

Министерство здравоохранения Республики Беларусь

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Министра – Главный  
государственный санитарный врач  
Республики Беларусь

  
Н.П. Жукова

«14» июля 2018 г.

Регистрационный № 003-0418

МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ  
ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН В  
ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ — РАЗРАБОТЧИК: Республиканское унитарное  
предприятие «Научно-практический центр гигиены»

АВТОРЫ:

д.м.н. Косяченко Г.Е., Иванович Е.А., к.м.н. Гиндюк А.В., Тишкевич Г.И.

Минск – 2018

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель министра —  
Главный государственный санитарный  
врач Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ Н. П. Жукова  
12.06.2018  
Регистрационный № 003-0418

**МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ  
ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН  
В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК: РУП «Научно-практический центр гигиены»

АВТОРЫ: д-р мед. наук Г. Е. Косяченко, Е. А. Иванович, канд. мед. наук  
А. В. Гиндюк, Г. И. Тишкевич

Минск 2018

## ГЛАВА 1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Настоящая инструкция по применению (далее — инструкция) описывает метод гигиенической оценки содержания аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны, основанный на подсчете количества волокон с применением фазово-контрастной микроскопии и расчете среднесменной концентрации респирабельных волокон<sup>1</sup>.

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 аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон.

2. Метод может быть использован при известном источнике поступления природных и искусственных минеральных волокон в воздух рабочей зоны.

3. Инструкция предназначена для организаций здравоохранения, осуществляющих государственный санитарный надзор за объектами, работники которых подвергаются воздействию аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон, а также иных организаций, проводящих медицинскую профилактику влияния на организм вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

## ГЛАВА 2 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Для целей настоящей Инструкции использованы следующие термины и их определения:

1.1. Аэрозоли природных минеральных волокон — разновидность аэродисперсных систем, представленных взвешенными в газообразной среде волокнистыми частицами пыли природного происхождения, образующихся в результате производства, применения, утилизации изделий на основе природных минералов с волокнистой структурой (асбест, эрионит, аттапульгит, сепиолит и некоторые другие).

1.2. Аэрозоли искусственных минеральных волокон — разновидность аэродисперсных систем, представленных взвешенными в газообразной среде волокнистыми частицами пыли искусственного происхождения, образующихся в результате производства, применения, утилизации изделий на основе искусственных минеральных волокон (стекловолокно, стекловата, вата минеральная, вата шлаковая и некоторые другие).

1.3. Волокно — структурированная, определяемая визуально частица, у которой длина превышает диаметр не менее чем в 3 раза.

1.4. Зона дыхания — пространство в радиусе до 50 см от лица работника.

---

<sup>1</sup> Инструкция вступает в силу с даты введения в действие Гигиенического норматива,

1.5. Рабочая зона — пространство высотой 2 м над уровнем пола либо площадки, на которой находятся места постоянного (более 50 % продолжительности рабочей смены или более 2 ч непрерывно) или временного пребывания работников. При выполнении работ в различных пунктах рабочей зоны постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

1.6. Респирабельное волокно — частица с диаметром, равным или менее 3 мкм, длиной 5 мкм или более и таким соотношением размеров, при котором длина превышает диаметр не менее чем в 3 раза.

1.7. Среднесменная концентрация респирабельных волокон, вол/см<sup>3</sup> — средняя концентрация респирабельных волокон, установленная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены или средневзвешенная во времени длительности рабочей смены концентрация респирабельных волокон в зоне дыхания работников на местах постоянного или временного их пребывания.

### ГЛАВА 3 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, РЕАКТИВЫ

#### 1. Средства измерения:

1.1. Аспирационное устройство, включающее насос и ротаметры, обеспечивающее требуемую скорость потока воздуха.

1.2. Секундомер.

1.3. Средство измерения температуры.

1.4. Средство измерения атмосферного давления.

1.5. Средство измерения относительной влажности воздуха.

1.6. Исследовательский фазово-контрастный микроскоп, укомплектованный:

- окулярным измерителем с диаметром видимой в поле зрения окружности поля  $100 \pm 2$  мкм и/или системой визуализации изображений и программным обеспечением для интерактивных измерений длины объектов;

- объективами 10- и 40-кратного увеличения для работы методом фазового контраста;

- зеленым фильтром;

- объект-микрометром для калибровки.

