

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ ТРУДА

ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПЫЛЬ

Рекомендовано учебно-методическим объединением
по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся
по специальности «Медико-профилактическое дело»



Минск БГМУ 2025

УДК 613.633(075.8)

ББК 51.24я73

X46

А в т о р ы: И. П. Семёнов, К. В. Богданович, П. Н. Лепешко, Е. А. Чигринова

Р е ц е н з е н т ы: врач-гигиенист, зав. отделением гигиены труда отдела гигиены Минского городского центра гигиены и эпидемиологии З. М. Осос; каф. экологической и профилактической медицины Гомельского государственного медицинского университета

Химические факторы на производстве. Производственная пыль : учебно-методическое пособие / И. П. Семёнов, К. В. Богданович, П. Н. Лепешко, Е. А. Чигринова. – Минск : БГМУ, 2025. – 88 с.

ISBN 978-985-21-1872-9.

Содержит учебные материалы по гигиенической оценке присутствия в воздухе рабочей зоны вредных веществ, в том числе аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Раскрывается связь между физико-химическими свойствами вредных веществ и их биологическим действием. Приводится система профилактических мероприятий, направленных на предупреждение неблагоприятного действия вредных веществ на организм работающего.

Предназначено для специальности «Медико-профилактическое дело» по учебной дисциплине «Промышленная гигиена».

УДК 613.633(075.8)

ББК 51.24я73

Учебное издание

Семёнов Игорь Павлович
Богданович Ксения Викторовна
Лепешко Павел Николаевич
Чигринова Елена Александровна

**ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПЫЛЬ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск И. П. Семёнов
Редактор О. П. Головницкая
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 12.05.25. Формат 60×84/16. Бумага писчая «PROJECTA Special». Ризография. Гарнитура «Times». Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 61 экз. Заказ 329.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-1872-9

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2025

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПФД — аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного типа действия
ЖКТ — желудочно-кишечный тракт
ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПДК_{мр} — предельно допустимая концентрация максимально разовая
ПДК_{сс} — предельно допустимая концентрация среднесменная
ПДУ_{зкп} — предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов
ПН — пылевая нагрузка
СанНиП — санитарные нормы и правила
СИЗ — средства индивидуальной защиты
ТНПА — технические нормативные правовые акты
ЦНС — центральная нервная система

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Производственная среда — совокупность материально-пространственных условий трудовой деятельности, складывающаяся из промышленных зданий и сооружений, оборудования, транспорта, эргономических решений, состава атмосферы и других компонентов.

Важной составляющей производственной среды является рабочая зона — пространство рабочего места, ограниченное по высоте 2 метрами над уровнем пола или площадки, где выполняются работы. В воздух рабочей зоны в силу разных причин могут поступать вредные вещества — вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе воздействия вредного вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. В настоящее время в мире известно несколько десятков миллионов химических веществ. В различных отраслях нашей республики применяется или выделяется в производственную среду около 3000 вредных веществ, для которых разработаны гигиенические нормативы содержания в воздухе рабочей зоны и загрязнения кожных покровов.

Цель занятия: изучить особенности биологического действия, принципы гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах, систему профилактических мероприятий.

Задачи занятия:

1. Изучить особенности биологического действия на организм человека вредных веществ в производственных условиях.
2. Изучить принципы гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих.

3. Изучить основные физико-химические свойства аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, определяющие особенности их биологического действия.

4. Изучить принципы гигиенической оценки содержания в воздухе рабочей зоны аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

5. Изучить содержание системы профилактических мероприятий по предупреждению и снижению неблагоприятного воздействия вредных веществ, в том числе аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

Требования к исходному уровню знаний:

– *общая химия*: физико-химические свойства дисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений (аэрозоли, пыли, смоги), их отрицательное действие на организм человека;

– *общая гигиена*: гигиеническая характеристика условий труда в промышленности и сельском хозяйстве;

– *профессиональные болезни*: основные критические органы и системы при воздействии вредных химических веществ и пыли, понятие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Классификация факторов условий труда.

2. Классификация химических веществ.

3. Физико-химические свойства пыли.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Основные технологические процессы, характеризующиеся выделением вредных веществ в воздух рабочей зоны.

2. Гигиенические нормативы содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, их гигиеническое значение.

3. Принципы гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

4. Производства и операции, характеризующиеся значительным пылеобразованием.

5. Гигиеническое значение физических и химических свойств пыли.

6. Классификации пыли по происхождению, дисперсности и способу образования.

7. Биологическое действие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

8. Профессиональные заболевания, обусловленные вдыханием пыли. Пневмокониозы и их классификация.

9. Гигиеническое нормирование и принципы гигиенической оценки содержания аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны.

10. Санитарно-гигиенические профилактические мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия вредных веществ и пыли.

11. Технологические мероприятия, направленные на снижение выделения химических веществ и пыли в воздух рабочей зоны.

12. Санитарно-технические мероприятия: средства индивидуальной и коллективной защиты (архитектурно-планировочные и инженерно-технические, санитарно-бытовое обеспечение) при загрязнении воздуха рабочей зоны вредными веществами и аэрозолями преимущественно фиброгенного действия.

13. Медико-профилактические мероприятия при работе с химическим фактором и аэрозолями преимущественно фиброгенного действия.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного типа действия (АПФД) — разновидность аэродисперсных систем, представленных взвешенными в газообразной среде твердыми частицами, образующимися в производственных условиях и характеризующихся при длительном воздействии их на организм развитием фиброзных изменений в легких.

Вредные вещества — вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе воздействия вредного вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Вредные вещества с остронаправленным механизмом действия — вредные вещества, вызывающие острое отравление при кратковременном воздействии вследствие выраженных особенностей механизма их действия на организм (гемолитические, антихолинэстеразные, ингибиторы ключевых ферментов, регулирующих дыхательную функцию и вызывающих отек легких и остановку дыхания, ингибиторы тканевого дыхания, угнетающие дыхательный и сосудодвигательный центры и др.).

Вредные вещества с раздражающим действием — вредные вещества, которые в количествах ниже предельно допустимых концентраций способны вызывать раздражения слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей и/или кожных покровов.

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

Комбинированное действие вредных веществ — одновременное или последовательное действие на организм человека вредных веществ при одном и том же пути их поступления в организм человека.

Комплексное действие вредных веществ — поступление одних и тех же вредных веществ в организм человека разными путями (через дыхательную систему, ЖКТ, кожные покровы, слизистые).

Контрольный уровень пылевой нагрузки (КПН) — расчетное значение пылевой нагрузки на органы дыхания работника при допущении, что за весь период профессионального контакта с пылью, определяемого сроком трудового договора, прохождения службы либо сроком выхода на пенсию, среднесменная концентрация была равна ПДК.

Комплексная гигиеническая оценка условий труда — итоговая гигиеническая оценка параметров всех факторов производственной среды и трудового процесса на рабочем месте на соответствие гигиеническим нормативам с установлением класса вредности условий труда согласно критериям гигиенической классификации условий труда

Гигиенический норматив — установленное исследованиями допустимое максимальное или минимальное количественное и/или качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания с позиций его безопасности и безвредности для человека. Другое значение: технический нормативный правовой акт, устанавливающий допустимое максимальное или минимальное количественное и/или качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания человека, продукцию с позиций их безопасности и безвредности для человека.

Нормируемый параметр производственного фактора — характеристика производственного фактора, которая подлежит качественной или количественной оценке и для которой установлен гигиенический норматив.

Факторы производственной среды — физические, химические и биологические факторы.

Факторы трудового процесса — напряженность и тяжесть труда.

Максимально разовая концентрация — концентрация вредного вещества при выполнении операций или на определенном этапе технологического процесса с максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны. Определяется по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха рабочей зоны в течение 15 минут для химических веществ или в течение 30 минут для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

Однонаправленное действие — действие на организм человека комбинации веществ с одинаковой спецификой клинических проявлений: вещества аллергенного, канцерогенного, наркотического, раздражающего действия, опасные для репродуктивного здоровья, фиброгенные пыли. А также комбинации веществ, близких по химическому строению: amino- и нитросоединения, аминосоединения и окись углерода, нитросоединения и окись углерода, хлорированные углеводороды (предельные и непредельные), бромированные углеводороды (предельные и непредельные), различные спирты, щелочи, ароматические углеводороды (например, толуол и бензол, толуол и ксилол), оксиды азота и оксид углерода и другие.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) — временный гигиенический норматив содержания вредного вещества в воздухе рабочей зоны, устанавливаемый по экспериментальным данным путем расчета по параметрам токсикометрии и физико-химическим свойствам. Используется для количественной оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны на этапе опытных и полужаводских установок (производств). Данная оценка может быть пересмотрена, заменена предельно допустимой концентрацией либо отменена в зависимости от перспективы применения вредного вещества и его токсических свойств.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воздухе рабочей зоны — концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

Предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов вредными веществами (ПДУзкп) — установленное исследованиями максимальное количественное значение содержания вредного вещества на кожных покровах с позиций его безопасности и/или безвредности для работника.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работника — реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором.

Рабочая зона — пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работников.

Среднесменная концентрация — средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены, или концентрация средневзвешенная во времени на протяжении всей смены в зоне дыхания работников на местах постоянного или временного их пребывания.

Химические вещества — химические элементы и соединения, их смеси, как натуральные, так и искусственные, а также готовые изделия, содержащие в своем составе химические вещества, способные оказать вредное воздействие на человека при нормальных или непредсказуемых условиях их использования.

Химические факторы — химические вещества различного агрегатного состояния, способные вызвать какие-либо виды общего, местного или отдаленного неблагоприятного воздействия на организм человека, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), полученные химическим синтезом, и/или для контроля которых используются методы химического анализа.

ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Химический фактор — химические вещества и смеси, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты и др.), получаемые химическим синтезом, а также те, для контроля содержания которых в объектах окружающей среды используются методы химического анализа. Химические вещества широко используются

в различных отраслях народного хозяйства. В связи с разнообразием используемых веществ, а также большим количеством свойств, определяющих биологическое действие вещества, не существует единой классификации. На данный момент существует несколько классификаций, в которых химические вещества группируются по отдельным классификационным признакам.

Классификация химических веществ:

1) по химическому строению:

- органические (спирты, фенол, бензол и др.);
- неорганические (мышьяк, свинец, серная кислота и др.);
- металлоорганические (тетраэтилсвинец и др.);

2) по тропности:

– нейротропные, вызывающие расстройства функций ЦНС, судороги, паралич (фосфорорганические соединения, ртуть, свинец, метиловый спирт, марганец, соединения мышьяка, сероуглерод и др.);

– гепатотропные, вызывающие структурные изменения в тканях печени (хлор-, бромсодержащие углеводороды, фосфор, мышьяк, бензол и его производные и др.);

– нефротоксические, вызывающие патологические процессы в почках (сулема, скипидар, свинец, ртуть, кадмий, литий и др.);

– кардиотоксические, оказывающие негативное влияние на сердечно-сосудистую систему (мышьяк, соли бария и др.);

– яды крови, нарушающие процессы кроветворения (бензол и его производные, свинец и его неорганические соединения и др.);

– «ферментные» яды, нарушающие структуру ферментов, дезактивирующие их (синильная кислота и ее соли, мышьяк и его соединения, соли ртути, фосфоорганические соединения и др.);

– «легочные» яды, преимущественно поражающие органы дыхания (хлор, аммиак, диоксид серы, оксиды азота и др.);

3) по особенностям биологического действия (биологические эффекты):

– канцерогенное действие, приводящие к возникновению злокачественных новообразований (диметилсульфат и др.);

– аллергенное действие (альдегиды и др.);

– мутагенное действие, приводящее к изменению наследственных свойств организма (этиленамин, уретан, формальдегид, органические перекиси, иприт и др.);

– влияющие на репродуктивную систему и плод (соединения ртути, свинец, бензол, сероуглерод и др.);

4) по механизму действия:

– общетоксическое действие — приводит к отравлению всего организма (ртуть, ароматические углеводороды и их производные, хлорированные углеводороды и др.);

– раздражающее действие — вызывает раздражение слизистых оболочек и кожных покровов (кислоты, щелочи, хлор-, фтор-, серо- и азотсодержащие соединения и др.);

– остронаправленный механизм действия (диоксид хлора, тетраэтилсвинец, озон и др.);

5) по степени воздействия на организм человека:

– I класс — вещества чрезвычайно опасные;

– II класс — вещества высокоопасные;

– III класс — вещества умеренно опасные;

– IV класс — вещества малоопасные.

В производственных условиях химические вещества могут поступать в организм человека через дыхательные пути, ЖКТ, неповрежденную кожу и слизистые оболочки глаза.

Ингаляционный путь (поступление химических веществ в организм через дыхательные пути) — наиболее распространенный и опасный в производственных условиях, так как большая поверхность альвеол способствует интенсивному и быстрому всасыванию веществ, которые сразу попадают в большой круг кровообращения, минуя основной детоксикационный орган человека — печень.

Также вещества могут попадать в организм через *неповрежденную кожу* (по значимости на втором месте). Перкутаным путем в организм проникают хорошо растворимые в жирах и липоидах вещества, в частности, органические растворители, метанол, фенол, тетраэтилсвинец.

Попадание веществ *через ЖКТ* в условиях рабочих мест является достаточно редким. Происходит это при несоблюдении личной гигиены (с загрязненных рук при приеме пищи) или при заглатывании вредных веществ, задерживающихся на слизистых оболочках носоглотки и полости рта. Этот путь поступления имеет некоторые особенности: он может способствовать возрастанию растворимости соединения в кислой среде желудка и слабощелочной — кишечника. Попадание вредного вещества в желудок может быть причиной поражения его слизистой, нарушения секреции. Всасываясь, химические вещества большей частью попадают в систему воротной вены и проходят через печеночный барьер.

Сразу после поступления в кровь химические вещества за счет кровотока разносятся по всем тканям и органам, задерживаясь в них. В первую очередь на распределение в организме человека химических веществ будет влиять кровоснабжение: чем оно интенсивнее, тем большее количество химического вещества будет поступать в органы и ткани. Затем химические вещества перераспределяются в организме. Определяющим фактором будет служить сорбционная способность и емкость тканей: преимущественное накопление отдельных химических веществ будет наблюдаться в тканях, сорбционная емкость которых наибольшая для данных веществ.

В крови и тканях химические вещества взаимодействуют с клеточными мембранами, белковыми структурами и другими компонентами клеток и межтканевой среды. Все процессы взаимодействия подразумевают проявление биологического действия химического вещества и его обезвреживание.

Обезвреживание химических веществ чаще всего происходит одним из трех путей:

1. Первый путь — изменение химической структуры вещества, в результате которого под воздействием ферментов (окисление, восстановление, гидролиз и др.) образуются менее токсичные вещества.

2. Второй путь — депонирование (откладывание в тех или иных органах) — приводит к временному снижению количества циркулирующего в крови химического вещества.

3. Третий путь — выведение веществ из организма через органы дыхания, пищеварения, почки, кожу.

В производственных условиях характер и степень выраженности биологических эффектов, вызываемых химическим веществом, зависит от химического строения (в первую очередь), пути поступления в организм работника, концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны, продолжительности воздействия поступившей в организм дозы вредного вещества, состояния воспринимающей ткани и организма работника в целом, других характеристик производственной среды и трудового процесса, которые могут усиливать или ослаблять выраженность биологических эффектов (атмосферного давления, температуры воздуха, тяжести труда и др.). При определенных условиях многие химические вещества могут оказывать неблагоприятное биологическое действие на организм работника. В таких случаях используется термин «вредные вещества».

Вредные вещества — вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе воздействия вредного вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Вредные вещества могут поступать в воздух рабочей зоны в различных агрегатных состояниях: в виде аэрозолей, паров или газов, а также смеси паров и аэрозолей.

Пар — газообразное состояние вещества в условиях, когда газовая фаза может находиться в равновесии с жидкой или твердой фазами того же вещества, то есть при температурах ниже определенного критического значения для данного вещества. Процесс возникновения пара из жидкой фазы называется парообразованием, из твердой — сублимацией или возгонкой. В виде пара в воздух рабочей зоны поступают ртуть, бром, серная кислота, гидроксид натрия, формальдегид и др., в виде газа — диоксид азота, озон, аммиак, ацетилен, пропан и др.

Аэрозоль — дисперсная система, состоящая из взвешенных в газовой среде (дисперсионной среде), обычно в воздухе, мелких частиц (дисперсной фазы, при этом частицы дисперсной фазы аэрозолей имеют размеры от 10^{-9} до 10^{-5} м).

Выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ возможно при работах, связанных с добычей, изготовлением, применением, хранением и транспортировкой химических веществ и материалов. Химические вещества попадают в воздух рабочей зоны при производстве кокса, переработке нефтяной и сланцевой смол, газификации угля, производстве резины и изделий из нее, технического углерода, на рабочих местах нефтеперерабатывающих и других предприятий (табл. 1).

Таблица 1

Вредные вещества в воздухе рабочей зоны отдельных производств

Отрасль, рабочее место	Наименования веществ
Котельные	Азот (II) оксид (азота оксид), азот (IV) оксид (азота диоксид), сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ), углерод оксид (окись углерода, угарный газ), ртуть, гексахлорбензол
Деревообработка	Формальдегид (метаналь), фенол (гидроксибензол), аммиак, ацетон (пропан-2-он), фенолформальдегидные смолы, эпоксидные смолы
Металлообработка	Смазочно-охлаждающие жидкости, минеральные масла, уайтспирит
Сварка металлов	Азот (IV) оксид (азота диоксид), углерод оксид (окись углерода, угарный газ), фтористые газообразные соединения, гидрофторид
Производство пластмасс	Акрилонитрил, аммиак, анилин (аминобензол), ацетальдегид, бутиловый спирт, гидрохлорид, дибутилфталат, метилметакрилат, муравьиная кислота, оксиран (эпоксизтан), фенол, стирол, формальдегид, уксусная кислота, хлорэтен
Сельское хозяйство	Аммиак, сероводород, метан, метанол (метиловый спирт), фенол (гидроксибензол), этилформиат (муравьиной кислоты этиловый эфир), пропиональдегид (пропаналь, пропионовый альдегид), гексановая кислота (капроновая кислота), диметилсульфид, метиламин (монометиламин), закись азота, пестициды

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Биологическое действие вредного вещества, а также выраженность токсического воздействия на организм работника зависит от многих факторов.

