

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северо-Осетинская государственная медицинская академия»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**КАФЕДРА ОБЩЕЙ ГИГИЕНЫ  
И ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

**А.Р. Кусова, Е.Г. Цилидас**

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ АЭРОЗОЛИ И ИХ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

Учебно-методическое пособие для студентов  
обучающихся по специальности «Лечебное дело», «Стоматология»

Владикавказ 2016

УДК 613.6  
ББК 51.245

**Кусова А.Р., Цилидас Е.Г.**

Производственные аэрозоли: методические рекомендации для студентов лечебного и стоматологического факультетов

Северо-Осетинская государственная медицинская академия. - Владикавказ, 2016. – 22с.

Данное методическое пособие содержит материал, отражающий современные гигиенические представления о таком распространенном вредном производственном факторе как промышленная пыль, а также о ее влиянии на организм. Изложены данные о классификации пыли, физических и химических свойствах, определяющих силу ее вредного воздействия. Приведена информация о неспецифических и специфических заболеваниях возникающих под воздействием промышленных аэрозолей. Описана современная классификация пневмокониозов, их клиническая картина и основные методы профилактики

Пособие снабжено таблицами, тестовыми заданиями, списком основной и рекомендуемой дополнительной литературы, облегчающими усвоение материала.

Методическое пособие «Производственные аэрозоли», подготовлено по дисциплине «Гигиена» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов, обучающихся по специальности Лечебное дело (31.05.01), Стоматология (31.05.03)

**УДК 613.6  
ББК 51.245**

**Рецензенты:**

Бибаева Л.В. - доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и гистологии ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России.

Калагова Р. В. - доцент, доктор химических наук, заведующая кафедрой физики и химии ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России

*Утверждено и рекомендовано к печати Центральным координационным учебно-методическим советом ФГБОУ ВПО СОГМА Минздрава России (протокол № 1 от 12 сентября 2016 г.).*

Пыль - наиболее распространенная профессиональная вредность, воздействию которой подвергаются большие контингенты работающих многочисленных профессий разнообразных отраслей народного хозяйства. На протяжении последних лет частота профзаболеваний, связанных с воздействием промышленных аэрозолей, занимает первое место в структуре профессиональных заболеваний и составляет от 27,26 до 31,62%.

Пыль - аэродисперсная система, в которой дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой - пылевые частицы. Пылевые частицы находятся в твердом состоянии и имеют размеры от десятых долей миллиметра до долей микрометра. Диспергирование твердых веществ происходит при взрывах, ударах, размоле, дроблении, трении, сверлении, шлифовке, горении и многих других операциях. Вследствие этого пылеобразование является распространенным процессом. Аэрозоли, образующиеся при измельчении твердых (и жидких) веществ, называются аэрозолями измельчения или *дезинтеграции*. Форма их частиц - неправильная. Аэрозоли *конденсации* (или «дымы») образуются при плавке, сварке, плазменном напылении металлов. Пыль классифицируют по происхождению, способу образования, дисперсности, действию на организм (табл. 1, 2).

Гигиеническое значение промышленных аэрозолей зависит от их физико-химических свойств, количественной характеристики. К основным свойствам пыли относят: происхождение и химический состав, токсичность, степень дисперсности, растворимость, удельный вес, удельная поверхность, степень радиоактивности, электрические свойства и др. Выраженность действия пыли на организм зависит также от индивидуальной чувствительности организма, тяжести и напряженности трудового процесса, производственного микроклимата.

Таблица №1

## Классификация производственной пыли

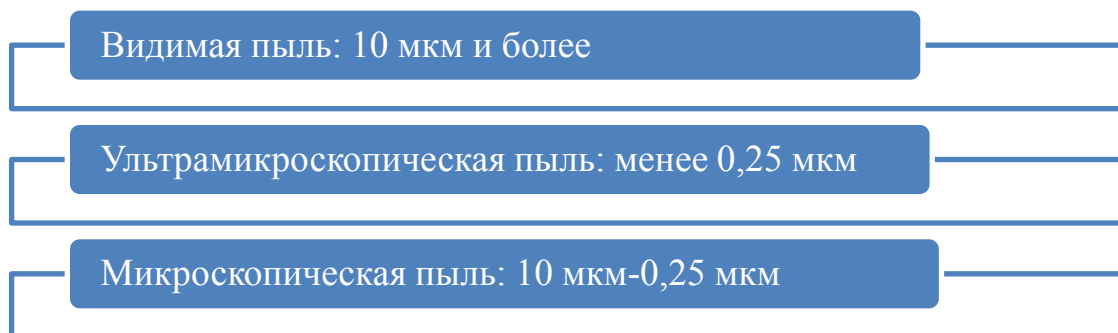
### I. По происхождению

|                |                                                                                                                                                                                             |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Органическая   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Растительная</li> <li>• Животная</li> <li>• Искусственная (пыль пластмасс, резины, смол, красителей и др.)</li> </ul>                              |
| Неорганическая | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Минеральная (кварцевая, силикатная, асбестовая, наждачная и др.)</li> <li>• Металлическая (цинковая, медная, железная, свинцовая и др.)</li> </ul> |
| Смешанная      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Минерально-металлическая</li> <li>• Растительно-минеральная</li> </ul>                                                                             |

## II. По образованию



## III. По дисперсности



Дисперсность аэрозолей определяет скорость оседания частиц во внешней среде. Мельчайшие частицы размером 0,01 – 0,1 мкм могут находиться в воздухе длительное время в состоянии броуновского движения. Более крупные оседают из воздуха со скоростью, обусловленной размером и удельным весом. Скорость оседания крупных частиц определяется законом Ньютона (с ускорением силы тяжести), мелких – от 0,1 до 100 мкм законом Стокса (с ускорением свободного падения).