#### 2. Вспомогательные устройства:

2.1. Фильтры мембранные многослойные, изготовленные из смеси эфиров и нитрата целлюлозы, диаметром 25 мм и с размером пор 0,8 мкм.

2.2. Подложки из целлюлозы для фильтров диаметром 25 мм.

2.3. Аэрозольные фильтродержатели, снабженные крышками, предотвращающими загрязнение и механическое повреждение фильтра.

2.4. Предметные стекла размером  $76 \times 25$  мм толщиной 1 мм.

2.5. Покровные стекла толщиной 0,17 мм.

2.6. Пинцет.

2.7. Дозатор пипеточный или шприц медицинский.

2.8. Баня водяная.

3. Реактивы:

3.1. Ацетон технический.

3.2. Триацетат глицерина (триацетин) 99 %.

## ГЛАВА 4 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОТБОР ПРОБ И ПОДГОТОВКА ПРЕПАРАТОВ

1. Перед использованием партии фильтров (100 штук) из каждой партии выбирают 1 фильтр с целью контроля фонового загрязнения. Оценка фонового загрязнения фильтров производится таким же образом, как и подсчет респираторных волокон на фильтрах после отбора проб. Фоновая загрязненность фильтра не должна превышать 5 волокон на 100 полей отсчета. Если количество обнаруженных волокон превышает это значение, то вся партия бракуется и не используется для отбора проб.

2. Перед отбором проб фильтры с помощью пинцета вставляются в аэрозольные фильтродержатели на подложки из целлюлозы, затем фильтродержатели закрываются крышками.

3. Отбор проб воздуха проводится в зоне дыхания работника либо с максимальным приближением к ней воздухозаборного устройства (на высоте 1,5 м от пола либо рабочей площадки при работе стоя и 1 м — при работе сидя). Если рабочее место не постоянное, отбор проб проводится в точках рабочей зоны, в которых работник находится в течение смены.

4. При использовании портативных индивидуальных аспирационных устройств фильтродержатель крепится на верхнюю одежду работника на расстоянии не более 50 см от лица.

5. При отборе проб с использованием штатива для размещения фильтродержателей его не следует располагать вблизи стен и крупногабаритных конструкций.

6. При любом способе отбора проб фильтродержатели располагаются таким образом, чтобы воздухозаборное отверстие было направлено вниз.

7. Для определения среднесменной концентрации респираторных волокон возможен непрерывный или дискретный отбор проб воздуха с последующим расчетом средневзвешенной во времени величины с учетом пребывания работника на всех (в т.ч. вне контакта с аэрозолями природных и искусственных минеральных волокон) стадиях и операциях технологического процесса, включая перерывы.

8. При использовании непрерывного метода производят последовательный отбор проб воздуха на фильтры в течение не менее 75 % продолжительности рабочей смены.

9. Для отбора проб дискретным методом в любой намеченной точке на каждой стадии технологического процесса или отдельной операции используется не менее трех фильтров. Отбор на фильтры производится последовательно через равные промежутки времени.

10. Скорость отбора пробы может варьировать от 0,5 до 5 л/мин.

11. Объем пробы должен обеспечивать плотность волокон на фильтре при подсчете от 50 до 650 вол/мм<sup>2</sup>. Верхний предел может быть увеличен до 1000 вол/мм<sup>2</sup> при условии отсутствия высокого уровня загрязнения неволокнистыми частицами.

12. Для ориентировочного расчета длительности отбора пробы может быть использована формула 1:

$$t = \frac{A_c \times E}{Q \times L \times 10^3}, \quad (1)$$

где  $t$  — длительность отбора пробы, мин;

$A_c$  — эффективная площадь фильтра, мм<sup>2</sup> (для фильтра диаметром 25 мм  $A=385$  мм<sup>2</sup>);

$E$  — заданная плотность волокон на фильтре, вол/мм<sup>2</sup>;

$Q$  — скорость отбора пробы, л/мин;

$L$  — половина предельно допустимой среднесменной концентрации респираторных волокон в воздухе рабочей зоны, вол/см<sup>3</sup>.