Химическая структура. Определяющим фактором характера биологического (токсического) действия является химическое строение вредного вещества: наличие определенных атомов, для органических соединений — пространственная структура, длина углеродной цепочки, вид и количество двойных, тройных связей, наличие ароматического кольца и др. Например, практически все полициклические ароматические углеводороды (высокомолекулярные органические соединения, основным элементом структуры которых является бензольное кольцо) обладают канцерогенным действием.

Токсичность органического химического вещества растет с увеличением числа ненасыщенных связей и уменьшается при увеличении разветвленности цепи. Изменение токсичности также наблюдается при наличии в молекуле атомов галогенов, метильных, амин- и нитрогрупп.

Для неорганических соединений можно отметить изменение токсичности при изменении валентности, при этом при повышении валентности токсичность вещества может как повышаться, так и снижаться.

Растворимость и летучесть. Растворимость химических веществ в крови близка к растворимости их в воде, поэтому увеличение растворимости увеличивает и скорость проникновения химических веществ в организм. Растворимость в липоидах может определять характер биологического действия химического вещества: например, при увеличении растворимости вещества в липоидах по сравнению с растворимостью в воде в первую очередь биологическому действию будет подвержена нервная ткань (нейротропное действие).

Летучесть химического вещества будет определять возможность нахождения вещества в воздухе рабочей зоны в высоких концентрациях, способствуя развитию острого отравления.

Концентрация вещества и время воздействия. Для отдельных веществ токсический эффект главным образом определяется временем воздействия, обеспечивая хронические эффекты (вещества, обладающие канцерогенным, фиброгенным действием), для других — концентрацией, определяя возможность развития острых эффектов (вещества раздражающего, остронаправленного действия).

На производстве, как правило, не бывает постоянных концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны в течение всего рабочего дня. Концентрации либо постепенно увеличиваются, снижаясь за обеденный перерыв и вновь увеличиваясь к концу рабочего дня, либо колеблются в зависимости от хода технологических процессов.

Интермиттирующее воздействие вредных веществ — перемежающееся или прерывистое — обозначает действие вредного вещества, концентрация которого колеблется во времени.

Из физиологии известно, что максимальный эффект наблюдается в начале и в конце воздействия раздражителя. Переход от одного состояния к другому требует приспособления, а потому частые и резкие колебания раздражителя ведут к более сильному воздействию его на организм работника. Например, прерывистое воздействие парами хлороформа вызывает более существенные сдвиги безусловного двигательного рефлекса, чем вдыхание воздуха с постоянной концентрацией этого яда. Этанол не обнаруживает четких различий при двух режимах воздействия.

Сочетание воздействия вредных веществ с другими факторами. Воздействие токсических веществ на человека в условиях производства не может быть изолированным от влияния других неблагоприятных факторов, таких, как высокая и низкая температура, повышенная или пониженная влажность, шум, вибрация, излучения.

В производственных условиях могут наблюдаться:

– комбинированное действие — одновременное или последовательное действие на организм нескольких вредных веществ при одном и том же пути поступления;

- комплексное действие — одновременное поступление вредных веществ несколькими путями (через дыхательные пути, ЖКТ, кожные покровы);
- сочетанное действие — одновременное воздействие нескольких вредных веществ и физических факторов (шум, вибрация, электромагнитное излучение).

При сочетании действия вредных веществ с другими факторами эффект может оказаться более значительным, чем при изолированном воздействии того или иного фактора.

Температура воздуха рабочей зоны. При одновременном воздействии вредных веществ и высокой температуры возможно усиление токсического эффекта. Учащение дыхания и усиление кровообращения ведут к увеличению поступления ядов в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути.

Высокая температура воздуха увеличивает летучесть ядов и повышает их концентрации в воздухе (наркотики, пары бензина, ртути, оксиды азота, углерода, хлорофос). В производстве нитро- и аминопроизводных бензола и его гомологов отравления чаще происходят в жаркий период года. Понижение температуры в большинстве случаев также приводит к усилению токсического эффекта. Так, при пониженной температуре увеличивается токсичность оксида углерода, бензина, бензола, сероуглерода и др.

Повышенная влажность воздуха. Для веществ с раздражающим типом действия при повышении влажности воздуха может увеличиваться опасность отравлений. Причина, по-видимому, в усилении процессов гидролиза, повышении задержания ядов на поверхности кожи и слизистых оболочек, изменении агрегатного состояния вредных веществ. Растворение газов и образование мельчайших капелек кислот и щелочей способствуют возрастанию раздражающего действия.

Воздушное (атмосферное) давление. Возрастание токсического эффекта зарегистрировано как при повышенном, так и при пониженном воздушном давлении. При повышенном давлении возрастание токсического действия вредных веществ происходит вследствие усиленного поступления яда, обусловленного ростом парциального давления газов и паров в альвеолярном воздухе и ускоренным переходом их в кровь, а также вследствие изменения многих физиологических функций, в первую очередь дыхания, кровообращения, состояния ЦНС и анализаторов. При пониженном давлении первая причина отсутствует, но усиливается влияние второй. Например, при давлении до 500–600 мм рт. ст. токсическое действие оксида углерода возрастает в результате того, что влияние яда усиливает отрицательные последствия гипоксии и гиперкапнии.

Шум и вибрация. Производственный шум может усиливать токсический эффект вредных веществ в производственных условиях. Это доказано для оксида углерода, стирола, алкилнитрила, крекинг-газа, нефтяных газов, аэрозоля борной кислоты. По сравнению с воздействием чистых ядов токсич-

ческий эффект усиливается в сочетании с вибрацией таких вредных веществ, как монооксид углерода, пыль кобальта, кремниевые пыли, дихлорэтан, эпоксидные смолы.

Ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность к этиловому спирту вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого обезвреживания яда. Известно об уменьшении токсического эффекта оксида углерода при ультрафиолетовом облучении. Причина — ускорение диссоциации карбоксигемоглобина и более быстрое выведение оксида углерода из организма.

Физическая нагрузка. Физическая нагрузка на организм работника при выполнении им трудовых операций активизирует основные вегетативные системы жизнеобеспечения (дыхание и кровоснабжение), усиливает активность нервной и эндокринной систем, а также многих ферментативных процессов. Увеличение легочной вентиляции приводит к возрастанию общей дозы вредных веществ, проникающих в организм через дыхательные пути, увеличивается опасность отравления наркотиками, раздражающими парами и газами, токсическими пылями. Увеличение скорости кровотока и минутного объема сердца способствует более быстрому распределению яда в организме.

Повышение функциональной активности печени, желез внутренней секреции, нервной системы и увеличение кровоснабжения в интенсивно работающих органах может сделать их более доступными для воздействия яда. Усиление токсичности при физических нагрузках отмечается при воздействии паров оксида углерода, хлористого водорода, четыреххлористого углерода, дихлорэтилсульфида, свинца, некоторых веществ антихолинэстеразного действия.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Для акцентирования особенностей биологического действия вредных веществ на организм работника в производственных условиях в нормативных правовых актах, используемых при осуществлении государственного санитарного надзора и при гигиенической оценке условий труда, применяются следующие буквенные обозначения:

А — способность вызывать аллергические заболевания у работников;

О — остронаправленный механизм действия (для таких веществ требуется автоматический контроль за их содержанием в воздухе рабочей зоны);

К — канцерогены;

Ф — аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД).

К промышленным аллергенам относятся следующие вредные вещества: нафталевый ангидрид, кобальт и его неорганические соединения, органическая пыль зернового и растительного происхождения, скипидар, формальдегид, фуран, хлор, хром (6+) и др.

Вредные вещества остронаправленного действия — вещества, которые могут вызывать острое отравление при кратковременном воздействии вслед-

ствие выраженных особенностей механизма их действия на организм (гемолитические, антихолинэстеразные, ингибиторы ключевых ферментов и тканевого дыхания, вызывающие угнетение дыхательного и/или сосудодвигательного центров, отек легких и остановку дыхания). В гигиеническом нормативе «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих» они имеют отметку «О»: диоксид азота, бензилцианид, бром, дигидросульфид, нитрит натрия, озон, гексафторид селена, тетраэтилсвинец, оксид углерода, формальдегид, фтор и др. Следует также отметить, что в санитарных нормах и правилах «Гигиеническая классификация условий труда» приводятся более 45 вредных веществ, для которых, наряду с остронаправленным механизмом действия, приведены дополнительные особенности действия вещества: аллергенное, канцерогенное и раздражающее.

К вредным веществам, обладающим канцерогенным действием (пометка «К») относят: бенз(а)пирен, бензол, кадмий и его неорганические соединения, масла минеральные нефтяные, неорганические соединения мышьяка, формальдегид, хлорэтен, хром (3+) и др.

Среди вредных веществ выделяют вещества с раздражающим действием — вещества, которые в концентрациях ниже ПДК в воздухе рабочей зоны способны вызывать раздражение слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей и/или кожных покровов. Их перечень приводится в санитарных нормах и правилах «Гигиеническая классификация условий труда», к ним относятся более 125 вредных веществ.

Существует множество химических веществ с однонаправленным действием по биологическому эффекту, а в производственных условиях, как правило, в воздух рабочей зоны поступает несколько вредных веществ (до нескольких десятков в химическом и нефтеперерабатывающем производстве, машиностроении). Под однонаправленным действием понимают воздействие двух и более веществ, которые при одновременном и/или последовательном поступлении в организм человека могут оказывать одинаковое или сходное биологическое действие на организм, проявляющееся одинаковыми токсическими эффектами, то есть способность повреждать одни и те же органы и системы. Суммарный биологический эффект действия смеси (двух и более) химических веществ с однонаправленным типом действия будет практически таким же, как если бы действовало одно вещество (любое из смеси), но при большей концентрации. Следовательно, опасность веществ с эффектом суммации заключается в том, что повреждающее действие при их одновременном присутствии будет сильнее, чем можно было бы предполагать, исходя из фактических концентраций каждого из этих веществ при изолированном их действии. Из этого следует, что у всех веществ однонаправленного действия при одновременном их присутствии в воздухе рабочей зоны фактические концентрации должны быть ниже их ПДК для предупреждения развития их неблагоприятного биологического действия. Это учиты-

вается при гигиенической оценке условий труда: для таких веществ рассчитывается общий (одночисловой) показатель загрязнения воздуха рабочей зоны для всей смеси таких веществ.

К веществам однонаправленного действия относятся:

1. Комбинации веществ с эффектом суммации (прил. 1). Эффектом суммации или аддитивного действия называют свойство двух или нескольких вредных веществ действовать на организм.

2. Комбинации веществ с одинаковой спецификой клинических проявлений (прил. 2, 3), а также вещества аллергенного, канцерогенного действия, вещества, опасные для репродуктивного здоровья:

- вещества раздражающего типа действия (кислоты, щелочи и др.);
- аллергены (эпихлоргидрин, формальдегид и др.);
- вещества наркотического типа действия (комбинации спиртов и др.);
- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (промышленные пыли);

- канцерогенные для человека вещества;

- вещества, опасные для репродуктивного здоровья;

- амино- и нитросоединения;

- аминосоединения и окись углерода;

- нитросоединения и окись углерода.

3. Комбинации веществ, близких по химическому строению:

- хлорированные углеводороды (предельные и непредельные);

- бромированные углеводороды (предельные и непредельные);

- различные спирты;

- различные щелочи;

- ароматические углеводороды (толуол и бензол; толуол и ксилол и др.);

- аминосоединения, нитросоединения и др.;

- оксиды азота и оксид углерода.

Воздействие химических веществ на организм человека может приводить к анатомическим повреждениям, расстройствам деятельности систем (постоянным и временным), комбинированным последствиям, например, нарушениям физиологической деятельности без заметных анатомических повреждений, работы нервной, сердечно-сосудистой систем, общего обмена веществ. Могут развиваться острые (быстро развивающиеся при наличии высоких концентраций вещества) и хронические (медленно развивающиеся в результате материальной или функциональной кумуляции) отравления.

Материальная кумуляция — накопление в организме самого вещества, приводящее к развитию отравления; функциональная кумуляция — накопление в организме биологических эффектов воздействия химического вещества, в то время как самого вещества в организме нет.

Химические вещества могут стать причиной острых, хронических интоксикации и их последствий, протекающих с изолированными или сочетанными поражениями органов и систем, которые являются профессиональными заболеваниями.

В соответствии со списком профессиональных заболеваний выделяется группа болезней, вызванных воздействием химических факторов: острые, хронические интоксикации и их последствия, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем. К ним относятся:

1. Воспаление верхних дыхательных путей, вызванное химическими веществами, газами, дымами и парами, не классифицированное в других рубриках (эрозия, перфорация носовой перегородки) (J68.2).

2. Воспаление верхних дыхательных путей, вызванное химическими веществами, газами, дымами и парами, не классифицированное в других рубриках (ринофаринголарингит) (J68.2).

3. Воспаление верхних дыхательных путей, вызванное химическими веществами, газами, дымами и парами, не классифицированное в других рубриках (трахеит) (J68.2).

4. Бронхит, вызванный химическими веществами, газами, дымами и парами (J68.0).

5. Другие респираторные состояния, вызванные химическими веществами, газами, дымами и парами (хроническая обструктивная болезнь легких) (J68.8).

6. Пневмонит, вызванный химическими веществами, газами, дымами и парами (J68.0); пневмонит, вызванный другими твердыми веществами и жидкостями (J69.8).

7. Острый легочный отек, вызванный химическими веществами, газами, дымами и парами (J68.1).

8. Апластическая анемия, вызванная другими внешними агентами (D61.2).

9. Другие уточненные анемии (D64.8).

10. Вторичная тромбоцитопения (D69.5).

11. Другие уточненные нарушения белых кровяных клеток (D72.8).

12. Агранулоцитоз (D70).

13. Другие метгемоглобинемии (D74.8).

14. Токсическое действие окиси углерода (T58).

15. Токсическое поражение печени (K71, за исключением K71.9).

16. Нефропатия, вызванная тяжелыми металлами (N14.3); токсическая нефропатия, не классифицированная в других рубриках (N14.4).

17. Другие расстройства вегетативной (автономной) нервной системы (G90.8).

18. Полиневропатия, вызванная другими токсичными веществами (G62.2).

19. Токсическая энцефалопатия (G92).

20. Другие острые конъюнктивиты (H10.2); хронический конъюнктивит (H10.4); кератоконъюнктивит (H16.2).

21. Другая уточненная катаракта (H26.8).

22. Другой остеопороз с патологическим переломом (M80.8); другие остеопорозы (M81.8); флюороз скелета (M85.1); другой вторичный остеонекроз (M87.3); другой остеонекроз (M87.8).

23. Флегмона пальцев кисти и стопы (инфекция ногтя, онихия, паронихия, перионихия) (L03.0).
24. Другие уточненные буллезные изменения (L13.8).
25. Простой раздражительный (irritant) контактный дерматит (L24, за исключением L24.9).
26. Фотоконтактный дерматит (berloque dermatitis) (L56.2).
27. Другие уточненные болезни фолликулов (L73.8).
28. Другая меланиновая гиперпигментация (L81.4).
29. Токсическое действие хлорфторуглеродов (T53.5); токсическое действие металлов (T56, за исключением T56.9).

Кроме того, вредные химические вещества могут быть причиной развития злокачественных новообразований различной локализации.

ПРИНЦИПЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Нормируемыми параметрами вредных веществ при оценке их содержания в воздухе рабочей зоны являются:

- фактическая максимально разовая концентрация, мг/м³;
- фактическая среднесменная концентрация, мг/м³.

Максимально разовая концентрация — концентрация вредного вещества при выполнении операций или на определенном этапе технологического процесса, сопровождающегося максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны. Определяется по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха рабочей зоны в течение 15 минут для химических веществ или в течение 30 минут для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Фактически измеренные значения максимально разовых концентраций при проведении гигиенической оценки сопоставляют с ПДК_{мр} и ОБУВ.

Среднесменная концентрация — средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены, или концентрация средневзвешенная во времени на протяжении всей смены в зоне дыхания работников на местах постоянного или временного их пребывания. Фактически измеренные значения среднесменных концентраций при проведении гигиенической оценки сопоставляют с ПДК_{сс}.

Гигиеническими нормативами вредных веществ в воздухе рабочей зоны являются:

- предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}), мг/м³;
- предельно допустимая концентрация среднесменная (ПДК_{сс}), мг/м³;
- ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), мг/м³.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны — максимальное количественное значение концентрации вредного вещества

в воздухе рабочей зоны, которое при ежедневной (кроме выходных дней) работе продолжительностью 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должно вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Для вредных веществ, способных оказывать острое действие, установлена предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}). Для вредного вещества, способного вызывать хроническое действие, установлена предельно допустимая концентрация среднесменная (ПДК_{сс}). Для веществ, обладающих способностью вызывать и острые, и хронические интоксикации, установлены оба вида гигиенического норматива.

Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) — временный гигиенический норматив содержания вредного вещества в воздухе рабочей зоны, используемый для количественной оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны на этапе опытных и полужаводских установок (производств), который может быть пересмотрен, заменен ПДК либо отменен в зависимости от перспективы применения вредного вещества и его токсических свойств. Как правило, ОБУВ в качестве гигиенического норматива может устанавливаться для вредных веществ, которые не обладают отдаленными эффектами, имеют в процессе применения узкий круг контактирующих с ними работающих, а также малую тоннажность выпуска в год.

В гигиеническом нормативе (как в акте законодательства) для вредного вещества также указываются:

1. Наименование вредного вещества.