### ***Классификация производственной пыли по действию на организм***

Аэрозоли преимущественно:

- фиброгенного действия (АПФД);
- общетоксического;
- раздражающего;
- канцерогенного;
- мутагенного действия;
- аэрозоли, влияющие на репродуктивную функцию.

Особое место занимают аэрозоли биологически активных веществ: витаминов, гормонов, антибиотиков, веществ белковой природы.

*Дисперсность* является важным ее свойством. Степень дисперсности определяет глубину проникновения пыли в дыхательные пути. В альвеолы легко проникает пыль размером 0,5-5 мкм. Выраженной фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с частицами менее 0,3-0,4 мкм, т.к. они непосредственно задерживаются в альвеолах. Более крупные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях и выделяются с мокротой. Ультрамикроскопические пылевые частицы легко переходят из альвеол в лимфатические пути и удаляются из легких.

*Растворимость* для токсической пыли ускоряет и усиливает ее вредное влияние. Нетоксичная растворимая пыль менее опасна для организма.

*Электрические свойства пыли.* Заряженные пылевые частицы более активно задерживаются в дыхательных путях. Более выраженным действием на организм обладают биполярно заряженные пылевые частицы.

С увеличением *удельной поверхности* пыли повышается ее адсорбционная способность к газам (окись углерода, метан, окислы азота и др.). Это приводит к усилению вредного воздействия пыли на организм.

Многие виды растительной и животной пыли являются носителями *микробиоты* (грибов, бактерий, яиц гельминтов, клещей).

Токсические аэрозоли относятся к промышленным ядам. Выраженной токсичностью обладает пыль свинца, бериллия, ванадия, тория, окиси кадмия и др. При попадании в организм такие пылевые частицы могут вызвать отравления.

*Производственная пыль* – причина возникновения многообразных пылевых заболеваний человека. Различают специфические и неспецифические пылевые поражения. К специфическим поражениям относят пневмокониозы, к неспецифическим – острые и хронические заболевания верхних дыхательных путей, хронические бронхиты, заболевания глаз (конъюнктивиты, кератиты) и кожи. К числу крайне редких пылевых заболеваний относят новообразования, возникающие при контакте с радиоактивной пылью (рак бронхов), а также осложнения некоторых видов пылевых поражений легких (силикоз, асбестоз).

### **Специфические пылевые заболевания**

***Пневмокониозы*** – хронические специфические профессиональные пылевые заболевания легких; характеризуются развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного действия фиброгенных аэрозолей с примесями свободного диоксида кремния. Пневмокониозы развиваются, как правило, при длительной работе (от 5 до 20 лет) в условиях повышенной запыленности. В зависимости от вида воздействующей пыли различают 6 групп пневмокониозов (табл. 2). В зависимости от преимущественного действия промышленной пыли и реакции организма выделяют 3 группы пневмокониозов.

*I группа:* пневмокониозы, развивающиеся от воздействия высоко фиброгенной и умеренно фиброгенной пыли (с содержанием свободной  $\text{SiO}_2$

более 10%). Сюда относятся силикоз, антракосиликоз, силикосидероз, силикосиликатоз и др. Эти заболевания склонны к прогрессированию фиброзного процесса и осложнению туберкулезом. Силикоз - наиболее тяжелая форма пневмокониоза. Заболевание прогрессирует даже после прекращения работы в пылевой профессии.

*II группа.* Пневмокониозы от воздействия слабо фиброгенной пыли (с содержанием свободной  $\text{SiO}_2 < 10\%$  или не содержащей ее). К ним относятся силикатозы (асбестоз, талькоз, каолиноз и др.), карбокониозы, пневмокониоз шлифовальщиков, сидероз, баритоз и др.

Таблица №2

*Классификация пневмокониозов*

| <b>Группа пневмокониозов</b>                                               | <b>Пыль, вызывающая заболевания</b>       | <b>Название пневмокониоза</b>                                    |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1. Силикоз                                                                 | Пыль, содержащая свободную $\text{SiO}_2$ | Силикоз                                                          |
| 2. Силикатозы                                                              | Пыль, содержащая связанную $\text{SiO}_2$ | Оливиноз, нефелиноз, каолиноз, цементоз, талькоз, асбестоз и др. |
| 3. Карбокониозы                                                            | Углеродсодержащая пыль                    | Антракоз, графитоз, сажевый пневмокониоз                         |
| 4. Металлокониозы                                                          | Металлы, их окиси                         | Сидероз, алюминоз, баритоз, марганокониоз и др.                  |
| 5. Пневмокониозы от воздействия смешанной пыли                             | Пыль железных руд                         | Сидеросиликоз                                                    |
|                                                                            | Смешанная пыль угольных шахт              | Антракосиликоз                                                   |
| 6. Пневмокониозы от воздействия органической пыли (растительной, животной) | Пыль хлопка, льна                         | Биссиноз                                                         |
|                                                                            | Пыль сахарного тростника                  | Багассоз                                                         |
|                                                                            | Пыль сена, соломы (содержащая грибы)      | «Фермерское» легкое                                              |

Этим формам пневмокониозов характерны умеренно выраженный фиброз, более доброкачественное и малопрогрессирующее течение. Тяжесть заболевания определяется осложнениями неспецифической инфекцией, хроническим бронхитом.