13. После окончания отбора проб фильтродержатели с фильтрами сразу же закрывают крышкой. Транспортировка и временное хранение фильтров должны осуществляться в закрытых фильтродержателях, которые должны открываться непосредственно перед подготовкой фильтров к просветлению.

14. После отбора проб фильтры с помощью пинцета извлекаются из фильтродержателей и помещаются на предметное стекло поверхностью отбора вверх.

15. Предметные стекла с фильтрами помещаются в среду паров ацетона до полного просветления фильтра. Ацетон нагревают на водяной бане до кипения в вытяжном шкафу.

16. На просветленный фильтр на предметном стекле с помощью дозатора или шприца наносится 1 капля триацетина, после чего фильтр накрывается покровным стеклом, которое опускается на фильтр под углом без нажатия.

17. Подготовленные препараты подвергаются микроскопии не ранее чем через 24 ч.

18. Для ускорения процесса окончательного просветления фильтров возможно их прогревание в течение 30 мин при температуре 50 °С.

19. Подготовленные таким способом препараты могут храниться неограниченное время.

20. Подготовка и исследование фильтров проводятся в лабораторных условиях, предотвращающих дополнительное загрязнение.

## ГЛАВА 5 МИКРОСКОПИЯ ПРЕПАРАТОВ

1. Фильтр просматривается при малом увеличении микроскопа с использованием объектива 10х. Визуально оценивается поверхность всего фильтра на предмет равномерности оседания пылевых частиц, отсутствия агрегатов пыли. Если на фильтре наблюдаются выраженные различия плотности разных участков, обнаруживается значительное загрязнение фильтра волокнами (более 50 % площади фильтра покрыто частицами пыли) или другими пылевыми частицами, то делается заключение о невозможности подсчета респираторных волокон, и фильтр бракуется.

2. При равномерном распределении пылевых частиц на фильтре переходят на объектив 40х. Фокусировка проводится на всю глубину залегания частиц на фильтре. Для подсчета респираторных волокон обзорное поле ограничивается площадью окулярного измерителя или наложением круглой координатной сетки с диаметром  $100 \pm 2$  мкм при использовании системы визуализации изображений.

3. Перед измерением окулярный измеритель или координатная сетка калибруются при помощи объект-микрометра.

4. Подсчитываются респираторные волокна на 100 полях отсчета. Поля для подсчета волокон выбираются путем передвижения объектива микроскопа над препаратом зигзагообразно, избегая повторного попадания в объектив того же поля.

5. Не учитываются поля:

- лежащие ближе 4 мм к краю фильтра;
- на которых более  $\frac{1}{8}$  части покрыто непрозрачными агрегатами или воздушными пузырями;

- если волокна в поле затенены настолько, что невозможно четкое определение их линейных размеров.

6. Если количество неучтенных полей на всем фильтре составляет более 50, то делается заключение о невозможности подсчета респираторных волокон, и фильтр бракуется.

7. Подсчитываются все частицы, удовлетворяющие определению «респираторное волокно». Частица, у которой оба конца лежат внутри поля отсчета, подсчитывается как одно волокно, частица с одним концом в поле отсчета — как  $\frac{1}{2}$  волокна. Волокна, проходящие через поле насквозь, не подсчитываются.

8. Расщепленные волокна с одним стволем подсчитываются как одно волокно.

9. Волокна, прикрепленные к зернам, подсчитываются при условии, что диаметр зерна не превышает 3 мкм.

10. Пересекающиеся друг с другом сгруппированные волокна подсчитываются отдельно. Пучки волокон, лежащих параллельно, подсчитываются как одно волокно при условии, что диаметр пучка не превышает 3 мкм.

11. Максимальное количество респираторных волокон в поле зрения не должно превышать 10, при этом среднее значение для всех подсчитанных полей не должно превышать 5 вол/поле. При превышении этих значений делается

заклучение о невозможности подсчета респирательных волокон, и фильтр бракуется.