2. Номер CAS (регистрационный номер, присваиваемый химическим веществам американской Химической реферативной службой (англ. Chemical Abstracts Service — CAS). Индивидуально присваиваемый номер позволяет однозначно идентифицировать вещество, это один из наиболее широко применяемых методов идентификации химических веществ во всем мире. Номера CAS были созданы для обеспечения простоты и систематичности, чтобы их можно было легко найти в базах данных; это точное международное обозначение, присваиваемое конкретному веществу в различных номенклатурах и дисциплинах, признанных точными науками, промышленностью, а также регулирующими органами. В настоящее время в базе CAS находится более 55 миллионов различных химических соединений.

3. Формула (молекулярная).

4. Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства (а — аэрозоль, п — пары и/или газы, п + а — смесь паров и аэрозоля).

5. Класс опасности вещества (1 — вещества чрезвычайно опасные, 2 — вещества высокоопасные, 3 — вещества умеренно опасные, 4 — вещества малоопасные).

6. Особенности действия на организм (А — способные вызывать аллергические заболевания у работников, О — с остронаправленным действием,

требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны, К — канцерогены, Ф — аэрозоли преимущественно фиброгенного действия).

Соблюдение гигиенических нормативов (ПДК, ОБУВ) не исключает нарушений здоровья у лиц с повышенной чувствительностью (что наиболее характерно для вредных веществ с аллергенным действием).

Величины гигиенических нормативов вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{мр}, ПДК_{сс}, ОБУВ) устанавливаются с учетом их биологического действия.

Цифровые величины указанных гигиенических нормативов (ПДК, ОБУВ) приводятся в нормативных правовых актах.

Дополнительно:

- если вредное вещество обладает способностью вызывать острые и хронические интоксикации, то в соответствующей графе столбца, в котором прописывается ПДК, указываются две цифры через косую черту (например: 30/10, где ПДК_{мр} — 30 мг/м³, ПДК_{сс} — 10 мг/м³);

- если вредное вещество обладает способностью вызывать только острые интоксикации, то в соответствующей графе столбца, в котором прописывается ПДК, указывается одна цифра (например, 30, где ПДК_{мр} — 30 мг/м³);

- если вредное вещество способно вызывать только хронические биологические эффекты, то в соответствующей графе столбца, в котором прописывается ПДК, ставится прочерк и через косую черту одна цифра (например: —/10, где ПДК_{сс} — 10 мг/м³);

- если в силу биологического действия для вредных веществ должен быть исключен их контакт с органами дыхания работающего, то в графе столбца, в котором указывается ПДК, проставляется прочерк;

- для оксида углерода (СО) ПДК в воздухе рабочей зоны устанавливается с учетом времени его воздействия: при длительности работы не более 1 ч ПДК оксида углерода составляет 50 мг/м³, не более 30 мин — 100 мг/м³, не более 15 мин — 200 мг/м³; при этом повторные работы в условиях повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее 2 ч;

- концентрация аэрозолей четвертого класса опасности (в том числе для аэрозолей по сумме смесей сложного состава) в воздухе рабочей зоны не должна превышать 10 мг/м³.

Гигиеническая оценка при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия проводится по кратности превышения фактическими значениями нормируемых параметров (максимально разовой концентрации, среднесменной концентрации, максимальное количественное значение содержания на кожных покровах) установленных значений гигиенических нормативов (ПДК_{мр}, ПДК_{сс}, ОБУВ, ПДУзкп), то есть следует рассчитать, во сколько раз превышаются значения ПДК, ОБУВ, ПДУзкп.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия на организм (прил. 1) и вредных веществ с эффектом суммации гигиеническая оценка содержания их в воздухе рабочей зоны проводится по сумме отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК, которая не должна превышать единицы, и рассчитывается по формуле

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где K_1, K_2, K_n — фактические концентрации в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия и веществ (первого, второго... n -го) с эффектом суммации; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ — ПДК в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия и веществ с эффектом суммации.

Перечень вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, и комбинации веществ с эффектом суммации приводится в нормативных правовых актах (Гигиенической классификации труда).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны формальдегида и стирола с учетом их комбинированного действия на организм установлен коэффициент комбинированного действия, равный 1,25.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны формальдегида и стирола сумма отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК не должна превышать единицы и рассчитывается по формуле

$$\left(\frac{K_{\text{ф}}}{\text{ПДК}_{\text{ф}}} + \frac{K_{\text{с}}}{\text{ПДК}_{\text{с}}} \right) \cdot 1,25 \leq 1,$$

где $K_{\text{ф}}$ и $K_{\text{с}}$ — фактические концентрации в воздухе рабочей зоны формальдегида (ф) и стирола (с); $\text{ПДК}_{\text{ф}}$ и $\text{ПДК}_{\text{с}}$ — ПДК в воздухе рабочей зоны формальдегида (ф) и стирола (с).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны формальдегида, стирола и иных вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК не должна превышать единицы и рассчитывается по формуле

$$\left(\frac{K_{\text{ф}}}{\text{ПДК}_{\text{ф}}} + \frac{K_{\text{с}}}{\text{ПДК}_{\text{с}}} \right) \cdot 1,25 + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где $K_{\text{ф}}, K_{\text{с}}, K_n$ — фактические концентрации в воздухе рабочей зоны формальдегида (ф), стирола (с), иных (n) вредных веществ однонаправленного действия; $\text{ПДК}_{\text{ф}}, \text{ПДК}_{\text{с}}, \text{ПДК}_n$ — ПДК в воздухе рабочей зоны формальдегида (ф), стирола (с), иных (n) вредных веществ однонаправленного действия.

ПРИНЦИПЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КОЖНЫХ ПОКРОВАХ РАБОТАЮЩИХ

Нормируемым параметром вредного вещества при оценке его содержания на кожных покровах является максимальное количественное значение фактического содержания вредного вещества на единице площади кожных покровов работающего ($\text{мг}/\text{см}^2$).

Гигиеническим нормативом вредного вещества при оценке его содержания на кожных покровах является предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов работающего (ПДУзкп), $\text{мг}/\text{см}^2$.

Предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов работающего (ПДУзкп) — качественное и/или максимальное количественное значение содержания вредного вещества на единице площади кожных покровов работающего, которое при ежедневной (кроме выходных дней) работе продолжительностью 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должно вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В гигиеническом нормативе (как в акте законодательства) для вредного вещества, для которого установлен ПДУзкп, также указываются:

1. Наименование вредного вещества.
2. Класс опасности вещества (1 — вещества чрезвычайно опасные, 2 — вещества высокоопасные, 3 — вещества умеренно опасные, 4 — вещества малоопасные).
3. Особенности действия на организм (А — способные вызывать аллергические заболевания у работников, К — канцерогены).

Соблюдение гигиенических нормативов не исключает нарушений здоровья у лиц с повышенной чувствительностью (что в большей степени наиболее характерно для вредных веществ с аллергенным действием).

Величина ПДУ загрязнения кожных покровов работающего устанавливается с учетом биологического действия вредного вещества.

Цифровые величины указанного гигиенического норматива (ПДУзкп, $\text{мг}/\text{см}^2$) приводятся в нормативных правовых актах.

Гигиеническая оценка загрязнения вредными веществами кожных покровов работающего проводится по кратности превышения фактическими значениями нормируемых параметров (максимальным количественным значением фактического содержания вредного вещества на единице площади кожных покровов работающего, $\text{мг}/\text{см}^2$) установленного значения гигиенического норматива ПДУзкп. То есть рассчитывается, во сколько раз фактическое максимальное количественное значение содержания вредного вещества на единице площади кожных покровов работающего превышает значение ПДУзкп.

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ УСЛОВИЙ ТРУДА

Одними из основных направлений государственной политики в области гигиены и охраны труда являются приоритет сохранения жизни и здоровья работающих, ответственность работодателя за создание здоровых и безопасных условий труда. Комплексная гигиеническая оценка условий труда проводится в производственных организациях, где по результатам лабораторных и инструментальных исследований установлены несоответствия уровней факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса гигиеническим нормативам, по данным медицинских осмотров выявляются общие заболевания, препятствующие продолжению работы, или профессиональные заболевания, регистрируются высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Комплексная гигиеническая оценка условий труда проводится для установления класса условий труда и категории профессионального риска работников. При этом используется гигиеническая классификация условий труда, которая позволяет отнести каждый оцениваемый вредный производственный фактор к определенному классу и затем определить в целом итоговый класс условий труда на данном рабочем месте: оптимальный (1 класс), допустимый (2 класс), вредный 1–4 степени (классы 3.1–3.4), опасный (4 класс).

Оптимальные условия труда (1 класс) характеризуются такими производственными факторами, при которых сохраняется здоровье работников и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности (оптимальные условия труда устанавливаются только для параметров микроклимата и факторов трудового процесса — тяжести и напряженности труда).

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых не выходят за пределы гигиенических нормативов, а возможные изменения функционального состояния организма, возникающие под их воздействием, восстанавливаются во время регламентированных перерывов или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых выходят за пределы гигиенических нормативов и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство. При этом выделяют в зависимости от величины превышения следующие 4 степени 3 класса:

– *1 степень 3 класса (класс 3.1)* характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов, и воздействие которых вызывает функциональные изменения в организме, восстанавливаемом, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивает риск повреждения здоровья;

– 2 степень 3 класса (класс 3.2) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и вызывают стойкие функциональные изменения в организме, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми заболеваниями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

– 3 степень 3 класса (класс 3.3) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и приводят к развитию, как правило, профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с утратой профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронических (производственно обусловленных) заболеваний, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

– 4 степень 3 класса (класс 3.4) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов, и при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с утратой общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные условия труда (4 класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых значительно выходят за пределы гигиенических нормативов, и воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) может создать угрозу для жизни работника, высокий риск развития острых профессиональных заболеваний, в том числе и тяжелых форм. При этом работа должна проводиться в соответствующих СИЗ и при строгом соблюдении режимов, регламентированных для такого вида работ и обеспечивающих безопасность работников.

При комплексной гигиенической оценке факторы производственной среды оцениваются путем сопоставления их фактических величин нормируемых параметров со значением гигиенических нормативов. Таким образом, для химических веществ при комплексной гигиенической оценке условий труда учитывается:

– во сколько раз фактическими значениями нормируемых параметров химического фактора (фактическими концентрациями в воздухе рабочей зоны на рабочих местах, максимальным количественным значением фактического содержания вредного вещества на единице площади кожных покровов работающего) превышаются соответствующие гигиенические нормативы (ПДК воздуха рабочей зоны, ОБУВ, ПДУзкп);

– продолжительность действия концентраций, превышающих ПДК (ОБУВ), для кожи (табл. 2).

Таблица 2

Установление 3 и 4 класса условий труда по химическому фактору с учетом экспозиции концентраций, превышающих ПДК воздуха рабочей зоны

Продолжительность действия концентраций, превышающих ПДК	Класс условий труда по химическому фактору
Более 50 % продолжительности смены	Класс условий труда по химическому фактору не изменяется
От 10 % (включительно) до 50 % (включительно) продолжительности смены	Класс условий труда по химическому фактору снижается на одну степень, но не может быть ниже класса 3.1
При кратковременном разовом или неоднократном воздействии за смену при общей продолжительности воздействия до 10 % продолжительности смены	Класс условий труда по химическому фактору снижается на 2 степени, но не может быть ниже класса 3.1

Класс условий труда при воздействии на работника химического фактора определяется по отношению фактической концентрации вредного вещества к его ПДК (округленному до десятых долей) в соответствии с санитарными нормами и правилами «Гигиеническая классификация условий труда» (прил. 4). Отнесение условий труда к отдельным классам проводится по фактическим максимально разовым концентрациям вредных веществ, а при наличии соответствующего гигиенического норматива — и по фактическим среднесменным величинам. В случае, когда фактическая максимально разовая концентрация находится на уровне либо ниже среднесменной, допускается проведение оценки только по максимально разовой концентрации.

При выявлении в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одностороннего действия, а также веществ с эффектом суммации (прил. 1) в концентрациях, не превышающих ПДК, оценка проводится по результату расчета суммы отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК. Если полученная величина не превышает единицы, условия труда относятся к допустимым (класс 2). Если полученная величина превышает единицу, то условия труда по химическому фактору считаются вредными и оцениваются по строке «Вредные вещества 1–4 класса опасности» (прил. 4).

При работе с веществами, проникающими через кожные покровы и имеющими соответствующий гигиенический норматив, класс условий труда устанавливается согласно строке «Вредные вещества 1–4 класса опасности» (прил. 4).

Химические вещества, имеющие в качестве гигиенического норматива ОБУВ, оцениваются по строке «Вредные вещества 1–4 классов опасности» (прил. 4).

В случае, если химическое вещество имеет несколько биологических эффектов (особенности действия на организм, буквенное обозначение в гигиеническом нормативе), класс условий труда выставляется наиболее вредный.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны двух и более вредных веществ, класс вредности условий труда по химическому фактору устанавливается по веществу, концентрация которого соответствует наиболее высокому классу и степени вредности. При этом три вещества с уровнями класса 3.1 переводят условия труда в следующую степень вредности (3.2); два вещества с уровнями класса 3.2 или 3.3 переводят условия труда в следующую степень вредности (3.3 или 3.4 соответственно).

АЭРОЗОЛИ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Как было отмечено ранее, аэрозоль — дисперсная система, состоящая из взвешенных в газовой дисперсионной среде, обычно в воздухе, мелких частиц (дисперсной фазы).

Аэрозоли широко распространены в различных сферах производства (порошковая металлургия, угольная промышленность, технология лакокрасочного производства) и в быту (образуются при распылении освежителей воздуха, парфюмерных жидкостей). Аэрозоли образуются при разных способах получения, переработки и применения различных материалов в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте. Образование дисперсной фазы твердых веществ в аэрозолях имеет место при взрывах, горении, ударах, размоле, трении, дроблении, сверлении, шлифовке и многих других процессах, диспергирование жидкостей происходит при разбрызгивании, пульверизации и т. д. В виде аэрозолей в воздух рабочей зоны поступает множество вредных веществ и смесей: бензоат натрия, канифоль, крахмал, марганец, нитронафталин, пирен, поликарбонат, силвинит, целлюлоза, этоксибензол и прочие.

Аэрозоли классифицируют по многим признакам: способам их образования, размеру частиц, агрегатному состоянию дисперсной фазы, морфологическим признакам частиц, а также по содержанию дисперсной фазы, характеру биологического действия на организм человека, природе радиоактивности. Это является основой или отправной точкой для разработки системы профилактических мероприятий в целом и в частности — приоритетных мероприятий (санитарно-гигиенических, технологических, санитарно-технических, инженерно-технических и медико-профилактических) по предупреждению их неблагоприятного воздействия на организм работников.

Классификация аэрозолей по различным признакам:

I. По агрегатному состоянию дисперсной фазы:

1. Пыль — аэрозоли дезинтеграции с твердой дисперсной фазой, обладающие свойством находится во взвешенном состоянии более или менее продолжительное время.
2. Туман — аэрозоли конденсации и дезинтеграции с жидкой дисперсной фазой и размерами частиц от 0,3 до 5 мкм.
3. Дым — конденсационные аэрозоли, состоящие из твердой дисперсной фазы (размер частиц от 0,1 до 5 мкм).

II. По происхождению пыли:

1. Органическая:

а) естественная:

- животного происхождения (шерстяная, костяная, щетинная);
- растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, мучная);
- б) искусственная (пыль резины, смол, полимерных материалов).

2. Неорганическая:

- а) минеральная (кварцевая, цементная, гипсовая, тальковая);
- б) металлическая (железная, алюминиевая, медная, свинцовая).

3. Смешанная — образующаяся при процессах полировки и шлифовки, содержит абразив и обрабатываемый материал (органическая + неорганическая).

III. По размерам частиц аэрозоля (пыли):

1. Видимая пыль (размер более 10 мкм, быстро выпадает из воздуха).

2. Микроскопическая пыль (размер от 0,25 до 10 мкм, медленно выпадает из воздуха).

3. Ультрамикроскопическая пыль (размер менее 0,25 мкм, длительно витает в воздухе по законам броуновского движения).

IV. По дисперсности аэрозолей:

1. Высокодисперсные (менее $0,5-1,0 \cdot 10^{-5}$ см);

2. Среднедисперсные ($0,5-1,0 \cdot 10^{-5}$ см до $1,0 \cdot 10^{-4}$ см);

3. Грубодисперсные (более $1,0 \cdot 10^{-4}$ см);

4. Полидисперсные, то есть одновременно пылевые частицы различных размеров. В любом образце пыли обычно число мелких частиц больше, чем крупных. В большинстве случаев до 60–80 % частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, 10–20 % — от 2 до 5 мкм и до 10 % — свыше 10 мкм).

V. По степени воздействия на организм человека:

1. I класс — вещества чрезвычайно опасные.

2. II класс — вещества высоко опасные.

3. III класс — вещества умеренно опасные.

4. IV класс — вещества малоопасные.

VI. По способу образования аэрозоля и морфологическим признакам твердой фазы:

1. Аэрозоль дезинтеграции образуется при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрыв пород) и при механической обработке изделий (очистка литья, обрубка, заточка). Пыль дезинтеграции полидисперсна (содержит пылевые частицы разных размеров — от 0,1 мкм и выше). Чем тверже материал дробления, тем меньше размеры образующихся частиц.

Пылинки в аэрозолях дезинтеграции имеют неправильную форму:

- игольчатую (стекловолокно);
- нитевидную (частицы асбеста, хлопка, пеньки);
- остроугольную: частицы вызывают раздражение и повреждение кожи и дыхательных путей (пыль хлопка, льна, асбеста, слюды, угля).

Неправильная форма пылинок способствует длительному нахождению их в воздухе.

2. Аэрозоль конденсации образуется из паров металлов, металлоидов и их соединений, которые при охлаждении превращаются в твердые частицы. Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых материалов, например, при плавлении, электросварке, вследствие охлаждения и конденсации паров. Дисперсность аэрозолей более монотонна и определяется условиями их возникновения: имеют размер менее 0,1 мкм, форма пылинок близка к шару или кубу, легко оседают из воздуха, если размер их (по диаметру или стороне) превышает 5–10 мкм.