*III группа:* пневмокониозы от аэрозолей токсико-аллергенного действия (пыль, содержащая металлы - аллергены, пыль пластмасс, органическая пыль и др.). Сюда относятся бериллиоз, алюминоз, биссиноз, легкое фермера и др.

Пневмокониозы этой группы характеризуются разными формами диффузного, мелкогрануломатозного, интерстициального фиброза вплоть до массивных форм пневмофиброза и «сотового» легкого.

*Биссиноз* – заболевание, развивающееся у рабочих под действием пыли хлопка, льна, конопли, джута. Растительная пыль, как правило, обсемененная грибами и бактериями, вызывает сенсibiliзирующее действие. В результате развиваются нарушения бронхиальной проходимости с последующими стойкими изменениями бронхолегочного аппарата и легочно-сердечной недостаточностью.

По характеру течения различают 3 формы пневмокониоза:

- 1) *узелковую*, наиболее распространенную, характеризующуюся обилием склеротических силикотических узелков, содержащих  $\text{SiO}_2$ . В виде такой формы протекает силикоз в I и II стадиях, а также в значительной части случаев – асбестоз, талькоз и каолиноз;
- 2) *диффузно-склеротическую*, с более доброкачественным, часто бессимптомным течением, характеризующуюся интенсивным склерозом и малым количеством силикотических узелков. Такая форма течения характерна для некоторых силикатозов (оливиноз, отдельные случаи асбестоза, талькоза и каолиноза), сидероза, охроза, антракоза и биссиноза;
- 3) *опухолевидная*, тяжелая форма силикоза, часто сочетающаяся с туберкулезом легких, обычно является конечной стадией узелковой формы (III стадия силикоза) и характеризуется слиянием узелков и образованием опухолевидных крупных хрящевидных узлов. Содержание  $\text{SiO}_2$  до 5,26% к массе легкого. Опухолевидная форма течения характерна и для легочной формы бериллиоза.

Среди различных пневмокониозов наибольшую опасность, в силу широкого распространения и необратимого, хотя и медленного течения, представляет силикоз, связанный с длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

На начальных стадиях пневмокониоза клиническая симптоматика малоспецифична. Отличительной особенностью большинства пневмокониозов является длительное отсутствие субъективных и объективных клинических проявлений заболевания при постепенно развивающемся фиброзе. При прогрессировании болезни наблюдается изменение показателей функции внешнего дыхания, формирование эмфиземы легких. Основным исход пневмокониозов – развитие легочной гипертензии. По течению различают быстро прогрессирующие пневмокониозы (развитие фиброза за 5-6 лет), медленно прогрессирующие и пневмокониозы с признаками рентгенологической регрессии. Позднее развитие пневмокониоза первой группы возможно спустя 10 – 20 лет после прекращения работы в условиях непродолжительного (до 5 лет) воздействия высоких концентраций (поздний силикоз). В отдельных случаях заболевание может наблюдаться и при малых сроках работы. Так, описаны случаи гибели больных от силикоза, развивающегося после 9 – 17 месяцев работы в условиях интенсивной

запыленности при проходке туннелей, у пескоструйщиков, шлифовальщиков стекла, лакировщиков кожи. Наименьший же стаж работы (из описанных подобных примеров) составлял всего 35 дней – 280 рабочих часов. Наиболее тяжелым осложнением пневмокониоза первой группы является туберкулез. *Кониотуберкулез* – самостоятельная форма болезни, ее неблагоприятный прогноз определяется прогрессированием фиброза и активностью туберкулезного процесса.

Силикоз относится к прогрессирующим заболеваниям. I стадия неуклонно переходит во II, II в III стадию, которая кончается легочной недостаточностью, развитием легочного сердца, его декомпенсацией и гибелью больного. Развитие силикоза продолжается даже в случае, если рабочий перестал работать, а в ряде случаев заболевание начинает развиваться уже после прекращения работы.

Силикоз обладает еще одним коварным свойством – он предполагает к развитию туберкулеза легких. При этом, чем тяжелее силикоз, тем чаще он осложняется. Если в I стадии он встречается в 15 - 20% случаев, то во II стадии в 30%, а в III стадии в 80% случаев. Причем силико-туберкулез протекает клинически значительно тяжелее, чем эти заболевания в отдельности и туберкулез у таких больных крайне плохо поддается лечению, поэтому такие больные чаще всего гибнут именно от туберкулеза.

Силикоз может осложняться и другими инфекциями: пневмонией, бронхитом, бронхоэктатической болезнью, иногда наблюдается спонтанный пневмоторакс.