## ГЛАВА 6

### РАСЧЕТ СРЕДНЕСМЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕСПИРАТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

1. При дискретном отборе проб рассчитывают концентрацию волокон в пробах воздуха, отобранных на каждый фильтр по формуле 2:

$$C = \left(\frac{N}{n}\right) \times \frac{A}{1000aV} = \frac{385\left(\frac{N}{100}\right)}{1000 \times 0,00785V} = 0,49 \frac{N}{V}, \quad (2)$$

где  $C$  — концентрация респирательных волокон, вол/см<sup>3</sup>;

$N$  — количество подсчитанных волокон на всех полях отсчета, вол;

$n$  — число полей отсчета, на которых велся подсчет волокон на фильтре ( $n=100$ );

$A$  — эффективная площадь фильтра, мм<sup>2</sup> (для фильтра диаметром 25 мм  $A=385$  мм<sup>2</sup>);

$a$  — площадь поля отсчета, мм<sup>2</sup> (площадь окулярного измерителя «Walton-Beckett» или круглой координатной сетки при использовании системы визуализации изображений при диаметре 100 мкм равна 0,00785 мм<sup>2</sup>);

$V$  — объем пробы воздуха, приведенный к нормальным условиям в соответствии с требованиями нормативной документации, дм<sup>3</sup>.

2. Далее из полученных значений концентраций респирательных волокон в пробах воздуха, отобранных на все фильтры в одной точке отбора, рассчитывается среднее арифметическое значение, которое является концентрацией респирательных волокон в данной точке отбора при определенной стадии (операции) технологического процесса.

3. Из полученных концентраций респирательных волокон в разных точках отбора рассчитывается средневзвешенная во времени величина (на 100 % времени смены), которая и будет являться среднесменной концентрацией респирательных волокон. Расчет проводится по формуле 3:

$$C_{cc} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 \dots + C_n t_n}{t_1 + t_2 \dots + t_n}, \quad (3)$$

где  $C_{cc}$  — среднесменная концентрация респирательных волокон, вол/см<sup>3</sup>;

$C_1, C_2, C_n$  — концентрация респирательных волокон в одной точке отбора при определенной стадии (операции) технологического процесса, вол/см<sup>3</sup>;

$t_1, t_2, t_n$  — продолжительность отдельных стадий (операций) технологического процесса, мин.



4. При непрерывном отборе проб расчет среднесменной концентрации респираторных волокон проводится по формуле 4:

$$C_{cc} = 0,49 \frac{N}{V}, \quad (4)$$

где  $C_{cc}$  — среднесменная концентрация респираторных волокон, вол/см<sup>3</sup>;

$N$  — количество подсчитанных волокон на всех фильтрах, на которые велся отбор проб на рабочем месте в течение рабочей смены, вол;

$V$  — суммарный объем всех проб воздуха, отобранных на рабочем месте в течение рабочей смены, приведенный к нормальным условиям в соответствии с требованиями нормативной документации, дм<sup>3</sup>.

5. На основании полученного значения среднесменной концентрации респираторных волокон устанавливается максимальная разовая предельно допустимая концентрация и/или среднесменная предельно допустимая концентрация массы взвешенных частиц.

6. Измерение максимальной разовой концентрации и среднесменной концентрации массы взвешенных частиц проводится в соответствии с методиками измерения концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

7. Полученные значения максимальной разовой концентрации и/или среднесменной концентрации массы взвешенных частиц сравнивают с гигиеническим нормативом, установленным для данного рабочего места на основании полученного значения среднесменной концентрации респираторных волокон.

## ГЛАВА 7

### КВАЛИФИКАЦИЯ ОПЕРАТОРОВ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РЕСПИРАТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН

1. Точность проводимых измерений зависит от квалификации оператора. Перед выполнением исследований следует пройти обучение в лаборатории, внедрившей и использующей данный метод в практике деятельности.

2. Для выполнения исследований оператор должен владеть техникой работы на фазово-контрастном микроскопе.

3. Для обеспечения точности измерений рекомендуется внутренний периодический лабораторный контроль сходимости результатов измерений, выполненных одним оператором и несколькими операторами. Для такого контроля могут использоваться как рабочие препараты, так и специально подготовленные из них тестовые образцы, на которых путем многократных подсчетов (не менее 15) определено среднее содержание респираторных волокон.

4. Расхождение между двумя результатами повторных измерений респираторных волокон, проведенных на одном и том же фильтре одним оператором, считается допустимым, если оно составляет не более 15 %.

5. Расхождение между двумя результатами повторных измерений респираторных волокон, проведенных на одном и том же фильтре двумя разными операторами, считается допустимым, если оно составляет не более 30 %.