VII. По особенностям биологического действия (биологическим эффектам):

1. Фиброгенное действие (асбесты, цеолиты, диоксид кремния, зола).
2. Общетоксическое действие — приводит к отравлению всего организма (сварочный аэрозоль, свинец, ртуть).

3. Канцерогенное действие, приводящее к возникновению злокачественных новообразований (триоксид хрома, асбест, диметилсульфат).

4. Аллергенное действие (пыль органических веществ животного, растительного, микробного происхождения, соединения трехвалентного хрома).

5. Раздражающее действие — вызывает раздражение слизистых оболочек и кожных покровов (пыль хромовощелочных солей, извести, хлор, формальдегид).

5. Остронаправленный механизм действия (диоксид хлора, тетраэтилсвинец, нитрит натрия, озон и др.).

7. Мутагенное действие, приводящее к изменению наследственных свойств организма (колхицин, соли азотистой кислоты, продукты переработки нефти, органические растворители и др.).

8. Влияющие на репродуктивную функцию (соединения ртути, свинец, бензол, сероуглерод и др.).

VIII. По природе радиоактивности:

1. Естественные (добыча урановых, ториевых руд, гранита).
2. Искусственные (ядерные взрывы, выбросы атомной промышленности, работа ускорителей заряженных частиц).

Особый интерес представляют АПФД — разновидность аэродисперсных систем, которые представлены взвешенными в газообразной среде твердыми частицами. В обыденной терминологии пылью называют осадок твердых частиц на различных поверхностях, который легко переходит во взвешенное состояние. Примеры АПФД, встречающиеся в производстве: различные смеси, содержащие кремний, бокситы, вольфрам, доломит, железо, зола, пыль доменного шлака, сера, фторопласт, корунд, цемент, глина (в нормативных правовых актах в особенностях биологического действия имеют пометку «Ф»).

Пыль неразрывно связана с жизнедеятельностью человека на протяжении многих веков. Например, заболевания легких, причиной которых является постоянное вдыхание пыли, известны с древнейших времен: ученые не-

однократно обнаруживали пневмокониотические изменения у египетских мумий. Сообщения о пыли при описании болезней горнорабочих встречаются у Парацельса, Г. Агриколы, Б. Рамаццини. В трудах ученых-медиков А. Н. Никитина (1847), В. О. Португалова (1870), Ф. Ф. Эрисмана также описаны заболевания легких у горнорабочих.

Производственная (промышленная) пыль — наиболее распространенный вредный фактор производственной среды. Многочисленные технологические и производственные процессы и операции в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождаются образованием и выделением пыли, воздействию которой могут подвергаться большие контингенты работающих. Она является основной производственной вредностью в горнодобывающей промышленности (добыча угля, металлических руд), в производстве строительных материалов (огнеупорные изделия, кирпич, цемент), фарфорофаянсовой, мукомольной промышленности, в чугунно-медно-сталелитейных и других цехах металлургической и машиностроительной промышленности, в подготовительных и прядильных цехах текстильной промышленности, сельском хозяйстве и многих других отраслях народного хозяйства (табл. 3).

Таблица 3

Пыль в воздухе рабочей зоны отдельных производств

Отрасль, рабочее место	Наименования веществ
Котельные	Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), сажа (пыль углерода), кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий), медь и ее соединения (в пересчете на медь), мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк), оксид никеля (в пересчете на никель), соединения ртути (в пересчете на ртуть), свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец), хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr^{3+}), цинк и его соединения (в пересчете на цинк), гексахлорбензол
Деревообработка	Пыль древесная, карбамид (мочевина), эпоксидные смолы
Металлообработка	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее или более 70 %, пыль металлов, красители, корунд белый
Сварка металлов	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее или более 70 %, железо (II) оксид (в пересчете на железо), марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид), хром (VI), свинец и его соединения, сажа
Производство пластмасс	Дибутилфталат, пыль поливинилхлорид, пыль полипропилена, пыль полиэтилена, пыль аминопластов, пыль полистирола, пыль полисульфонов, другая пыль в зависимости от вида пластмасс
Сельское хозяйство	Пыль животного происхождения, пыль комбикормов, пыль кормовых добавок, растительная пыль

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений атмосферного воздуха являются тепловые электрические станции, металлургические, цементные, сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава: соединения кремния, кальция и углерода, оксиды металлов (железа, магния, марганца,

цинка, меди, никеля), асбест. Еще большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот.

Снижение содержания производственной пыли в воздухе рабочей зоны является как гигиенической, так и экономической задачей. Некоторые виды пыли (цементная, сахарная, мучная, содовая) представляют ценность как продукт производства, и ее потеря наносит экономический ущерб.

Производственная пыль способствует быстрому износу производственного оборудования, может служить причиной брака (в точном приборостроении, переработке фторопластов), уменьшает освещенность производственных помещений. Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и взрыву, а значит, производственная пыль еще и опасный производственный фактор.

Вдыхание производственной пыли может привести к специфическим заболеваниям (пневмокониозу), способствовать возникновению и развитию таких заболеваний, как ларингит, трахеит, бронхит, пневмония, туберкулез легких, заболевания кожи.

Проводимые на предприятиях мероприятия по борьбе с производственной пылью и профилактика профессиональных пылевых заболеваний легких позволили достигнуть определенных успехов: улучшились условия труда рабочих, реже встречаются выраженные формы фиброзного поражения легких, увеличилась продолжительность работы без возникновения начальных признаков заболеваний. Однако проблемы нормализации условий труда по пылевому фактору на промышленных предприятиях, распространенность производственной пыли и трудности в борьбе с ней продолжают оставаться весьма актуальными и сейчас.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

Гигиеническое значение промышленных аэрозолей обуславливается их химическими и физическими свойствами, из которых наиболее важными являются химический состав аэрозоля, дисперсность, форма частиц, их консистенция, электрический заряд, растворимость, наличие микрофлоры и биологических агентов, сорбционная способность.

Химический состав. Химическое строение (состав смесей аэрозолей, паров или газов) определяет биологическое действие вредных веществ.

К АПФД относят целый ряд аэрозолей: соединения кремния, некоторые металлы и сплавы, частицы смешанного минерально-металлического происхождения и др.

Степень фиброгенности аэрозоля и/или способности воздействовать негативно на легочную ткань зависит в большой степени от содержания в ней кремния. Кремний в пыли может присутствовать в свободном состоянии в виде диоксида кремния (SiO_2) и в связанном — в виде силикатов (солей кремниевых кислот).

Для свободного диоксида кремния характерен полиморфизм — способность существовать в виде различных кристаллов. Полиморфные (кристаллические) формы диоксида кремния наиболее распространены в природе (кварц, тридимит, опал, халцедон, кварцин). Механическое измельчение различных кристаллических форм диоксида кремния приводит к образованию его аэрозоля дезинтеграции. Кристаллический диоксид кремния очень тверд, нерастворим в воде и плавится при температуре около 1610 °С, превращаясь в бесцветную жидкость, после охлаждения которой получается прозрачная стекловидная масса — это уже аморфный диоксид кремния (кварцевое стекло). Аморфный диоксид кремния распространен в природе гораздо меньше. В производственных условиях аэрозоль конденсации аморфного диоксида кремния образуется чаще в результате возгонки веществ, а аэрозоль дезинтеграции аморфного диоксида кремния — при механическом разрушении кварцевого стекла. Различают пыль выраженно- и умеренно-фиброгенную (к таковым относят пыль с содержанием частиц диоксида кремния более десяти процентов, $\text{SiO}_2 > 10 \%$), слабофиброгенную (содержание диоксида кремния менее десяти процентов, $\text{SiO}_2 < 10 \%$).

Для АПФД при оценке их биологического действия следует учитывать основные *факторы фиброгенности*:

- вид соединений кремния (диоксиды или силикаты);
- содержание свободного диоксида кремния в общей массе аэрозоля;
- вид свободного диоксида кремния (кристаллический или аморфный);
- механизм образования аэрозоля (аэрозоль дезинтеграции или конденсации);
- происхождение аэрозоля (пыли растительного и животного происхождения);
- химический состав аэрозоля (присутствие помимо соединения кремния других соединений);
- морфологию пылевых частиц (для силикатсодержащих соединений учитывается содержание асбестовых волокон);
- содержание респираторных волокон в аэрозоле для волокнистых аэрозолей;
- способность вызывать острые и хронические интоксикации;
- способность вызывать канцерогенное и аллергенное действие.

Химическая активность зависит от общей площади поверхности частиц аэрозоля. Обожженные продукты — керамзит, вермикулит, перлит и др. — благодаря увеличенной общей поверхности обладают более выраженным фиброгенным действием на легочную ткань, чем сырые, идущие на их изготовление. Иногда незначительная примесь какого-либо химического агрессивного соединения изменяет направленность и силу действия пыли.

Например, наличие в незначительных количествах трехвалентного хрома в цементах (до 0,001 %) усиливает аллергенные свойства пыли. Чем больше содержание в пыли свободной двуокиси кремния, тем она более агрессивна в плане развития фиброзных изменений в легких.

Ряд видов производственной пыли обладают аллергенными свойствами, вызывая такие заболевания, как бронхиальная астма. К аллергенам относятся, например, пыль ипекакуаны, канифоли, кожи, льна, муки, перламутра, пихты, рисовой муки, соломы, сосны, хлопка, шелка, шерсти, хрома.

Растворимость вредных веществ, зависящая от их химического состава, имеет определенное гигиеническое значение. Растворимость пыли в воде и тканевых жидкостях может иметь положительное и отрицательное значение: сахарная пыль, быстро растворяясь в организме, не оказывает на него вредного действия. Чаще всего, если пыль нетоксична или мало токсична, то действие ее на ткань сводится к механическому раздражению.

Нерастворимая, в частности, волокнистая пыль надолго задерживается в воздухоносных путях дыхательной системы человека, нередко приводя к развитию хронических патологических состояний. Хорошая растворимость токсических аэрозолей способствует быстрому развитию острых отравлений.

Скорость растворения связана с дисперсностью и суммарной поверхностью вещества. С уменьшением размера частиц и увеличением поверхности повышается скорость растворения. Вредное действие пыли зависит от степени отклонения ее водородного показателя от рН слизистой оболочки дыхательных путей, которая колеблется от 6,8 до 7,4. Изменение реакции в ту или другую сторону оказывает неблагоприятное действие на работу мерцательного эпителия, затрудняя процессы элиминации.

Дисперсность (степень измельчения вещества). Дисперсность производственной пыли имеет большое гигиеническое значение, так как от размера пылевых частиц, их удельного веса и формы зависит длительность пребывания пыли в воздухе, а также общий процент задержки пылевых частиц в органах дыхания и уровень, на котором они оседают в дыхательных путях.

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 их размером и удельным весом. Скорость оседания кварцевой частицы в неподвижном воздухе показана в табл. 4.

Таблица 4

Скорость оседания кварцевой частицы в неподвижном воздухе

Диаметр пылевой частицы, мкм	Скорость падения	
	в секунду, мм	в час
10	7,73	27,828 м
5	1,93	6,948 м
3	0,696	2,5056 м
2	0,309	1,112 м
1	0,0773	27,828 см
0,5	0,0306	11,016 см
0,3	0,01377	4,557 см
0,2	0,00762	2,743 см
0,1	0,00304	1,0944 см

Чем меньше размер пылевых частиц, тем дольше они задерживаются взвешенными в воздухе рабочей зоны, следовательно, тем выше возможность попадания их в дыхательные пути работающих.

Некоторые изменения скорости оседания пылевых частиц возникают в связи с процессом флоккуляции. Это имеет значение в основном для аэрозолей конденсации, которые даже в неподвижном воздухе благодаря энергичному броуновскому движению часто сталкиваются друг с другом, агрегируются и в виде хлопьев выпадают из воздуха рабочей зоны.

Аэрозоли конденсации, образующиеся при металлургических процессах (выплавке ферросплавов, конвертерном переделе чугуна, выплавке стали) легче подвергаются флоккуляции и оседанию конгломератов, чем аэрозоли дезинтеграции. Аэрозоли дезинтеграции не поддаются агрегированию главным образом вследствие относительно больших размеров частиц. Влияние движения воздуха на агрегацию пылевых частиц незначительно, в то же время интенсивное увлажнение воздуха оказывает эффективное влияние на флоккуляцию.

Степень дисперсности промышленных аэрозолей зависит, прежде всего, от способа их образования. Величина частиц аэрозолей дезинтеграции (пыль) зависит от вещества, из которого они получены, и интенсивности дезинтеграции. Чем тверже вещество, подлежащее дезинтеграции, тем выше степень дисперсности и тем больше частиц в единице объема аэрозолей. Чем интенсивнее дезинтеграция и чем больше возраст аэрозолей, тем больше пыли и тем выше степень дисперсности ее частиц (табл. 5).

Таблица 5

Степень дисперсности пылевых частиц при различных процессах обработки

Процесс	Вид пыли	Соотношение размеров пылевых частиц			
		до 2 мкм	2–5 мкм	5–10 мкм	выше 10 мкм
Обточка древесины	Древесная	48,0	20,0	24,0	8,0
Обдирка металла	Металлическая и минеральная	57,0	31,5	9,5	2,0
Заточка металла	Металлическая и минеральная	62,0–79,5	24,5–13,5	10,0–6,6	3,5–0,6

От дисперсности зависит и задержка пылевых частиц в дыхательных путях. Общий процент числа задержанных в организме пылевых частиц тем выше, чем больше их размер. Это особенно заметно в отношении задержки пыли в верхних дыхательных путях (табл. 6).

Таблица 6

Задержка в организме пылевых частиц каолина в зависимости от размеров

Диаметр частиц, мкм	Общая задержка, %	Задержка в верхних дыхательных путях, %	Задержка в альвеолах, %
0,3	47,8	9,2	34,5
0,9	63,5	16,5	50,5
1,3	68,7	26,7	34,8
1,6	71,7	46,5	25,9
5,0	90,3	82,7	9,8

В альвеолах наиболее высок процент задержки пылевых частиц размером около 1 мкм. Однако в абсолютных величинах выше количество задержанных в альвеолах частиц, размеры которых меньше 1 мкм, так как они преобладают среди взвешенных в воздухе частиц.

Некоторое значение для задержки пыли в организме имеет тип дыхания. По данным Е. А. Вигдорчик, частицы диаметром менее 1 мкм меньше задерживаются при дыхании через нос и больше при дыхании через рот; фракции в 1,3 мкм задерживаются больше при носовом дыхании, а фракции в 3 мкм и больше задерживаются примерно одинаково при дыхании через рот и нос.

В табл. 7 рассмотрены локализация и степень задержки аэрозолей в органах дыхания человека, а также их выведение в зависимости от размера частиц.

Таблица 7

Локализация и степень задержки аэрозолей в органах дыхания человека, а также выведение их в зависимости от размера частиц по Хатчу (Т. F. Hatch, 1961)

Размер частиц (диаметр в мкм)	Общий % задержки частиц	% выведения частиц	Место задержки частиц (% от общего числа зараженных)		Основные аэродинамические факторы, определяющие степень задержки
			дыхательные пути (терминальные бронхиолы включительно)	альвеолы, респираторные бронхиолы	
10	100	0	100	0	Инерция, сила тяжести
5	80	20	80	20	Инерция, сила тяжести
1–2	40–50	50–60	0	100	Инерция, сила тяжести
0,25–0,5	20–30	70–80	0	100	Инерция, сила тяжести
0,1	60	40	0	100	Броуновское движение

На основании данных о поведении пыли в воздухе рабочей зоны и ее задержке в органах дыхания в связи с дисперсностью можно сделать вывод, что практическое гигиеническое значение имеют пылевые частицы размером 5 мкм и меньше.

В опытах с интратрахеальным введением в легкие одинакового по весу количества кварцевой пыли разной дисперсности показано, что наибольшей фиброгенной активностью обладают пылевые частицы размером 1–2 мкм. Это объясняется тем, что частицы значительных размеров попадают в легкие в небольшом количестве и задерживаются в альвеолах.

Частицы же размером менее 1 мкм легко транспортируются из альвеол пылевыми клетками в лимфатические узлы и, не задерживаясь в них, удаляются из организма. Частицы величиной 1–2 мкм легко транспортируются по лимфатическим путям и долго задерживаются в лимфатических узлах. На основании этих опытов можно сделать вывод, что так называемая ультрамикроскопическая пыль (размером 0,1 мкм и меньше) может быть малопатогенна при прочих равных условиях.

С повышением дисперсности пыли увеличивается поверхность частиц (отношение поверхности частиц к их массе), повышается ее химическая активность и сорбционная способность.

Приведенные данные о фиброгенной активности пыли в связи с ее дисперсностью следует иметь в виду при гигиенической оценке пылевого фактора на производстве.

За последние годы создано множество материалов, содержащих наноразмерные частицы (размеры которых не превышают 100 нм). Наночастицы различных материалов, металлов, окислов находят широкое применение в различных отраслях промышленности, медицины и науки. Наноматериалы используют для изготовления защитных и светопоглощающих покрытий, спортивного оборудования, транзисторов, светоиспускающих диодов, топливных элементов, лекарств и медицинской аппаратуры, материалов для упаковки продуктов питания, косметики и одежды. Например, наноприемеси на основе оксида церия уже сейчас добавляют в дизельное топливо, что позволяет на 4–5 % повысить КПД двигателя и снизить степень загрязнения выхлопных газов.

Наноразмерность химических веществ внесла в токсикологию новизну, соизмеримую с периодом первых исследований в этой области знаний, так как полиорганный пораженный внутренних органов и систем организма в связи с высокой проницаемостью наночастиц через клеточные мембраны, непредсказуемость механизмов действия наночастиц и результатов зависимости «доза-эффект» значительно увеличивают многоплановость и объем экспериментальных исследований, необходимых для обоснования величин их безопасных уровней. Быстрый рост развития нанотрасли в промышленности значительно опережает проведение исследований по изучению биологического действия наночастиц на организм работников.