Рак легких при силикозе встречается сравнительно редко, что связано, очевидно, с развитием силикоза в сравнительно молодом возрасте, а также с тем, что больные эти погибают раньше, чем возникают новообразования.

Существует много теорий патогенеза силикоза (около 50), из которых основными являются: *механическая, токсико-химическая, инфекционная, теория радиоактивного действия пыли, коллоидная, теория действия полимеризованной кремневой кислоты* и ряд других.

В настоящее время наиболее признанной является иммунологическая теория. Согласно этой теории начальным звеном процесса является фагоцитоз частиц двуокиси кремния макрофагами, превращающимися в пылевые клетки. Фагоцитированные частички сорбируют на своей поверхности белки цитоплазмы макрофагов, вызывая их гибель. Возникающие при распаде макрофагов сложные белки – муко- и липопротеины являются антигенами, т.е. аутоантигенами, вызывающими образование антител в ретикуло-эндотелиальной системе. Возникающий при этом преципитат (аутоантиген + антитело) выпадает на новообразованных ретикулиновых волокнах формирующегося силикотического узелка, имея вид гиалина с большим содержанием  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов.

Освобождающиеся при распаде пылевых клеток частички  $\text{SiO}_2$  опять фагоцитируются макрофагами, и процесс повторяется вновь. Одновременно в силикотических узелках и лимфатических узлах идет усиленное образование плазматических клеток, играющих большую роль в выработке антител.

Вместе с тем силикоз нельзя рассматривать как коллагеноз. В основе склероза при силикозе лежит не воспалительный, а склеротический процесс, развивающийся по типу первичного реактивного процесса.

Силикатозы возникают под воздействием различных производственных пылей, содержащих связанную двуокись кремния. По характеру возникающих в легких изменений силикатозы являются разновидностью силикоза. Однако они отличаются от него по этиологии (частично), по клиническим и патологоанатомическим проявлениям. В зависимости от содержания  $\text{SiO}_2$ , устойчивости его химических соединений и других причин силикатозы развиваются значительно медленнее и протекают по разному.

Такие силикатозы как асбестоз, каолиноз, талькоз по клиническому течению мало отличаются от силикоза. При этих заболеваниях также могут наблюдаться диффузносклеротическая (чаще) и узелковая формы течения I, II и III стадии, причем при *талькозе* и *каолинозе* течение заболевания нередко осложняется присоединяющимся туберкулезом легких, при асбестозе туберкулез наблюдается редко, а в 7-17% имеет место присоединение рака легких.

При *оливинозе*, *нефелино-аппатитовом* и *слюдяном* пневмокониозе также возможно присоединение туберкулеза легких, хотя и редко, однако эти пневмокониозы протекают обычно в диффузносклеротической форме и редко развиваются до II стадии заболевания. При пневмокониозе от *мулита* (соединения глинозема с кремнеземом) заболевание обычно ограничивается I стадией и не прогрессирует.

Еще более доброкачественным, в общей своей массе, течением отличается *антракоз*, возникающий от запыления легких угольной пылью. При антракозе склероз легких не достигает тяжелой степени. Антракоз наблюдается обычно спустя 10–15–20 лет работы в угольных шахтах, отличается медленным течением и крайне редко переходит в III стадию и осложняется туберкулезом легких. Заболевание редко наблюдается в чистом виде, чаще сочетается с силикозом, ибо  $\text{SiO}_2$  почти постоянно входит в состав угольной пыли.

Бурное развитие электронной промышленности, расширение сети производства полупроводниковых приборов, люминесцентных и рентгеновских ламп и других расширяет круг рабочих, подверженных влиянию пыли бериллия. Особенностью хронических форм *бериллиоза* является то, что они могут развиваться не только у лиц, для которых он представляет профессиональную вредность, но также у лиц, живущих вблизи соответствующих производств, у женщин, стирающих спецодежду рабочих этих производств, и даже у детей, родители которых имели контакт с пылью бериллия. При этом процент непрофессионального бериллиоза достигает 8-10 %. Бериллий поступает в организм в виде пыли и паров через дыхательные пути, выделяется главным образом через кишечник и меньше через почки.

Бериллий и его соли обладают высокой токсичностью и вызывают интенсивное размножение клеток соединительной ткани с развитием в различных органах, особенно в легких, гранулематозного процесса, а также

оказывая воздействие на ферменты, в частности, фосфатазу – вызывает нарушение отложения кальция в костях.

Наблюдается две формы течения заболевания – острая и хроническая. Острая форма связана с вдыханием больших количеств бериллия и часто протекает по типу «литевой лихорадки». Длительность заболевания при такой форме может колебаться от 10 дней до 1-2 мес. Хроническая форма (хронический легочный гранулематоз) характеризуется медленным развитием и течением в среднем около 3 лет. Заболевания проявляются иногда во время работы, но чаще спустя несколько месяцев или лет (до 10 лет) после прекращения работы с соединениями бериллия. У рабочих на предприятиях по получению бериллия из руды, при производстве его сплавов, люминесцентных ламп, прессовке полупроводниковых кристаллов и стержней для атомных реакторов хронический бериллиоз может развиваться спустя 2-4 года с начала работы и даже 2-5 нед.

Летальность при профессиональном бериллиозе свыше 20%, а при непрофессиональном еще больше.

