные испытания, проведенные в странах Европы и США, позволили рассчитать реальный коэффициент вариации для различного количества подсчитанных волокон и прийти к выводу, что подсчет более 100 волокон на

фильтре дает лишь незначительное увеличение точности, при этом ошибка становится очень значительной при подсчете малого количества волокон [5,6,7]. Для оптимальной точности подсчета объем пробы должен обеспечивать плотность волокон на фильтре от 50 до 650 вол/мм<sup>2</sup>, при этом верхний предел может быть увеличен до 1000 вол/мм<sup>2</sup> при условии отсутствия высокого уровня загрязнения фильтра неволокнистыми частицами.

Ввиду достаточной сложности методики особенно важной для обеспечения точности измерений является квалификация операторов и проведение сличительных испытаний. Освоение данной методики требует получения определенных практических навыков, особенно в части микроскопии препаратов, поэтому для подготовки квалифицированных операторов целесообразно прохождение обучения в лаборатории, внедрившей и использующей данный метод в практике деятельности.

Конечным этапом выполнения методики является гигиеническая оценка измеренных величин. Для проведения гигиенической оценки содержания аэрозолей волокнистых минералов в воздухе рабочей зоны на основании полученного значения среднесменной концентрации респирабельных волокон устанавливается максимально разовая предельно допустимая концентрация и/или среднесменная предельно допустимая концентрация массы взвешенных частиц. Измерение максимально разовой концентрации и среднесменной концентрации массы взвешенных частиц проводится в соответствии с методиками по измерению концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Далее полученные значения максимально разовой концентрации и/или среднесменной концентрации массы взвешенных частиц сравнивают с гигиеническим нормативом, установленным для данного рабочего места на основании полученного значения среднесменной концентрации респирабельных волокон.

Таким образом, предложенный метод профилактики, изложенный в Инструкции по применению № 003-0418 «Метод гигиенической оценки содержания аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны» (утверждена заместителем Министра – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 12.06.2018) основан на создании принципиально новой системы оценки содержания волокнистых минеральных аэрозолей в воздушной среде производственных помещений. Использование данного метода в практике лабораторного обследования рабочих мест с наличием профессионального контакта работников с минеральной пылью, содержащей в своем составе волокнистые структуры, дает возможность объективно оценивать уровень опасности пылевого фактора, улучшать эффективность контроля риска развития заболеваний, обусловленных повреждающим воздействием аэрозолей волокнистых минералов и повышает уровень контроля загрязнения воздуха рабочей зоны аэрозолями природных и искусственных волокнистых минералов.

### Список литературы

1. Асбест. Экономическая оценка запретов и сокращения производства и потребления / L.P. Allen [и др.]. – Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2017. – 54 с.
2. Прогнозирование риска развития профессиональной пылевой патологии у лиц, контактирующих с пылью хризотил-асбеста / С.В. Кузьмин [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – №12. – С. 36-40.
3. Chrysotile asbestos [Electronic resource] // World Health Organization. – Mode of access: [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/chrysotile\\_asbestos\\_summary.pdf](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chrysotile_asbestos_summary.pdf). – Date of access: 01.05.2017.
4. Prevention of Asbestos-Related Disease in Countries Currently Using Asbestos / D. Marsili [et.al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2016. – Vol. 13 (5). – P. 494.
5. Determination of airborne fiber number concentrations: A recommended method by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method) / World Health Organization. – Geneva, 1997. – 53 p.
6. Asbestos and other fibers by PCM [Electronic resource] : method 7400 // NIOSH Manual of Analytical Methods / National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). – 4th ed. – Mode of access: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7400.pdf>. – Date of access: 04.12.2017.
7. Безопасность труда при работе с асбестом: инструкция / Международная организация труда. – Женева, 1984. – 115 с.