Известно, что наночастицы после ингаляции проникают в кровеносное русло по разным механизмам. Скорость этого процесса может варьироваться для наночастиц разных размеров и химического состава. Но в некоторых случаях этот процесс может осуществляться очень быстро. Например, ингалированные углеродные частицы размером менее 100 нм уже через одну минуту после экспозиции можно обнаружить в крови экспериментальных животных. Благодаря своим размерам, наночастицы легко проникают через гематоэнцефалический барьер в ЦНС, а также через плацентарный барьер в организм плода.

Ряд исследователей универсальной основой повреждающего действия наночастиц считают разрушительный оксидативный стресс, провоцируемый их прооксидантной активностью. Однако некоторые наночастицы обладают и антиоксидантной активностью, а другие даже сочетают оба эти свойства. Например, антиоксидантная активность нанооксида церия уже находит медико-биологическое применение в качестве средства защиты от окислительного стресса.

При сравнительной оценке воздействия на организм микро- и наноразмерных частиц оксида алюминия выявлено, что наночастицы незначительно увеличивают размер нейронов зернистого слоя коры мозжечка у крыс и более чем в 4 раза усиливают повреждающее действие на ядра гепатоцитов. Уди-

вительно, что инертный металл золото в наноразмерном состоянии обладает не только специфическим действием на гонады, но и избирательно «половым» — нарушает генеративную функцию только самцов белых крыс.

Благодаря высокой проникающей способности наночастиц, непредсказуемости биологического действия, отсутствию эффективных современных средств индивидуальной защиты (из-за высокой дисперсности частиц) существует необходимость разработки новых подходов к изучению биологического действия наночастиц для обеспечения более высокого уровня безопасности работников.

Плотность. Плотность пыли оказывает существенное влияние на устойчивость частиц в воздухе. Чем выше плотность вещества при одной и той же дисперсности, тем быстрее оно оседает из воздуха. Например, пыль вольфрама (плотность 19 г/см³) размером 5 мкм оседает во много раз быстрее, чем частицы железа (плотность 7,4 г/см³), и еще быстрее, чем пыль кварца (плотность 2,6 г/см³) и угля — таких же размеров.

С учетом плотности и дисперсности рассчитывают продолжительность пребывания пыли в воздухе. Это делают для установления характеристики пыли, поведения ее в воздухе рабочих помещений и для изучения ее влияния на организм; в санитарно-технических и технологических устройствах — для определения эффективности фильтрующих средств разных материалов, расчета показателей для пневмотранспортировки и пылеотсасывающих устройств; в теплотехнике — для характеристики пылевидного топлива.

Форма и консистенция. Аэрозоли дезинтеграции имеют неправильную форму и представляют по существу обломки в виде пластинок, глыбок, многогранников, вытянутых волокон с острыми зазубренными, иногда сглаженными краями (рис. 1).

Аэрозоли конденсации представляют собой чаще всего рыхлые агрегаты, состоящие из кристаллов или частиц шарообразной формы (рис. 2).

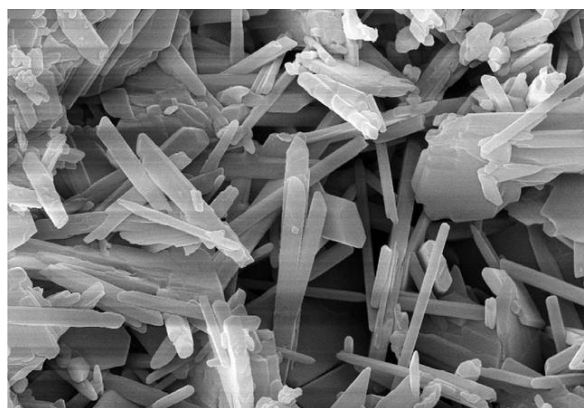


Рис. 1. Электронная микроскопия пыли бетона (увеличение $\times 5000$)

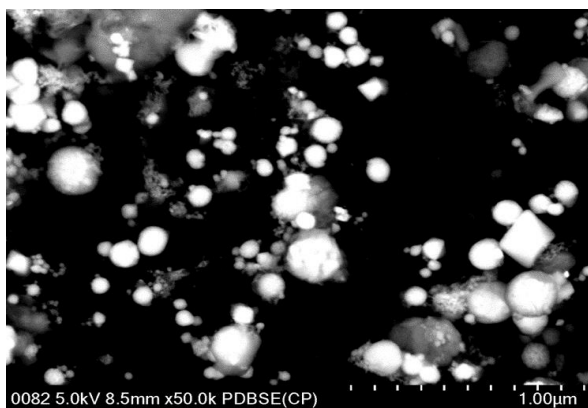


Рис. 2. Электронное изображение фильтра для отбора проб воздуха с частицами сварочного аэрозоля (аэрозоль конденсации) в подмасочном пространстве (увеличение $\times 50000$; изображение выполнено в режиме работы детектора обратно рассеянных электронов BSE)

От формы пылевой частицы зависит скорость ее оседания. Частица неправильной формы оседает медленно, так как она падает всегда в положении, встречающем наибольшее сопротивление воздуха.

О роли формы пылевой частицы в патогенезе пылевых заболеваний нет достаточной ясности. Старое представление о том, что острые края пылевой частицы травмируют легочную ткань и приносят больше вреда, не доказано. Такое представление можно было бы допустить, если бы пылевая частица имела значительную массу.

Электрические свойства. Одним из важнейших свойств аэрозоля является наличие на частицах дисперсной фазы электрических зарядов. Пылевые частицы, взвешенные в воздухе, несут как положительный, так и отрицательный заряд независимо от химических свойств первичного вещества, причем количество частиц с отрицательным и положительным зарядом почти одинаково. Частицы приобретают заряд в результате трения вещества о поверхность частей машин (например, в вальцовых мельницах), трения и соударения их друг с другом или абсорбции ионов атмосферы. Заряд пыли может быть различным и в значительной мере зависит от химической природы вещества.

Отрицательными зарядами отличаются металлическая пыль и основные оксиды, положительными зарядами — неметаллическая пыль и кислотные оксиды. Заряженность оказывает влияние на поведение частиц, время нахождения пыли в воздухе и ее осаждение.

Разноименный заряд пылевых частиц способствует быстрой конгломерации и оседанию их из воздуха. Одноименный заряд обуславливает большую стабильность аэрозоля. С увеличением температуры электризация пыли возрастает, а с повышением влажности она падает.

Существует мнение, что частицы пыли, несущие на себе заряд, задерживаются в органах дыхания в большем количестве, чем нейтральные пылевые частицы, при этом степень задержки пыли в дыхательных путях может достигать 70 %. По-видимому, характер заряда может иметь значение для фагоцитоза пыли: фагоцитоз более активен при электроотрицательной пыли.

Аэрозоли дезинтеграции имеют большую величину заряда, чем аэрозоли конденсации. Пылевые частицы больших размеров могут иметь несколько элементарных зарядов, а малые — обычно один элементарный заряд.

Доказано, что биполярно электрозаряженная пыль более фиброгенна, чем нейтральная. Возможно также, что знак заряда играет определенную роль при осаждении пыли из воздуха распыленной водой, поскольку водяные аэрозоли также несут на себе электрозаряд.

Удельная поверхность и физико-химическая активность. Дисперсность пыли в большой мере влияет на ее физико-химическую активность. Объясняется это значительным увеличением поверхности диспергированного тела. В этом легко убедиться на следующем примере: раздробление 1 см³ твердого тела до частиц размером 0,1 мкм увеличивает общую поверхность

с 6 до 600 000 см², т. е. в 100 000 раз. Такое увеличение поверхности резко повышает адсорбционную способность вещества к газовым молекулам.

Хорошей иллюстрацией может служить пыль доменного газа, сорбирующая окись углерода. В спокойном состоянии сорбированная окись углерода из пыли не выделяется; при перемешивании же она десорбируется в количествах, способных вызвать острое отравление. Увеличение удельной поверхности диспергированных веществ связано с повышением их химической активности.

Адсорбционные свойства пыли находятся в зависимости от дисперсности и суммарной поверхности. Чем мельче раздроблено вещество, тем больше его суммарная поверхность и адсорбционная активность.

Пылевые частицы могут сорбировать на своей поверхности газы, пары, радиоактивные вещества, ионы, свободные радикалы и др. Так, пыль доменного газа сорбирует оксид углерода, угольная пыль — молекулы газов СО₂, СО, метана. Вдыхание с пылью токсических веществ усиливает вредное действие пыли. Адсорбированные на пылинках раздражающие и токсичные пары при попадании в организм могут способствовать развитию отдельных заболеваний или отягощать основное заболевание.

Воспламеняемость и взрывоопасность. Важным свойством некоторых пылей является их воспламеняемость и взрывоопасность. Как отмечалось выше, увеличение удельной поверхности диспергированных веществ связано с повышением их химической активности. В связи с этим пыль приобретает свойства взрывоопасности.

Активная сорбция кислорода пылевыми частицами делает их легковоспламеняющимися при наличии открытого огня. Известны взрывы каменноугольной, пробковой, сахарной, мучной пыли. Способностью взрываться и воспламеняться при наличии открытого огня обладают также крахмальная, сажевая, алюминиевая, цинковая и некоторые другие виды промышленных аэрозолей. Особенно взрывоопасна каменноугольная пыль, содержащая значительное количество органических летучих веществ.

Для того чтобы произошел взрыв и воспламенение, требуется образование пылевого облака достаточной концентрации и наличие открытого источника огня. Образование пылевого облака может происходить постепенно в результате накопления пыли в воздухе рабочей зоны из источника образования пыли и поднятия осевшей пыли в производственных помещениях. В связи с этим на объектах, где возможно образование взрывоопасной и воспламеняющейся пыли, необходимо следить за своевременным удалением ее с оборудования, ограждений, пола, перекрытий.

Для различных пылей взрывоопасная концентрация вещества неодинакова: для пыли крахмальной, алюминиевой и серной минимальной взрывоопасной концентрацией является 7 г/м³ воздуха, для сахарной — 10,3 г/м³.

Радиоактивность. Радиоактивная пыль — аэродисперсная система, состоящая из газообразной дисперсной среды и твердой дисперсной фазы, обладающей радиоактивностью.

По происхождению радиоактивные аэрозоли делятся на естественные и искусственные.

При добыче урановых и ториевых руд, а также некоторых нерадиоактивных ископаемых (свинец, уголь, фосфатные удобрения), имеющих примеси урана в месторождениях, дочерние радионуклиды урана и тория вместе с рудничной пылью образуют естественные радиоактивные аэрозоли размером 0,001–10 мкм.

Искусственные радиоактивные аэрозоли образуются в результате ядерных взрывов, при технологических или аварийных выбросах предприятий атомной промышленности, различных процессах по обработке твердых или жидких радиоактивных материалов, работе ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц.

При вдыхании с воздухом радиоактивных пылевых частиц основная опасность для человека обуславливается показателями, свойственными для обычных аэрозолей, и физико-химическими свойствами радиоактивных изотопов (смыываемость, растворимость).

Попадая на кожные покровы, радиоактивные аэрозоли могут вызвать лучевые ожоги. Труднорастворимые радиоактивные изотопы длительно задерживаются в легких и лимфатических узлах, облучая их ткани; легко растворимые абсорбируются в кровь и становятся источником внутреннего облучения других тканей.

Скорость выведения радиоактивных аэрозолей из организма различна: быстрее выводятся хорошо растворимые вещества. Особенно опасны попавшие в организм долгоживущие изотопы, которые в течение всей жизни пострадавшего могут быть источником ионизирующего излучения.

Естественные и искусственные радиоактивные аэрозоли, оседая из атмосферы в землю, загрязняя воду, почву, растительность, могут поступать в организм человека или животного с пищевыми продуктами растительного происхождения или попадать в организм сельскохозяйственных животных при выпасе, а затем с мясными продуктами и молоком — в организм человека.

Наличие микрофлоры и биологических агентов. Источником инфицирования пыли является почва, в которой обитают споровые формы бактерий и грибов, наиболее устойчивые к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды, а также патогенные и условно-патогенные микроорганизмы зоогенного происхождения. В закрытых помещениях (жилые, общественные здания и лечебно-профилактические учреждения) основным источником микробного обсеменения пыли является больной или бактерионоситель.

Патогенные и условно-патогенные микроорганизмы длительное время выживают на пылевых частицах. Так, патогенные стафилококки выживают на рассеянном свете более 20 дней, а в воздухе более 10 дней. Отмечено длительное выживание в пыли возбудителей дифтерии и туберкулеза, спор плесневых грибов. Посредством пыли могут передаваться возбудители гриппа, кори, ветряной и натуральной оспы, туберкулеза и многих других заболеваний.

Инфицированная пыль лежит в основе воздушно-пылевого пути передачи возбудителей, устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды (инсоляция, высушивание, действие УФ-излучения). В натурно-экспериментальных условиях изучены основные закономерности циркуляции возбудителей инфекций, передаваемых с пылью, установлено, что инфицированная пыль в помещениях может многократно подниматься в воздух, циркулировать по всему зданию, оседать на поверхности предметов, попадать в организм человека вместе с воздухом. Инфицирование людей чаще всего наблюдается в закрытых помещениях (жилые, общественные, административные, больничные), а также в производственных условиях (переработка сельскохозяйственного сырья, микробиологические лаборатории).

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

В зависимости от происхождения, химического состава, растворимости, дисперсности, формы пылинок производственная пыль может быть причиной возникновения разнообразных пылевых заболеваний человека.

Ряд промышленных видов пыли вызывает профессиональные поражения в форме пневмокониозов, пылевых бронхитов, хронической обструктивной болезни легких и прочих заболеваний. Несмотря на то, что из перечня нормируемых вредных веществ (более 2660 наименований) на сегодняшний день около 130 (около 5 %) относят к АПФД, именно эти вещества вызывают пневмокониозы, профессиональные пылевые бронхиты и другие заболевания, которые уже многие десятилетия лидируют в структуре профессиональных заболеваний.

Заболевания легких у горнорабочих и каменотесов, вызываемые постоянным вдыханием пыли, с давних времен носили название «горной болезни» или «чахотки каменотесов».

Обычно различают специфические (пневмокониозы) и неспецифические проявления: хронические заболевания органов дыхания (бронхиты, трахеиты, ларингиты), заболевания глаз (конъюнктивиты, кератиты), заболевания кожи (дерматиты, пиодермия).

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕГКИХ И ДРУГИХ ОРГАНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

Можно считать установленной определенную связь заболеваний раком легких с асбестозом. Наиболее важным неспецифическим заболеванием легких в связи с вдыханием пыли является туберкулез легких.

Заболевания верхних дыхательных путей. Под воздействием пыли слизистая оболочка носа претерпевает значительные гистологические изменения. Почти половина пылевых частиц задерживается в полости носа, причем это наиболее крупные частицы, способные травмировать слизистую оболочку. Первоначальное раздражение слизистой переходит в гипертрофический катар с гиперемией и усилением секреции, что повышает фильтрую-

щие свойства полости носа. При дальнейшем развитии гипертрофических процессов дыхание через нос затрудняется и осуществляется преимущественно через рот. При длительном воздействии пыли гипертрофические процессы сменяются постепенно атрофическими, и фильтрующая способность носовой полости значительно снижается.

Таким образом, возникающие под действием пыли гипертрофические и атрофические катары слизистой оболочки носа представляют собой два этапа единого процесса. Темпы развития обоих процессов зависят от количества пыли, ее физических и химических свойств, длительности работы в пыльных условиях и индивидуальных особенностей. Наиболее агрессивной является кварцевая пыль, под ее воздействием процессы протекают значительно быстрее (табл. 8).

Таблица 8

**Распространенность гипертрофического и атрофического катара
слизистой полости носа у рабочих железорудных шахт (кварцевая пыль)
в процентах к числу обследованных**

Стаж работы в пыльных условиях, годы	Форма катара		
	гипертрофическая, %	переходная, %	атрофическая, %
До 5	12,2	4,0	13,0
6–9	25,0	10,0	20,0
10–19	15,5	19,0	40,0
Выше 20	10,5	26,0	42,2

Из других заболеваний полости носа можно упомянуть изъязвление и прободение носовой перегородки в кисельбаховом месте.

Под влиянием пыли могут поражаться окончания чувствительных нервов слизистой оболочки носа, что приводит к снижению восприятия запахов (гипосмия) и даже полной утрате способности их различать (аносмия).

Также существует опасность заболевания носовой астмой под влиянием пыли, обладающей аллергенными свойствами. Заболевание это протекает по типу острого ринита. Поражение слизистой оболочки нижних отделов дыхательных путей, а также среднего отдела (носоглотка, гортань, трахея и бронхи) имеет такой же характер, как и поражение слизистой носа.

Под воздействием пыли возможно развитие катаральных явлений: фарингита, ларингита, трахеита и бронхита. Однако патологический процесс в этих отделах дыхательных путей развивается более медленно, так как в эти отделы попадает меньше пыли, и пылевые частицы имеют значительно меньшие размеры.

Пылевые заболевания глаз. Наиболее частое заболевание глаз под воздействием пыли — конъюнктивит. Описаны случаи анестезии роговицы у табачниц и токарей по металлу. Длительное механическое травмирование в конечном итоге ведет к воспалительным явлениям с помутнением роговицы. Такие поражения могут быть вызваны не только металлической, но и минеральной пылью.

Пылевые заболевания кожи. Под влиянием различных видов пыли может возникнуть ряд поражений кожи: шероховатость и шелушение, утолщение и огрубение, перхоть и выпадение волос, расширение фолликулов, угри, комедоны, уртикарные сыпи, фурункулез, бородавки, экзема.