Грануломатозный процесс отмечается при хроническом бериллиозе не только в легких, но и в других органах: печени (5%), селезенке (3%), реже в коже и периферических лимфатических узлах.

Патогенез бериллиоза недостаточно ясен, однако существует мнение, что это заболевание связано с образованием соединений бериллия с белками тканей и плазмы крови, которые трудно растворимы и благодаря приобретению свойств антигенов вызывают медленно протекающую гиперергическую гранулематозную реакцию. Механизм реакции не связан с возникновением гуморальных антител, как при силикозе, а заключается в контакте между антигеном и клетками мононуклеарного типа.

Следует отметить, что специфических методов лечения пневмокониозов нет. Лечение больных с пневмокониозом проводят в стационарах, санаториях-профилакториях, санаториях легочного профиля. При этом назначаются лекарства и процедуры, способствующие улучшению оксигенации крови, дренажной функции бронхов и снижению давления в малом круге кровообращения.

### **Неспецифические пылевые заболевания**

*Пылевые бронхиты* возникают при вдыхании умеренно агрессивных смешанных пылей грубой дисперсности (металлической, растительной, цементной и др.). Чаще бронхит развивается после 8-10 лет от начала контакта с пылью. Бронхит от аллергенных пылей осложняется астмой, в дальнейшем - эмфиземой и пневмосклерозом.

*Пылевые заболевания глаз.* При воздействии мышьякосодержащих соединений, анилиновых красок описаны случаи конъюнктивитов и кератитов. Пыль тринитротолуола при длительном воздействии вызывает развитие профессиональной катаракты. При длительном контакте с пылью сернистых и бромистых солей серебра наблюдается профессиональный аргироз

конъюнктивы и роговицы. Пыль каменноугольного кека вызывает при работе на открытом воздухе в солнечную погоду кератоконъюнктивиты -«песковые офтальмии».

*Заболевания кожи от воздействия пыли.* При загрязнении кожных покровов пыль различного состава может оказывать раздражающее, сенсibiliзирующее, фотодинамическое действие. Дерматиты возникают при действии мыли мышьяка, карбида кальция, суперфосфата. Аэрозоли, содержащие продукты нефтяных и минеральных масел, вызывают при длительном контакте развитие масляных фолликулитов. Аллергические профдерматозы (дерматиты, экземы) развиваются при действии на кожу пыли различных полимерных материалов (эпоксидные смолы, капрон и др.), пыли хрома, меди, никеля, кобальта, при воздействии цементной пыли. Загрязнение кожи продуктами переработки нефти и каменного угля на фоне инсоляции вызывает фотодерматит. Многие виды пыли растительного и животного происхождения обладают выраженным аллергическим действием.

### **Мероприятия по профилактике вредного воздействия пыли**

Профилактика должна осуществляться по ряду направлений и включает в себя:

- а) гигиеническое нормирование;
- б) планировочные;
- в) технологические мероприятия;
- г) организационные;
- д) санитарно-технические;
- е) индивидуальные средства защиты;
- ж) лечебно-профилактические мероприятия.

*Гигиеническое нормирование.* Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование.

Основа проведения мероприятий по борьбе с пылью – гигиеническое нормирование. Требование соблюдения установленных ГОСТом ПДК является основным при осуществлении предупредительного и текущего санитарного надзора. Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляется лабораториями санитарно-эпидемиологического надзора, заводскими санитарно-химическими лабораториями. На администрацию предприятий возложена ответственность за поддержание условий, препятствующих повышению ПДК пыли в воздушной среде.

*Регламентация содержания пыли в воздухе* осуществляется в зависимости от ее химического состава. Санитарными правилами предусмотрены допустимые уровни более чем для 130 видов различных производственных аэрозолей. ПДК разнообразных по химическому составу пылей установлены по наименьшему порогу биологического эффекта. Для аэрозолей, обладающих токсичностью, они установлены в зависимости от степени токсичности. Для нетоксичных аэрозолей — в зависимости от содержания свободной двуокиси кремния. Дисперсность пыли учитывается при обосновании предельно-

допустимых концентраций (ПДК) в соответствии с Методическими рекомендациями МЗ СССР «Обоснование ПДК аэрозолей в рабочей зоне» №2673-83. В различных странах верхние границы «респираторной» фракции составляют 5,7,10 мкм и т. д. В России гигиенические регламенты содержания пыли установлены по весовым показателям (мг/м<sup>3</sup>). Учитывая, что среди аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) наибольшей агрессивностью обладает пыль, содержащая свободную двуокись кремния, ПДК таких пылей в зависимости от ее процентного содержания составляют 2 мг/м<sup>3</sup> (до 70%) и 1 мг/м<sup>3</sup> (свыше 70%). Для других видов пылей установлены ПДК от 2 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Требование соблюдения установленных ПДК является основным при осуществлении предупредительного и текущего санитарного надзора. В соответствии с гигиеническими нормативами «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ПДК веществ, относящихся к аэрозолям фиброгенного действия, являются среднесменными (ПДК<sub>сс</sub>). АПФД следует контролировать по среднесменным концентрациям (К<sub>сс</sub>). Вместе с тем в списке ПДК вредных веществ для некоторых АПФД указана и максимально разовая концентрация.

К<sub>сс</sub> – концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб в зоне дыхания работающих или рабочей зоне на промежуток времени, равный не менее чем 75% продолжительности смены, при основных и вспомогательных технологических операциях, а также перерывах в работе с учетом их длительности в течение смены.

Эти концентрации определяются в соответствии с периодичностью медицинских осмотров, а также при изменении технологического процесса, санитарно-технических устройств.

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют, исходя из фактических величин К<sub>сс</sub> АПФД и кратности превышения ПДК<sub>сс</sub> (табл. 3).

Таблица №3

*Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны АПФД, пылей, содержащих природные и искусственные волокна, и пылевых нагрузок на органы дыхания*

| Аэрозоли                                                                                            | Класс условий труда |         |       |        |     |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------|-------|--------|-----|----------|
|                                                                                                     | Допустимый          | Вредный |       |        |     | Опасный* |
|                                                                                                     | 2                   | 3.1     | 3.2   | 3.3    | 3.4 | **       |
| Высоко и умеренно фиброгенные АПФД*; пыли, содержащие природные и искусственные минеральные волокна | ≤ПДК<br>≤КПН        | 1,1-2   | 2,1-4 | 4,1-10 | >10 | -        |
| Слабо фиброгенные                                                                                   |                     |         |       |        |     |          |

|        |                          |       |       |        |     |   |
|--------|--------------------------|-------|-------|--------|-----|---|
| АПФД** | $\leq$ ПДК<br>$\leq$ КПН | 1,1-3 | 3,1-6 | 6,1-10 | >10 | - |
|--------|--------------------------|-------|-------|--------|-----|---|

\* *Высоко и умереннофиброгенные пыли (ПДК  $\leq 2$  мг/м<sup>3</sup>).*

\*\* *Слабофиброгенные пыли (ПДК  $> 2$  мг/м<sup>3</sup>).*

\*\*\* *Органическая пыль в концентрациях, превышающих 200-400 мг/м<sup>3</sup>, представляет опасность возникновения пожара и взрыва.*

В случае превышения ПДК<sub>сс</sub> фиброгенной пыли обязателен расчет пылевой нагрузки.

*Пылевая нагрузка (ПН)* на органы дыхания работающего – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с пылью.

*Технологические мероприятия.* Внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, дистанционное управление, герметизация снижают контакт рабочих с пылеобразованием. Эффективными мероприятиями являются перевод порошкообразных веществ в гранулированное, брикетированное и таблетированное состояние, переход от твердого топлива на газообразное, влажный способ обработки и орошение продуктов, при погрузочных, разгрузочных работах и транспортировке угля, замена сухих процессов мокрыми (шлифование, помол и др.), выделение агрегатов, запыляющих рабочую зону, в изолированные помещения с устройством дистанционного управления.

*Организационные:* регламентация режимов труда и отдыха.

*Санитарно-технические:* укрытие-пылящего оборудования с эффективной аспирацией, устройство рациональной вентиляции. В шахтах и рудниках предусматривается общая и забойная вентиляция, на промышленных предприятиях - вытяжная вентиляция от места образования пыли. Перед выбросом в атмосферу необходима очистка запыленного воздуха. Для борьбы со вторичным пылеобразованием проводится влажная и пневматическая уборка помещений.

*Меры индивидуальной защиты и личной гигиены.* Рабочим выдаются противопылевые респираторы, защитные очки (закрытые или открытые), шлемы, маски с экраном, противопылевые костюмы, комбинезоны. Для горняков, занятых на открытых горных работах, для рабочих карьеров в холодный период года выдается спецодежда и обувь с хорошими теплозащитными свойствами. При контакте с материалами, неблагоприятно воздействующими на кожу, используют защитные пасты и мази. Необходимы ежедневный прием душа, частая смена спецодежды.

*Лечебно- и санитарно-профилактические мероприятия:* предварительные и периодические медицинские осмотры в соответствии с приказами Минздрава РФ, организация профилакториев, фототариев (для шахтеров), дыхательная гимнастика, регулярные ингаляции щелочными растворами, диета с добавлением метионина и витаминов. Противопоказаниями для приема на

работу в условиях возможного пылевого воздействия являются туберкулез легких, хронические заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, глаз, кожи.

Основная задача периодических осмотров – своевременное выявление ранних стадий заболевания и предупреждение развития пневмокониоза, определение профпригодности и проведение наиболее эффективных лечебно-профилактических мероприятий. Сроки проведения осмотров зависят от вида производства, профессии и содержания свободной двуокиси кремния в пыли. Осмотры терапевтом и отоларингологом проводятся 1 раз в 12 или 24 мес. в зависимости от вида пыли с обязательной рентгенографией грудной клетки и крупнокадровой флюорографией.

### **Методы контроля содержания пыли в воздухе рабочих помещений**

Нормирование АПФД в воздухе в России осуществляется по гравиметрическому показателю – по массе вещества, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

Исследование производственной пыли имеет важное гигиеническое значение. Оно позволяет определить источники и причины, постоянство или периодичность образования пыли, ее количественную и качественную характеристику, выявить значение пыли в развитии профессиональных заболеваний и обосновать профилактические мероприятия.