При воздействии асбестовой пыли могут возникнуть асбестовые бородавки, мучной пыли — себорея (у хлебопекарей), у развесчиц чая — красные угри. Ряд заболеваний кожи развивается вследствие воздействия на организм пыли, обладающей аллергенными свойствами, например, древесной (бук, ольха, дуб, сосна, пихта). Возможны также аллергические заболевания кожи под влиянием различных видов пыли: зерна, льняного семени, хлопка, муки, хмеля, шерсти, волоса и др. Эти заболевания проявляются в виде экземы, дерматитов, различных высыпаний, длительно протекающих при контакте с пылью. Кроме того, загрязнение кожи пылью снижает ее пототделительную функцию вследствие закупорки потовых желез.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕГКИХ И ДРУГИХ ОРГАНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

В течение многих лет запыление легких любой пылью, независимо от патологоанатомических изменений при этом, характеризовалось как пневмокониоз. Термин «пневмокониоз» или «запыленное легкое» (от греч. *pneumon* — легкое, *conia* — пыль) введен в медицинскую литературу в 1866 г. Ценкером.

Пневмокониозы — это хронические заболевания легких, возникающие в результате длительного воздействия промышленной пыли определенного состава в условиях производства.

Классификация пневмокониозов (1976 г., Минздрав СССР):

I. Вызываемые минеральной пылью:

1. Силикоз (от вдыхания свободного SiO_2).
2. Силикатозы (от вдыхания соединений кремниевой кислоты):
 - асбестоз (силикат магния, кальция, железа, натрия);
 - талькоз (магнезиальный силикат);
 - каолиноз (глиняная пыль);
 - оливиноз (ортосиликат магния и железа);
 - цементоз (различные виды цемента).

II. Вызываемые металлической пылью металлоконииозы:

1. Сидероз (соединения железа).
2. Алюминоз (соединения алюминия).
3. Бериллиоз (соединения бериллия).
4. Баритоз (соединения бария).
5. Манганокониоз (соединения марганца).

III. Вызываемые углеродсодержащей пылью:

1. Карбоконииозы:
 - антракоз (угольная пыль);
 - графитоз (пыль графита);
 - сажевый пневмокониоз.

IV. Вызываемые органической пылью:

1. Биссиноз (от пыли хлопка и льна);
2. Багасоз (от пыли сахарного тростника);
3. Фермерское легкое (от сельскохозяйственной пыли, содержащей грибы).

V. Вызываемые пылью смешанного состава:

1. Силико-антракоз.
2. Силико-асбестоз.

По характеру течения различают 3 формы пневмокониоза:

1. Узелковая — наиболее распространенная, характеризуется обилием склеротических силикотических узелков, содержащих SiO_2 . В виде такой формы протекает силикоз в I и II стадиях, а также часто асбестоз, талькоз и каолиноз, относящиеся к силикатозам, то есть заболеваниям, вызываемым пылью данных силикатов, содержащих двуокись кремния в связанном состоянии.

2. Диффузно-склеротическая — более доброкачественное течение (чаще у рабочих фарфорово-фаянсовой, меднорудной отраслей промышленности, добывающих марганец, горючие сланцы, аднезит), часто бессимптомное, характеризуется интенсивным склерозом и малым количеством силикотических узелков. Такая форма течения характерна для некоторых силикатозов (оливиноз и мулитоз, а также части случаев 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 SiO_2 — до 5,26 % массы легкого. Опухолевидная форма течения характерна и для легочной формы бериллиоза.

Среди различных пневмокониозов наибольшую опасность, в силу широкого распространения и необратимого, хотя, как правило, и медленного течения представляет силикоз, связанный с длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния (SiO_2).

На основании сведений об этиологии, патогенезе, рентгенологических и морфологических данных разработана классификация пневмокониозов, которая условно выделяет три их этиологические группы (1996 г., ГУ НИИ Медицины труда РАМН).

К первой группе относятся пневмокониозы, развивающиеся от воздействия высоко- и умеренно фиброгенной пыли с содержанием свободного диоксида кремния более 10 % (силикоз, антракосиликоз, силикосидероз, силикосиликатоз и др.). Эти пневмокониозы характеризуются прогрессирующим процессом фиброза, часты осложнения в форме туберкулезной инфекции.

Вторая группа — пневмокониозы, развивающиеся от воздействия слабофиброгенной пыли, для которой характерно меньшее содержание диоксида кремния (менее 10 %) или его отсутствие (асбестоз, талькоз, каолиноз, оливиноз, нефелиноз, карбокониоз (антракоз), графитоз, сидероз, манганокониоз).

Третья группа — пневмокониозы, развивающиеся от воздействия аэрозолей токсико-аллергического действия: пыли редкоземельных сплавов, металлов, пыли пластмасс, полимерных смол, органической пыли (бериллиоз, алюминоз, пневмониты).

С учетом характера развития аутоиммунного процесса (по Б. Т. Величковскому) профессиональные пылевые заболевания органов дыхания могут быть разделены на пять групп.

К *первой группе* относятся пневмокониозы от воздействия пылевых частиц с выраженной каталитической способностью. Чем более активно под влиянием данного вида пыли происходит образование в легких гидроксильного радикала, тем в большей степени пневмокониоз приобретает черты типичного фиброзирующего альвеолита с картиной «сотового» легкого и прогрессирующей гипоксемией.

Подобная клиническая картина достаточно типична для асбестоза, пневмокониоза от воздействия дыма оксида цинка и других разновидностей фиброгенных аэрозолей, имеющих в пограничном слое пылевых частиц ионы переходных металлов. К этой группе примыкают разновидности пневмокониоза, развивающиеся под влиянием меднорудной и железорудной пыли, но не пыли полиметаллических руд.

В этой группе пневмокониозов особое место занимает асбестоз. Разные виды асбестов обладают отличными друг от друга физико-химическими свойствами и разным строением.

Асбестообусловленные заболевания, к которым относятся асбестоз, пылевой бронхит, рак легких, мезотелиома плевры и брюшины, возникали у работающих в результате длительного воздействия высоких концентраций асбеста. Асбестоз, как и силикоз, может развиваться через много лет после прекращения контакта с асбестом.

Признаком высокой экспозиции асбеста считается сочетание фиброза легких с плевральными изменениями в форме двусторонних утолщений, бляшек и кальцификации плевры.

Наибольшей канцерогенной активностью обладают амфиболовые асбесты, поэтому их использование повсеместно запрещено. В Международной конвенции № 162, разработанной Международной организацией труда в 1986 г. и одобренной Всемирной организацией здравоохранения, обозначено, что применение асбеста должно быть контролируемым. Оно обеспечивается нормированием и контролем за содержанием пыли асбеста в воздухе производственной зоны и медицинским наблюдением за состоянием здоровья работающих.

Были предприняты попытки найти «заменители» асбесту с помощью малоизученных волокнистых материалов природного (базальт) или искусственного происхождения (керамические, стеклянные волокна).

Вторую группу составляют пневмокониозы, вызываемые пылью, содержащей диоксид кремния.

Узелковая форма силикоза особенно быстро возникает при отягчающих обстоятельствах: высоком содержании в пыли кристаллического кремнезема, высокой запыленности воздуха рабочей зоны. Кроме того, имеет значение гипоксия, возникающая в связи с высокогорным расположением горнодобывающего предприятия или, напротив, производством работ в глубоких выработках. Силикотический узелок — не единственное проявление аутоиммунных изменений. Достоверно установлено, что под воздействием пыли кремнезема в редких случаях возможно развитие даже такого типичного заболевания аллергической природы, как бронхиальная астма.

Пневмокониозы *третьей группы*, развивающиеся от воздействия пыли токсико-аллергенного типа, характеризуются разными формами диффузного, мелкогранулематозного, интерстициального фиброза вплоть до массивных форм пневмофиброза и «сотового» легкого.

Типичным представителем этой группы пневмофиброзов является гиперчувствительный пневмонит — бериллиоз. В клинической картине этого заболевания преобладают иммунопатологические механизмы формирования болезни. В начальной стадии заболевания больного беспокоят одышка при ходьбе, слабость, сухой кашель, боли в груди. Нередко отмечается потеря массы тела до 6–12 кг за 3–6 мес., субфебрильная температура тела. При прогрессировании заболевания возможен подъем температуры тела до 38–39 °С. Развитие дыхательной недостаточности может сопровождаться деформацией концевых фаланг пальцев рук и ног в форме барабанных палочек и ногтей в форме часовых стекол, наблюдается ранний цианоз. Обострение и развитие бериллиоза может быть спровоцировано простудой, психоэмоциональными перегрузками, тяжелой травмой.

При воздействии смешанной пыли (бериллий + диоксид кремния) возможно развитие силикобериллиоза с быстро прогрессирующим фиброзом, в этом случае нередко осложнение в форме туберкулеза.

К третьей группе пневмокониозов относится и биссиноз — заболевание, развивающееся у рабочих под действием пыли хлопка, льна, конопли, джута. Растительная пыль, обсемененная грибами и бактериями, вызывает сенсibiliзирующее действие. В результате развиваются нарушения бронхиальной проходимости с последующими стойкими изменениями бронхолегочного аппарата и легочно-сердечной недостаточностью.

Четвертая группа пневмокониозов возникает от низкоцитотоксичных и слабофиброгенных видов пыли, вызывающих наиболее физиологичный тип активации альвеолярных макрофагов. Это медленно развивающийся патологический процесс, приводящий к диффузно-склеротическим изменениям в легочной ткани. Чаще всего этиологическим фактором такого пневмокониоза является пыль ископаемых углей. Пневмокониозы четвертой группы вызывает пыль многочисленных силикатов, большинства алюмосиликатов, а также минералов и соединений, например, корунда.

Пятая группа пневмокониозов также связана с низкоцитотоксичными и слабофиброгенными видами пыли. Для таких видов пыли характерно раз-

витие не только диффузного пневмофиброза, но и нефиброзной нозологической формы поражения легких: хронического пылевого бронхита с обструктивным синдромом.

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, появляются нарушения газообмена. Основным исход пневмокониозов — развитие легочной гипертензии.

Позднее развитие пневмокониоза первой группы возможно спустя 10–20 лет после прекращения работы в условиях непродолжительного (до 5 лет) воздействия высоких концентраций (поздний силикоз). Наиболее тяжелым осложнением пневмокониоза первой группы является туберкулез.

Специфических методов лечения пневмокониозов нет. Лечение больных 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.

На течение силикоза и сроки его развития (по-видимому, в связи с изменением реактивности организма) оказывают влияние факторы внешней среды: силикоз быстрее развивается при одновременном вдыхании пыли и раздражающих газов (сернистый ангидрид, окислы азота и др.), а также окиси углерода.

Ускоренное развитие силикоза наблюдалось под влиянием умеренного охлаждения организма и при тяжелой физической работе.

Подводя итоги исследований в области патогенеза силикоза в физико-химическом аспекте, нужно признать, что в настоящее время имеют право на существование и дальнейшую разработку физико-химические концепции: теория полимеризации кремневой кислоты, коллоидная теория и теория механического действия кварца.

ПРИНЦИПЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Гигиеническим нормативом АПФД в воздухе рабочей зоны является ПДК (мг/м³).

Соблюдение гигиенических нормативов не исключает нарушений здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

Нормируемыми параметрами вредных веществ при оценке их содержания в воздухе рабочей зоны являются максимально разовая концентрация и среднесменная концентрация (измеряются в мг/м³).

Величины ПДК в воздухе рабочей зоны устанавливаются с учетом биологического действия.

Цифровые величины указанных гигиенических нормативов (ПДК) приводятся в нормативных правовых актах.

Концентрация аэрозолей четвертого класса опасности (в том числе для аэрозолей по сумме смесей сложного состава) в воздухе рабочей зоны не должна превышать 10 мг/м³. Для некоторых аэрозолей, имеющих волокнистую структуру (хризотилсодержащие, искусственные минеральные волокна), величина ПДК устанавливается с учетом количества респирабельных волокон в мл воздуха.

Гигиеническая оценка при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия проводится по кратности превышения значениями нормируемых параметров значений гигиенических нормативов (установленных ПДК), то есть следует рассчитать, во сколько раз превышаются ПДК.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия, к которым относятся фиброгенные пыли, сумма отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК не должна превышать единицы и рассчитывается по формуле

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где K_1, K_2, K_n — фактические концентрации в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ — ПДК в воздухе рабочей зоны вредных веществ однонаправленного действия.

Перечень вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, приводится в Гигиенической классификации труда.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА РАБОТНИКА ПЫЛИ

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют исходя из кратности превышения ПДК в соответствии с Гигиенической классификацией условий труда (прил. 6). Оценка АПФД с ПДК равным или менее 2,0 мг/м³ проводится по среднесменным концентрациям.

Дополнительным показателем оценки степени воздействия АПФД на организм работника является пылевая нагрузка за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором (ПН).

Пылевая нагрузка — реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором. ПН определяется расчетным методом (прил. 7).

Расчет ПН обязателен в случае превышения ПДК фиброгенной пыли (как максимально разовой, так и среднесменной), а также в случае, если значение ПДК для фиброгенной пыли равно или менее 2,0 мг/м³.

Полученные путем расчета значения ПН сравниваются со значением контрольной пылевой нагрузки (КПН). КПН — это пылевая нагрузка, сформировавшаяся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором. Значение КПН зависит от фактического или предполагаемого стажа работы, ПДК пыли и категории работ в зависимости от общих энерготрат. Оценка ПН проводится по кратности превышения КПН (прил. 6). В случае, когда ПН не превышает КПН, условия труда относятся ко 2 классу, и подтверждается безопасность продолжения работы в этих условиях.

Для расчета ПН необходимы следующие данные:

- фактическая среднесменная концентрация АПФД в воздухе рабочей зоны (мг/м^3);
- стаж работы в условиях воздействия АПФД (лет);
- категория работ в зависимости от общих энерготрат (по ТНПА, устанавливающим требования к микроклимату производственных помещений), по которой в дальнейшем определяется объем легочной вентиляции работника за смену (м^3);
- количество рабочих смен в году.

СИСТЕМА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И АЭРОЗОЛЕЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Согласно ТНПА, в случае, если по результатам комплексной гигиенической оценки условия труда на рабочих местах отнесены к вредным или опасным на основании несоответствия показателей факторов производственной среды гигиеническим нормативам, необходима разработка и выполнение плана профилактических мероприятий, направленных на снижение неблагоприятного воздействия факторов на работника.

Среди большого количества классификаций профилактических мероприятий наиболее полным и практичным является разделение мероприятий на четыре группы:

- санитарно-гигиенические;
- технологические;
- санитарно-технические;
- медико-профилактические.

Данная классификация учитывает точки приложения проводимых профилактических мероприятий и приоритетности их проведения.

Первостепенная роль в системе профилактических мероприятий отводится проведению санитарно-гигиенических мероприятий. Эта группа имеет наиболее широкий охват и определяет необходимость проведения профилактических мероприятий в целом, так как включает в себя разработку и обоснование ПДК химических веществ и АПФД.

Вторыми по значимости являются технологические мероприятия, направленные на снижение уровня фактора в его источнике. Совершенствование оборудования и технологического процесса позволяет снизить, а в некоторых случаях и полностью исключить выделение химических веществ и пыли в воздух рабочей зоны, а также уменьшить риски для здоровья работников в случае замены химических веществ на менее опасные.

В случае, когда соблюдение гигиенических нормативов на рабочих местах технологическими мероприятиями обеспечить невозможно, актуальность приобретают санитарно-технические мероприятия, точкой приложения которых является путь распространения фактора. Суть данных мероприятий заключается в применении специальных технических устройств, систем и приемов, позволяющих снизить интенсивность производственных факторов на пути их распространения.

Данная группа включает в себя две подгруппы мероприятий: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты (СИЗ). Средства коллективной защиты направлены на большое количество работающих и обладают достаточной эффективностью по нормализации производственной среды, поэтому являются приоритетными в данной группе. В случае, когда применения средств коллективной защиты недостаточно для соблюдения гигиенических нормативов, используются СИЗ.

Последней группой в системе являются медико-профилактические мероприятия, направленные на восприимчивый организм (организм работника) для снижения либо предупреждения глубины неблагоприятных биологических эффектов действия химических веществ и АПФД.

Санитарно-гигиенические мероприятия. Санитарно-гигиенические мероприятия проводятся специалистами санитарно-эпидемиологической службы (государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование, государственный санитарный надзор, проведение лабораторных измерений концентрации химических веществ и АПФД в воздухе рабочей зоны, анализ состояния здоровья и оценка профессионального риска для здоровья работников, гигиеническое обучение и воспитание). Кроме них, санитарно-гигиенические мероприятия могут проводиться на самом предприятии (производственный контроль).

Наиболее важными мероприятиями данной группы при воздействии на работников вредных веществ и АПФД являются:

1. Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование — это разработка, экспертиза, утверждение, распространение ТНПА (санитарных норм и правил, гигиенических нормативов), устанавливающих санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда и производственным процессам, которые сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны химических веществ и АПФД, количественные и качественные значения химического фактора и пыли с позиции гигиенической безопасности для человека. Разрабатываются нормативные правовые и иные акты по безопасности труда

при производстве, применении и хранении вредных веществ, по профилактике их неблагоприятного действия. Кроме того, данное направление включает в себя научное обоснование и разработку единых подходов и методик исследований по разработке гигиенических нормативов.

2. Государственный санитарный надзор.

Государственный санитарный надзор включает в себя:

- санитарно-гигиеническую экспертизу новых химических веществ, проектов промышленных предприятий, новых технологических линий и оборудования;

- социально-гигиенический мониторинг за условиями труда работников, анализ состояния здоровья (заболеваемости с временной утратой трудоспособности, профессиональной заболеваемости, результатов медицинских осмотров) и оценку профессионального риска для здоровья при воздействии на работника химических веществ и АПФД;

- проведение проверок промышленных предприятий и объектов надзора с целью оценки выполнения требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения по разделу гигиены труда, регламентирующего вопросы применения и воздействия на работников химических веществ и АПФД: контроль за соблюдением требований санитарно-эпидемиологического законодательства на действующих объектах (источники выделения вредных химических веществ и АПФД), за обеспеченностью и эффективным использованием средств индивидуальной защиты;

- меры профилактического и предупредительного характера, технические мероприятия (расследование случаев профессиональных отравлений), санитарно-противоэпидемические мероприятия и эпидемиологическое слежение;

- проведение лабораторных исследований (измерений) соблюдения ПДК вредных химических веществ и АПФД;

- гигиеническое обучение и воспитание работников: разъяснение особенностей биологического действия химических веществ и АПФД, необходимости соблюдения профилактических мероприятий, в том числе правильного применения СИЗ, соблюдения режимов труда и отдыха, ориентация их на приверженность здоровому образу жизни для повышения медицинской активности работников.