При санитарном исследовании пробы воздуха берут на рабочем месте в зоне дыхания рабочего, а также на расстоянии не более 1-1,5 м, на высоте 1,5 м от пола (почвы) с учетом моментов наибольшего пылеобразования. При оценке эффективности обеспыливающих устройств пробы воздуха отбирают в момент работы или выключения вентиляции или в воздуховоде перед фильтром и после него.

*I группа методов.* Прямые методы с выделением дисперсной фазы аэрозоля с последующим взвешиванием массы пыли. Сюда относят:

- фильтрацию;
- электропреципитацию;
- термопреципитацию;
- инерционное осаждение.

При этом могут применяться постоянные системы автоматического контроля и портативные пылемеры и пылеотборники, в том числе и индивидуальные.

*II группа методов* - косвенные. Они основаны на определении массы пыли в пылемерах путем использования различных физических явлений (интенсивности излучения, электростатического поля и др.). К ним относятся:

- радиационно-оптический;
- радиоизотопный;
- электрический или электронный;
- депреометрический;
- пьезоэлектрический.

Наибольшей точностью обладают радиоизотопные приборы, их показания почти не зависят от физико-химических свойств аэрозолей.

Отбор проб воздуха проводят в зоне дыхания работника или, в случае невозможности такого отбора, с максимальным приближением к ней воздухозаборного устройства, но не далее 1-1,5 м, на высоте 1,5 м от пола при работе стоя и 1 м – при работе сидя. Если рабочее место не постоянное, отбор проб проводят в точках рабочей зоны, в которых работник находится в течение смены.

*Периодический* гигиенический контроль предполагает кратковременное разовое измерение концентрации пыли. *Постоянный* контроль осуществляется с помощью автоматических приборов и систем или индивидуальными пылеотборниками. Разрабатываются автоматические системы с дистанционной передачей информации и автоматическим управлением средствами борьбы с пылью. Экспресс-пылемеры - портативные приборы, измеряющие концентрацию пыли за период до 5 минут.

*Приборы, аппаратура и устройства*, используемые при проведении пылевого контроля на производстве: аспиратор, автоматический одноканальный пробоотборник, двух канальный, четырехканальный пробоотборники, концентромер радиоизотопный «Прима», дозиметр пыли индивидуальный, пробоотборник индивидуальный, пробоотборные устройства.

### **Определение содержания пыли в воздухе весовым методом (гравиметрия)**

Метод является точным и объективным. Через аналитический фильтр просасывается определенный объем воздуха, массу всей пыли рассчитывают по привесу фильтра. Для поглощения аэрозолей из воздуха используют фильтры из тонких волокон – аналитические фильтры аэрозольные (АФА) из перхлорвиниловой ткани. Фильтры АФА обладают высокой задерживающей способностью, практически полностью задерживают аэрозоли. Изготавливают круглые аналитические фильтры АФА различных марок и специальные стандартные патроны (аллонжи), куда вставляются фильтры. Аллонжи бывают пластмассовые, стеклянные, металлические. Для отбора проб воздуха применяют *аспираторы*. Электрический аспиратор состоит из воздуходувки, электромотора и реометров для определения скорости просасывания воздуха. С помощью электроаспираторов можно отобрать одновременно несколько проб со скоростью до 20 л/мин, но несколько проб со скоростью до 20 л/мин. При отсутствии источника электричества или во взрывоопасных условиях (шахтах), ряде химических предприятий используют *эжекторный* аспиратор «АЭРА». Данный аспиратор имеет баллон со сжатым воздухом. Исходя из целей, которые стоят во время исследования, устанавливается длительность отбора проб воздуха. Привес фильтра должен составлять не менее 1-5 мг и не более 25-50 мг.

*Счетный метод (кониометрический)* используется реже, чем весовой. Счетные показатели при оценке запыленности выражаются числом пылевых частиц в 1 см<sup>3</sup> воздуха. При этом проводится определение степени дисперсности пыли с использованием микроскопа. Для характеристики дисперсности пыли определяют процентное содержание частиц, имеющих размеры до 2 мкм, 2-5 мкм, 6-10 мкм и больше 10 мкм. Чаще используют метод микроскопии просветленных фильтров АФА или препаратов, приготовленных по методу экранирования или осаждения. При экранировании предметное стекло помещают в вертикальной плоскости, при осаждении - в горизонтальной плоскости. Через определенный промежуток времени на него накладывают покровное стекло и производят исследование под микроскопом. Метод просветления проводится следующим образом: фильтр укладывают фильтрующей поверхностью на предметное стекло и держат в течение нескольких минут над парами ацетона, подогреваемого на водяной бане. Ткань фильтра расплавляется, на стекле фиксируются пылевые частицы. Затем производят микроскопирование пыли, при этом используют объектив - микрометр и окулярный микрометр. Подсчитывают не менее 100 пылевых частиц, определяют их размеры. Одновременно описывают морфологию пылевых частиц, их конфигурацию, характер краев.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Самостоятельная работа студентов