3. Производственный контроль.

Согласно ГОСТ 12.1007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», в случае, если на производстве присутствуют химические вещества, на предприятии должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ. Кроме того, токсикологические характеристики вредных веществ включаются в стандарты или технические условия на сырье, продукты и материалы, в технологические регламенты.

Регулярный производственный контроль проводится на предприятиях в соответствии с планом-графиком производственного контроля (документ,

регламентирующий организацию и периодичность лабораторных и инструментальных измерений параметров факторов производственной среды в цехах, участках по профессиям и на рабочих местах) и осуществляется лабораториями организаций или специализированными лабораториями, аккредитованными в установленном законодательством порядке. Производственный контроль включает в себя лабораторный контроль за соблюдением специфических санитарно-эпидемиологических требований, гигиенических нормативов и выполнением профилактических мероприятий, включая контроль концентрации химических веществ и АПФД на рабочих местах. Периодичность контроля определяется действующими ТНПА.

При возможности поступления в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия и веществ 1 и 2 классов опасности обеспечивается непрерывный контроль автоматизированными средствами измерения с сигнализацией о превышении ПДК.

На предприятиях, где установлены несоответствия ПДК химических веществ и АПФД, по данным медицинских осмотров у работников выявляются общие заболевания, препятствующие продолжению работы, или профессиональные заболевания, заболеваемость с временной утратой трудоспособности работников выше среднегогородских или районных уровней, работодатель не реже 1 раза в 5 лет проводит комплексную гигиеническую оценку условий труда, оценку профессионального риска и разработку мер по управлению профессиональным риском в соответствии с действующим законодательством в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Технологические мероприятия. Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами включают в себя:

- замену технологических процессов и операций, связанных с возможным поступлением вредных веществ, процессами и операциями, при которых данные вещества отсутствуют или их уровни соответствуют гигиеническим нормативам;
- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса;
- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающий контакт человека с вредными веществами;
- замену вредных веществ на производстве наименее вредными;
- замену сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми;
- выпуск конечных продуктов в не пылящих формах;
- замену пламенного нагрева электрическим, твердого и жидкого топлива — газообразным;
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;

- правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);
- установку систем автоматического контроля, сигнализации и управления технологическим процессом в случае возможного внезапного выделения в воздух рабочей зоны веществ, способных вызывать острые отравления;
- использование оборудования повышенной герметичности, поточных непрерывных линий, максимального автоматического и дистанционного управления при использовании или возможности выделения в технологическом процессе в воздух рабочей зоны химических веществ 1-го и 2-го класса опасности.

В технологических процессах (в том числе в процессе их разработки и внедрения) при применении оборудования и инструмента не допускается использовать химические вещества, для которых не утверждены гигиенические нормативы. При проведении контроля за параметрами технологического процесса при отборе проб из оборудования необходимо исключить возможность выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны.

Санитарно-технические (инженерно-технические) мероприятия. Санитарно-технические мероприятия включают в себя применение средств коллективной защиты и средств индивидуальной защиты (СИЗ).

К средствам коллективной защиты можно отнести:

- архитектурно-планировочные решения, включающие в себя рациональную планировку промышленных площадок, зданий и помещений (с учетом специфики выделяющихся в воздух рабочей зоны вредных веществ);
- применение специальных систем по улавливанию и утилизации абгазов, рекуперацию вредных веществ и очистку от них технологических выбросов, нейтрализацию отходов производства, использование средств дегазации;
- оборудование рабочих мест, на которых имеется локальное выделение вредных веществ, местной вытяжной вентиляцией;
- оборудование производственных помещений общеобменной системой вентиляции с учетом физико-химических особенностей вредных веществ (удельного веса относительно воздуха и др.);
- проведение регулярной пневматической и влажной уборки;
- наличие комнаты обеспыливания одежды.

При обеспечении работы вентиляционных систем важно не допускать удаления загрязненного воздуха через зоны дыхания работника.

При превышении на рабочих местах гигиенических нормативов работы с вредными веществами должны быть использованы СИЗ органов дыхания, рук, кожи, глаз. Работа без СИЗ в случае, если они предусмотрены нормативными правовыми актами, не допускается. Вредные вещества, при работе с которыми в установленном порядке требуется специальная защита кожи и глаз, имеют отметки в нормативных правовых актах. Для вредных веществ, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны на уровне чувствительности $0,001 \text{ мг/м}^3$ (нижняя граница чувствительности метода сани-

тарно-химического анализа), значения ПДК не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе в условиях производства (в столбце со значениями ПДК проставляется прочерк).

По конструкции средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) подразделяются на следующие виды:

- противогазы;
- респираторы;
- самоспасатели;
- пневмошлемы;
- пневмомаски;
- пневмокуртки.

В зависимости от принципа действия СИЗОД делятся на два класса: фильтрующие и изолирующие.

Действие фильтрующих СИЗОД основано на очистке воздуха от вредных веществ с помощью фильтров. Возможность их применения обуславливается необходимостью знания состава загрязняющих воздушную среду веществ для правильного выбора фильтра и содержанием в воздухе кислорода не менее 17 %. В зависимости от агрегатного состояния вредных веществ фильтрующие СИЗОД по назначению делятся на три класса: противоаэрозольные, противогазовые, противогазоаэрозольные (комбинированные) (рис. 3). Каждый класс подразделяется на подклассы в зависимости от конструктивных особенностей: фильтрующая часть, изолирующая лицевая часть с заменяемым фильтром, СИЗОД с принудительной подачей воздуха в зону дыхания.

При наличии в воздухе рабочей зоны вредных веществ, в работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания, должны применяться изолирующие СИЗОД. Перечень веществ, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей, приводится в ТНПА. Изолирующие СИЗОД изолируют органы дыхания человека от окружающей среды, а воздух или кислород для дыхания поступает из чистой зоны или из какого-либо источника. Эти средства применяют, если содержание кислорода в воздушной среде менее 17 %, неизвестен состав вредных веществ и/или требуется более высокая степень защиты. Изолирующие СИЗОД делят на шланговые (неавтономные) и автономные дыхательные аппараты (рис. 4).

При выборе СИЗОД должны учитываться следующие критерии:

- качественный состав, агрегатное состояние и концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- специфика выполняемых производственных операций (тяжесть работы);
- показатели микроклимата рабочей зоны;
- назначение и принцип действия СИЗОД;
- конструктивные особенности СИЗОД;
- показатели защитных эксплуатационных свойств СИЗОД.



Рис. 3. Полумаска фильтрующая противогазоаэрозольная



Рис. 4. Автономный дыхательный аппарат для пожарных

СИЗ рук используются для предупреждения травматизации рук, обусловленной механическим повреждением твердыми частицами (например, аэрозоли дезинтеграции) или воздействием факторов химической природы с определенными особенностями повреждающего действия. К СИЗ рук относятся рукавицы, перчатки, напальчники и др. Их изготавливают и маркируют с учетом конкретных опасных и вредных химических производственных факторов:

- от механических воздействий (истирание);
- радиоактивных загрязнителей;
- нетоксической пыли (мелкодисперсной, крупнодисперсной, пыли стекловолокна и асбеста);
- токсичных веществ (твердых, жидких, газообразных);
- растворов кислот и щелочей;
- нетоксичных жидкостей и воды;
- органических растворителей, нефти и нефтепродуктов;
- вредных биологических факторов (микроорганизмов, насекомых).

Средства защиты кожи (дерматологические защитные средства) представляют собой пасты, кремы, мази, эмульсии, присыпки (пудры), гидрогели, которые наносятся непосредственно на кожу. Такие средства в зависимости от назначения делятся на следующие подгруппы:

1. Защитные, которые применяются на производстве для защиты кожи от воздействия вредных и опасных факторов; как правило, наносятся на кожу перед началом работы.
2. Очистители кожи, предназначены для удаления производственных загрязнений, применяются после выполнения работ с маслами, красками, клеями, смазками, сажей.
3. Репаративные средства, которые способствуют регенерации кожи, применяются после работы и использования очистительных средств.

Защитные средства данной группы в зависимости от вредного фактора (в данном случае от вредного вещества) делятся на защищающие:

- от пыли;
- воды, растворов солей, кислот и щелочей низкой концентрации;
- смазочно-охлаждающих жидкостей;
- органических растворителей, лаков, красок на их основе;
- нефтепродуктов;
- масел и смазок;
- смол, отвердителей, клея.

Все дерматологические средства по физико-химическим свойствам можно разделить на 2 группы:

1. Гидрофильные (защита от органических веществ; на основе глицерина пчелиного воска).

2. Гидрофобные (защита от водных растворов агрессивных и раздражающих вредных веществ).

Средства защиты глаз и лица предназначены для защиты от воздействия крупных твердых частиц и пыли, брызг жидкостей и расплавленного металла, агрессивных газов. Конструктивно они выполняются в форме очков, герметично прилегающих к поверхности лица при защите от газов, и щитков различных видов, снабженных безосколочными стеклами/линзами (рис. 5). Средства защиты глаз и лица необходимы рабочим ряда профессий для защиты от летящих частиц, дымов, раздражающих и твердых веществ, жидкостей и газов при выполнении полирования, измельчения, резки, взрывных работ, дробления, при производстве гальванических и химических процессов.

В реальной производственной обстановке на работающего, как правило, воздействует несколько вредных производственных факторов разной природы: это сочетанное воздействие. Оно диктует необходимость применения СИЗ, которые одновременно защищали бы от двух и более факторов (ультрафиолетового излучения и вредных химических веществ; механического воздействия твердых частиц и шума; высоких температур и вредных веществ). Примером таких средств служит маска для проведения сварочных работ, сочетающая в себе функцию защиты органа зрения от ультрафиолетового и инфракрасного излучений, яркого видимого света, сварочного аэрозоля (рис. 6).

СИЗ тех, кто выполняет работу, сопровождающуюся пылеобразованием, ежедневно подвергаются механическому обеспыливанию в специальных помещениях, оборудованных местной вытяжной вентиляцией.

Стирка специальной одежды производится в сроки, установленные в соответствии с характером работы, но не реже 1 раза в месяц. Сбор и перемещение СИЗ к месту стирки осуществляется в закрытой таре. СИЗ тех, кто подвергается в процессе трудовой деятельности воздействию вредных веществ 1 и 2 классов опасности и инфицированных материалов, перед стиркой, химчисткой обеззараживаются в соответствии с эксплуатационной документацией к СИЗ и техническими нормативными правовыми актами, устанавливающими требования к дезинфекции, дегазации, дезактивации.



Рис. 5. Очки защитные закрытые панорамные



Рис. 6. Маска для проведения сварочных работ с автозатемняющимся светофильтром и фильтрующим патроном для очистки воздуха от сварочного аэрозоля

Медико-профилактические мероприятия. Медико-профилактические мероприятия включают в себя:

- проведение обязательных (предварительных, периодических) и внеочередных медицинских осмотров;
- диспансеризацию;
- организацию рационального режима труда и отдыха;
- использование дыхательной гимнастики;
- физиопроцедуры;
- лечебно-профилактическое питание, витаминпрофилактику и выдачу специализированных пищевых продуктов в соответствии с ТНПА;
- санаторно-курортное лечение;
- защиту временем (сокращение рабочего дня, дополнительные дни трудового отпуска и т. д.).

Работающие проходят обязательные медицинские осмотры в порядке, установленном законодательством; медосмотры организует работодатель.

Защита временем при воздействии АПФД заключается в оценке возможности продолжения работы в конкретных условиях труда путем расчета допустимого стажа работы. Для этого необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки (прил. 7). Если фактические пылевые нагрузки не превышают контрольных пылевых нагрузок, подтверждается возможность продолжения работы в тех же условиях. При превышении контрольной пылевой нагрузки необходимо рассчитать стаж работы, при котором пылевая нагрузка не будет превышать контрольной пылевой нагрузки. При этом контрольную пылевую нагрузку рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. В случае изменения уровней запыленности воздуха рабочей зоны или категории работ (объема легочной вентиляции за смену) фактическая пылевая нагрузка рассчитывается как сумма фактических пылевых нагрузок за каждый период, когда указанные показатели были постоянными. При расчете контрольной пылевой нагрузки также учитывается изменение категории работ по тяжести в различные периоды времени смены.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте дозирования сырья у смесовой машины смесеприготовительного участка цементно-шиферного завода был проведен отбор проб воздуха рабочей зоны для определения концентрации производственной хризотилсодержащей пыли. Первоначальный вес фильтра АФА составил 0,3250 г, после отбора пробы — 0,3288 г. Пробу отбирали в течение 30 минут со скоростью 20 л/мин при атмосферном давлении 730 мм рт. ст., температура воздуха в помещении составила 20 °С. Микроскопический анализ показал, что хризотилсодержащая пыль при среднесменной концентрации респираторных волокон хризотила содержит более двух волокон в мл.

Кроме того, в предыдущем году в ходе выборочной проверки отмечались превышения ПДК_{мр} содержания анализируемой пыли.

Задание (оформить в виде заключения): оценить содержание пыли в воздухе рабочей зоны на рабочем месте дозирования сырья.

Решение:

1. Зная начальный вес фильтра m_1 и определив его вес после отбора пробы m_2 , вычисляем навеску пыли Δm :

$$\Delta m = m_2 - m_1;$$

$$\Delta m = 0,3288 \text{ г} - 0,3250 \text{ г} = 0,0038 \text{ г}.$$

2. Находим объем (V) фактически протянутого воздуха:

$V = T \cdot S$, где T — время отбора пробы (мин), S — скорость, с которой отбирали пробу (л/мин);

$$V = 30 \text{ мин} \cdot 20 \text{ л/мин} = 600 \text{ л}.$$

Объем протянутого при отборе пробы воздуха приводим к нормальным условиям по формуле:

$$V_n = V \cdot K.$$

Коэффициент K определяем по таблице приведения объема воздуха к нормальным условиям (прил. 8).

$$V_n = 600 \text{ л} \cdot 0,9 = 540 \text{ л}.$$

3. Единицами измерения предельно допустимой концентрации являются ($\text{мг}/\text{м}^3$); приводим наши расчетные данные к одним единицам измерения:

$$\Delta m = 0,0038 \text{ г} = 3,8 \text{ мг}.$$

$$V_n = 540 \text{ л} = 0,54 \text{ м}^3.$$

Составляем пропорцию:

в $0,54 \text{ м}^3$ протянутого воздуха содержится 3,8 мг пыли,

а в 1 м^3 — x мг;

$$x = 7 \text{ мг}.$$

Фактическая максимальная разовая концентрация в воздухе рабочей зоны хризотилсодержащей пыли оставляет $7 \text{ мг}/\text{м}^3$, так как 7 мг хризотилсодержащей пыли содержится в 1 м^3 воздуха.

Заключение. При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте дозирования сырья смесеприготовительного участка цементно-шиферного завода было установлено, что данный технологический процесс сопровождается поступлением в воздух рабочей зоны хризотилсодержащей пыли с концентрацией респираторных волокон хризотила более двух волокон в мл. Результаты измерения концентрации хризотилсодержащей пыли представлены в табл. 9.

Таблица 9

**Протокол исследования воздушной среды смесеприготовительного участка
(время отбора пробы 30 мин)**

Место измерения	Класс опасности	Фактическая концентрация на рабочем месте, мг/м³	ПДК_{мр}, мг/м³	Кратность превышения
Дозировщик сырья	3	7	2	3,5

В ходе проверки условий труда на рабочем месте дозирования сырья выявлено следующее нарушение гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих», утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37: фактическая максимально разовая концентрация хризотилсодержащей пыли с концентрацией респираторных волокон хризотила более двух волокон в мл превышает ПДК_{мр} (2 мг/м³) в 3,5 раза.

Для профилактики неблагоприятного воздействия хризотилсодержащей пыли на рабочем месте дозирования сырья рекомендуется проведение следующих профилактических мероприятий:

1. Санитарно-гигиенические: контроль за содержанием хризотилсодержащей пыли в воздухе рабочей зоны осуществляется один раз в полугодие, контроль за обеспечением СИЗ, предусмотренными типовыми нормами выдачи.

2. Технологические:

- герметизация технологического оборудования;
- непрерывность технологического процесса;
- автоматизация, механизация технологических процессов;
- дистанционное управление технологическими процессами.

3. Санитарно-технические:

- средства коллективной защиты (отделка стен — несорбирующие, хорошо моющиеся материалы, механическая местная вытяжная и общеобменная приточная вентиляция);
- использование СИЗ органов дыхания, спецодежды и т. д.

4. Медико-профилактические:

- проведение обязательных (предварительных, периодических) и внеочередных медицинских осмотров;

- диспансеризация;
- организация рационального режима труда и отдыха;
- использование дыхательной гимнастики;
- физиопроцедуры;
- витаминпрофилактика;
- санаторно-курортное лечение;
- защита временем (сокращение рабочего дня, дополнительные дни трудового отпуска и т. д.).

Задача 2

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте травильщика гальванического цеха машиностроительного предприятия было установлено, что технологический процесс нанесения гальванопокрытий является сложным многооперационным процессом, включающим протравливание серной кислотой для удаления ржавчины с заготовок. При проведении лабораторных исследований обнаружено содержание в воздухе рабочей зоны серной кислоты — $0,8 \text{ мг/м}^3$, диоксида серы — 9 мг/м^3 .

Задание: оценить и оформить в виде заключения результаты лабораторных исследований воздушной среды на рабочем месте травильщика.