*Определение запыленности учебной аудитории весовым способом.*

1. Подготовить электроаспиратор для отбора проб пыли.
2. Подготовить фильтры к работе. Взвесить фильтр на торсионных весах, вложить его в бумажную обойму, на которой записать вес фильтра.
3. Вставить фильтры в аллонжи и при помощи резиновой трубки соединить их с аспиратором (две параллельные пробы).
4. Наметить точки отбора проб воздуха с учетом определения запыленности воздуха.
5. Измерить и записать температуру воздуха в помещении и атмосферное давление.
6. Подключить электроаспиратор к электросети.
7. Установить штатив с фильтрами в горизонтальной плоскости в месте забора пробы пыли.
8. Включить электроаспиратор, отрегулировать скорость протягивания воздуха (по верхнему краю поплавка реометра), установить ее на уровне 15 л/мин.
9. Длительность отбора проб воздуха — не менее 30 минут.
10. После забора проб воздуха отключить электроаспиратор, взвесить фильтры, записать время отбора проб пыли.
11. Определить привес фильтра ( $\Delta Q$ ). Из массы фильтра после взятия пробы ( $Q$ ) вычитают первоначальную массу ( $Q_0$ ):  $\Delta Q = Q - Q_0$ .
12. Определить объем протянутого при отборе пробы воздуха (при данной температуре):  $V_t = vt$ ,  
где  $v$  — скорость протягивания воздуха, л/мин;  $t$  - время протягивания воздуха.
13. Объем протянутого при отборе пробы воздуха приводится к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}$$

где  $t$  - температура воздуха в помещении, °C;

$B$  - барометрическое давление в момент отбора, мм. рт. ст.

14. Определить весовую концентрацию пыли:

$$X = \frac{\Delta Q \cdot 1000}{V_0} \text{ мг/м}^3$$

1. Составить заключение о соответствии запыленности санитарным требованиям.

## СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА

В литейном цехе на рабочем месте обрубщика запыленность воздуха составляет  $30 \text{ мг/м}^3$ , при содержании свободной двуокиси кремния 70%. Местная вытяжная вентиляция представлена в виде решетки от стола.

Проведен медосмотр рабочего С, по профессии - обрубщик, возраст 45 лет, стаж работы в цехе 10 лет. Предъявлял жалобы на кашель без мокроты, одышку при физическом напряжении. Перкуторно обнаружен легочный звук с коробочным оттенком, преимущественно в нижних отделах легких. Дыхание жесткое с наличием сухих хрипов. Рентгенологически обнаружено: легочные поля умеренно эмфизематозны, легочный рисунок деформирован преимущественно в нижних отделах легких, на фоне которого определяются единичные узелковые образования.

Вопросы:

1. Охарактеризуйте условия труда.
2. Оцените состояние здоровья рабочего.
3. Укажите оздоровительные мероприятия.

Эталон ответа:

1. Условия труда - неблагоприятные. На это указывают: превышение ПДК свободной двуокиси кремния в 15 раз, неэффективная вентиляция.
2. У рабочего - силикоз I стадии.
3. Необходимо проведение технологических санитарно-технических, медико-профилактических мероприятий, направленных на снижение уровней запыленности в данном производстве.

**ПРОТОКОЛ**  
**исследования и оценки запыленности воздуха**

В \_\_\_\_\_  
наименование помещения, участка

1. Дата и время исследований \_\_\_\_\_
2. Исходный вес фильтра \_\_\_\_\_
3. Вес фильтра после аспирации \_\_\_\_\_
4. Объем аспирированного воздуха \_\_\_\_\_
5. Объем воздуха, приведенный к нормальным условиям  
\_\_\_\_\_
6. Концентрация пыли в воздухе \_\_\_\_\_ мг/м<sup>3</sup>
7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: указать - превышает ли обнаруженное содержание пыли  
ее ПДК для воздуха рабочей зоны (применительно для нетоксической  
пыли \_\_\_\_\_ или \_\_\_\_\_ с \_\_\_\_\_ учетом \_\_\_\_\_ химического  
состава) \_\_\_\_\_
8. Рассчитать количество оседающей пыли и дать заключение (по выданной  
преподавателем задаче) \_\_\_\_\_
9. Определить дисперсность пыли путем отсчета размеров  
пылинок \_\_\_\_\_
10. Заключение по дисперсности пыли  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Подпись

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Классификация производственной пыли.
2. Физико-химические свойства производственных аэрозолей.
3. Факторы, определяющие действие пыли на организм.
4. Этиологическое значение пыли в развитии различных заболеваний.
5. Как классифицируются пневмокониозы?
6. Какие проводятся оздоровительные мероприятия для профилактики пылевых заболеваний?
7. Охарактеризовать весовой метод оценки промышленной пыли.
8. Охарактеризовать счетный метод оценки промышленной
9. пыли.
10. Профилактика неблагоприятного воздействия пыли на организм работающих.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Гигиена / Под ред. Г.И. Румянцева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
2. Пивоваров Ю.П., Королик В.В. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене и основам экологии человека. – М., 2006.
3. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. – М., 2008.

### Дополнительная:

1. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М., 1988. – С. 176-195.
2. Гигиена труда / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010.
3. ГН 2.2.5.1313-05 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
4. ГОСТ 12.1.016-79 «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ».
5. Кирюшин В.А., Большаков А.М., Моталова Т.В. Гигиена труда. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
6. Общая гигиена / Под ред. А.М. Большакова, В.Г. Маймулова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.