Решение. В соответствии с санитарными нормами и правилами «Гигиеническая классификация условий труда» (прил. 3, табл. 1) комбинация серной кислоты с диоксидом серы обладает эффектом суммации (табл. 10).

Таблица 10

Результаты лабораторных исследования воздушной среды гальванического цеха

Место измерения	Наименование вредного вещества	Фактическая концентрация, мг/м^3	ПДК, мг/м^3	Превышение
Рабочее место травильщика	Серная кислота	0,8	1	$0,8/1 + 9/10 = 0,8 + 0,9 = 1,7$
	Диоксид серы	9	10	

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одностороннего действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них ($K, K_1 \dots K_n$) в воздухе к их ПДК (ПДК, ПДК₁ ... ПДК_n) не должна превышать единицы.

Заключение. При лабораторном контроле воздуха рабочей зоны на рабочем месте травильщика гальванического цеха травильного участка машиностроительного предприятия было установлено, что основной операцией на травильном участке является протравливание заготовок серной кислотой для обезжиривания и удаления с поверхности ржавчины. Данный технологический процесс сопровождается поступлением в воздух рабочей зоны серной кислоты и диоксида серы.

Выявлено нарушение гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих», утвержденного Постановлением Совета Министров

Республики Беларусь 25.01.2021 № 37: при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны серной кислоты и диоксида серы сумма отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК больше 1 (равна 1,7).

Задача 3

Технологический процесс в гальваническом цехе машиностроительного предприятия подразделяется на следующие этапы: химическая гальваническая очистка (этап I), травление (этап II), нанесение подслоной гальваники (этап III), нанесение финишного гальванического покрытия (этап IV). Продолжительность смены — 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 180, 150, 80 минут соответственно. Отбор проб воздуха на содержание уксусной кислоты производился в течение трех смен. В течение трех смен было отобрано: на первом и четвертом этапе — по 8 проб; на втором и третьем — по 6 проб (табл. 11).

Таблица 11

Результаты измерений концентраций уксусной кислоты в воздухе рабочей зоны и время отбора каждой пробы на рабочем месте гальваника

№ этапа	Длительность этапа <i>T</i> , мин	Длительность отбора пробы <i>t</i> , мин	Концентрация пыли в пробе <i>K</i> , мг/м ³ *
I этап	70	14	29,3
		15	30,1
		14	155,2
		15	121,0
		15	133,7
		15	97,8
		13	65,3
		13	87,6
II этап	180	15	18,2
		15	9,3
		13	18,3
		15	20,0
		11	6,7
		11	5,0
III этап	150	14	31,2
		15	12,2
		14	20,4
		14	18,1
		15	4,3
		15	2,0
IV этап	80	15	21,5
		15	11,8
		15	4,0
		15	3,0
		14	2,5
		14	3,1
		15	10,6
		15	4,1

* Воздух приведен к нормальным условиям.

Задание:

1. Рассчитать среднесменную концентрацию (K_{cc}), определить максимально разовую концентрацию ($K_{мр}$) уксусной кислоты.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

Решение:

1. Рассчитываем средние концентрации (K_0) для каждого этапа по формуле:

$$K_{0,l} = \frac{K_1 \cdot t_1 + K_2 \cdot t_2 + \dots + K_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где $K_{0,l}$ — средневзвешенная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м^3 ; $K_1, K_2, \dots, K_n$ — концентрации пыли по данным отдельных проб, мг/м^3 ; $t_1, t_2, \dots, t_n$ — время отбора отдельной пробы, мин.

Этап 1:

$$K_0 = (29,3 \cdot 14 + 30,1 \cdot 15 + 155,2 \cdot 14 + 121,0 \cdot 15 + 133,7 \cdot 15 + 97,8 \cdot 15 + 65,3 \cdot 13 + 87,6 \cdot 13) / (14 + 15 + 14 + 15 + 15 + 15 + 13 + 13) = 90,4 \text{ мг/м}^3.$$

Этап 2:

$$K_0 = (18,2 \cdot 15 + 9,3 \cdot 15 + 18,3 \cdot 13 + 20 \cdot 15 + 6,7 \cdot 11 + 5,0 \cdot 11) / (15 + 15 + 13 + 15 + 11 + 11) = 13,5 \text{ мг/м}^3.$$

Этап 3:

$$K_0 = (31,2 \cdot 14 + 12,2 \cdot 15 + 20,4 \cdot 14 + 18,1 \cdot 14 + 4,3 \cdot 15 + 2,0 \cdot 15) / (14 + 15 + 14 + 14 + 15 + 15) = 14,4 \text{ мг/м}^3.$$

Этап 4:

$$K_0 = (21,5 \cdot 15 + 11,8 \cdot 15 + 4,0 \cdot 15 + 3,0 \cdot 15 + 2,5 \cdot 14 + 3,1 \cdot 14 + 10,6 \cdot 15 + 4,1 \cdot 15) / (15 + 15 + 15 + 15 + 14 + 14 + 15 + 15) = 7,7 \text{ мг/м}^3.$$

2. По результатам определения средних концентраций за операцию (K_0) и длительности операций (T) рассчитывают среднесменную концентрацию (K_{cc}) как средневзвешенную величину за смену по формуле:

$$K_{cc} = \frac{K_{01} \cdot T_{01} + K_{02} \cdot T_{02} + \dots + K_{0n} \cdot T_{0n}}{\sum T},$$

где $K_{01}, K_{02}, \dots, K_{0n}$ — средневзвешенная концентрация этапа, мг/м^3 ; $T_{01}, T_{02}, \dots, T_{0n}$ — продолжительность этапа, мин; $\sum T$ — продолжительность всех операций, соответствующая продолжительности рабочей смены (480 мин).

$$K_{cc} = (90,4 \cdot 70 + 13,5 \cdot 180 + 14,4 \cdot 150 + 7,7 \cdot 80) / 480 = 24,03 \text{ мг/м}^3.$$

Таким образом, среднесменная расчетная концентрация уксусной кислоты составила $24,03 \text{ мг/м}^3$, максимально разовая — $155,2 \text{ мг/м}^3$.

Заключение. При лабораторном контроле воздуха рабочей зоны на рабочем месте гальваника гальванического цеха машиностроительного предприятия было установлено, что технологический процесс состоит из следующих этапов: химическая гальваническая очистка (продолжительность 70 минут), травление (180 минут), нанесение подслоной гальваники (150 минут), нанесение финишного гальванического покрытия (80 минут). Продолжительность рабочей смены 8 часов. Расчетным методом была уста-

новлена среднесменная концентрация уксусной кислоты, которая составила 24,03 мг/м³, максимально разовая — 155,2 мг/м³. В ходе лабораторных исследований выявлены следующие нарушения Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37: максимально разовая концентрация уксусной кислоты на рабочем месте гальваника превышает ПДК_{мр} (5 мг/м³) в 31 раз.

Для улучшения санитарно-гигиенической обстановки в гальваническом цехе рекомендуются следующие профилактические мероприятия:

1. Санитарно-гигиенические: контроль за содержанием аэрозоля уксусной кислоты в воздухе рабочей зоны не реже 1 раза в полугодие (в течение двух лет после проведения данных измерений), контроль за обеспечением СИЗ органов дыхания, глаз и кожи работников гальванического цеха, а также другими СИЗ, предусмотренными Типовыми нормами выдачи.

2. Технологические:

- замена уксусной кислоты (3 класс опасности) на менее опасные вещества (4 класса);
- герметизация технологического оборудования;
- непрерывность технологического процесса;
- автоматизация, механизация технологических процессов;
- дистанционное управление технологическими процессами.

3. Санитарно-технические:

– средства коллективной защиты (архитектурно-планировочные: гальваническое производство организовать в отдельном помещении; отделка стен: несорбирующие, хорошо моющиеся материалы, например, глазурованная плитка, устойчивая к действию агрессивных сред; местная вытяжная вентиляция (бортовые отсосы на технологических ваннах); общеобменная вентиляция с подачей воздуха в верхнюю часть помещения, вытяжка из нижней части помещения);

– использование СИЗ органов дыхания, спецодежды, средств защиты кожи, рук.

4. Медико-профилактические:

- проведение предварительных и периодических обязательных медицинских осмотров, при необходимости внеочередных;
- организация рационального режима труда и отдыха;
- дыхательная гимнастика;
- повышение сопротивляемости организма;
- витаминопрофилактика и лечебно-профилактическое питание;
- физиопроцедуры.

Задача 4

При проведении гигиенической оценки условий труда дозировщика сырья смесеприготовительного участка завода железобетонных изделий установлено: работник находится в контакте с пылью цемента, стаж работы — 7 лет. Фактическая среднесменная концентрация пыли цемента за период работы составляла 10 мг/м^3 . Работа дозировщика связана с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя, требует определенного физического напряжения.

Среднее количество рабочих смен в году — 248.

Задание (оформить в виде заключения):

1. Рассчитайте фактическую пылевую нагрузку и оцените ее.
2. Дайте оценку возможности продолжения работы в данных конкретных условиях труда дозировщика сырья смесеприготовительного участка завода железобетонных изделий, рассчитайте допустимый стаж работы в данных условиях труда.

Решение. Для решения задачи используется методика, приведенная в Приложении 5 к Санитарным нормам и правилам «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28 декабря 2012 №211.

1. Для расчета объема легочной вентиляции за смену определяем категорию работ в зависимости от общих энерготрат (в соответствии с санитарными ТНПА, устанавливающими требования к микроклимату производственных помещений). Работа, связанная с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя, требующая определенного физического напряжения в соответствии с Гигиеническим нормативом «Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах», утвержденным Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37, относится к категории IIА.

Для данной категории работ в зависимости от общих энерготрат объем легочной вентиляции за смену составляет 7 м^3 (Приложение 5 к Санитарным нормам и правилам «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28 декабря 2012 № 211).

2. Рассчитываем фактическую пылевую нагрузку (ПН) за рассматриваемый период:

$$\text{ПН} = K \cdot N \cdot T \cdot Q = 10 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \text{ смен} \cdot 7 \text{ лет} \cdot 7 \text{ м}^3 = 121\,520 \text{ мг},$$
где ПН — фактическая пылевая нагрузка за расчетный период, мг; К — фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м^3 ; N — число рабочих смен в календарном году; T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, м^3 .

3. Рассчитываем величину контрольной пылевой нагрузки (КПН) за тот же период.

$$\text{КПН} = \text{ПДК}_{\text{сс}} \cdot N \cdot T \cdot Q = 8 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \cdot 7 \text{ лет} \cdot 7 \text{ м}^3 = 97\,216 \text{ мг},$$

где $ПДК_{сc}$ — среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника, $мг/м^3$; N — число рабочих смен в календарном году; T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, $м^3$.

4. Полученное значение фактической ПН сравниваем с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН). В случае, когда фактическая ПН не превышает КПН, условия труда относятся к допустимому классу и подтверждается безопасность продолжения работы в тех же условиях.

$ПН / КПН = 121\,520\,мг / 97\,216\,мг = 1,25$, т. е. фактическая ПН превышает КПН за этот же период работы в 1,25 раза.

5. Определяем допустимый стаж работы в данных условиях.

5.1. Определяем КПН за средний рабочий стаж, который принимаем равным 25 годам:

$$КПН_{25} = 8\,мг/м^3 \cdot 248\,смен \cdot 25\,лет \cdot 7\,м^3 = 347\,200\,мг.$$

5.2. Определяем допустимый стаж работы в данных условиях:

$T_1 = КПН_{25} / (К \cdot N \cdot Q) = 347\,200\,мг / (10\,мг/м^3 \cdot 248\,смен \cdot 7\,м^3) = 20\,лет$, где T_1 — допустимый стаж работы; K — фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, $мг/м^3$; N — число рабочих смен в календарном году; Q — объем легочной вентиляции за смену, $м^3$.

Таким образом, в данных условиях труда дозировщик сырья может проработать не более 20 лет — в таком случае не будет наблюдаться превышения КПН и, соответственно, не будут наблюдаться изменения в состоянии здоровья работника.

Заключение. При проведении гигиенической оценки условий труда дозировщика сырья смесеприготовительного участка завода железобетонных изделий установлено, что в процессе работы работник подвергается воздействию пыли цемента. Стаж работы дозировщика сырья — 7 лет, среднее количество рабочих смен в году — 248. Фактическая среднесменная концентрация пыли цемента за данный период работы составляла $10\,мг/м^3$ ($ПДК_{сc}$ — $8\,мг/м^3$). Категория работ в зависимости от общих энерготрат данного работника — ПА, следовательно, объем легочной вентиляции за смену составляет $7\,м^3$.

Расчет фактической ПН и КПН проводили в соответствии с методикой, приведенной в Приложении 5 к Санитарным нормам и правилам «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28 декабря 2012 № 211. Установлено, что фактическая пылевая нагрузка дозировщика сырья смесеприготовительного участка завода железобетонных изделий за 7-летний период составляет $121\,520\,мг$ и превышает контрольную пылевую нагрузку ($97\,216\,мг$) за этот же период работы в 1,25 раза.

С учетом принципа «защиты временем» для предупреждения неблагоприятного воздействия пыли цемента на организм дозировщика сырья смесеприготовительного участка завода железобетонных изделий при достижении им допустимого 20-летнего стажа работы в данных сформировавшихся

условиях труда (фактическая концентрация пыли цемента 10 мг/м^3) рекомендовано перевести его на рабочее место, исключая воздействие пыли цемента (в соответствии с Приложением 6 к Санитарным нормам и правилам «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28 декабря 2012 № 211).

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 1

При проведении выборочной проверки на предприятии горнодобывающей промышленности в цехе измельчения на дробильных грохотах на рабочем месте оператора по измельчению гранитной руды была отобрана навеска пыли (содержание кристаллического диоксида кремния 62 %) в период максимального выделения с продолжительностью отбора 15 минут. При отборе проб атмосферное давление в цехе составляло 760 мм рт. ст., температура воздуха на рабочем месте оператора была 18°C . Отбор проб проводился с помощью аспиратора со скоростью 12 л/мин. Масса фильтра до начала отбора проб — 0,01 г, после отбора проб — 0,01169 г.

Задание (оформить в виде заключения): оценить содержание пыли в воздухе рабочей зоны на рабочем месте оператора по измельчению гранитной руды.

Задача 2

При проведении лабораторных и инструментальных исследований в шлифовально-заготовочном отделении завода дорожного машиностроения установлено, что в данном отделении проводится сухая шлифовка чугуновых деталей весом 3–5 кг на шлифовальных станках с помощью электрокорундовых кругов. На рабочих местах шлифовщиков были отобраны пробы воздуха на содержание аэрозоля дезинтеграции. Первоначальный вес фильтра — 0,3160 г, после отбора пробы при скорости 20 л/мин в течение 30 минут вес увеличился до 0,32 г. При анализе химического состава пыли в ней был обнаружен кремний диоксид стеклообразный. Температура воздуха в цехе — 18°C , атмосферное давление — 730 мм рт. ст.

Задание (оформить в виде заключения): оценить содержание пыли в воздухе рабочей зоны на рабочих местах шлифовщиков.

Задача 3

При выборочной проверке шлифовального цеха машиностроительного завода было установлено, что в цехе производится сухая шлифовка деталей из чугуна электрокорундовыми кругами. На рабочем месте шлифовщика были отобраны пробы воздуха на промышленный аэрозоль электрокорунда. Среднесменная концентрация пыли на рабочем месте составила 12 мг/м^3 . Вентиляция на рабочем месте отсутствует.

Задание (оформить в виде заключения): дать гигиеническую оценку содержания электрокорунда в воздухе рабочей зоны в шлифовальном цехе.

Задача 4

При проведении мероприятий технического и технологического характера в литейном цехе машиностроительного предприятия было установлено, что на рабочих местах обрубщиков при выбивке отливок из форм и удалении затеков в воздух рабочей зоны поступает пыль кремнезема, содержащая кристаллический диоксида кремния (более 70 %). Проба воздуха на содержание пыли отбиралась однократно в течение 30 минут. Концентрация пыли в пробе составила 6 мг/м³.

Задание (оформить в виде заключения): оценить содержание пыли в воздухе рабочей зоны на рабочем месте обрубщика.

Задача 5

При проведении мероприятий технического и технологического характера на торфобрикетном заводе в прессовом отделении установлено, что на рабочем месте прессовщика торфоплит источниками торфяной пыли, поступающей в воздух рабочей зоны, являются прессы. Выделение пыли происходит из устройства, выталкивающего готовые брикеты из пресса в лоток. На рабочем месте прессовщика концентрация торфяной пыли составила 15 мг/м³ (проба отбиралась однократно в течение 30 минут).

Задание (оформить в виде заключения): оценить содержание пыли в воздухе рабочей зоны на рабочем месте загрузчика-выгрузчика.

Задача 6

При проведении мероприятий технического и технологического характера в отделении окраски деталей машин в малярном цехе завода им. С. М. Кирова установлено, что маляры осуществляют покраску деталей на открытых столах с помощью ручных пневмораспылителей. В качестве растворителей используются ацетон и бензол, содержание которых в воздухе рабочей зоны составляет 100 и 30 мг/м³ соответственно.

Задание (оформить в виде заключения): оценить результаты лабораторных исследований воздуха рабочей зоны на рабочем месте маляра.

Задача 7

При проведении мероприятий технического и технологического характера на рабочем месте гартоварщика установлено, что в гартоварочном отделении приготавливается сплав, содержащий 76 % свинца. Воздухообмен осуществляется посредством общеобменной приточно-вытяжной системы, причем котел, в котором происходит плавление гарта, не оборудован местной вытяжной вентиляцией. Содержание свинца в воздухе рабочей зоны — 0,05 мг/м³.

Задание (оформить в виде заключения): оценить результаты лабораторных исследований воздушной среды производственных помещений.

Задача 8

При проведении выборочной проверки литейного цеха завода отопительного оборудования было установлено, что для получения металлических изделий используется метод литья в песчаные формы; в качестве крепителя при изготовлении смеси для стержней используется фенолформальдегидная смола. Результаты лабораторных исследований воздушной среды литейного цеха представлены в табл. 12.

Таблица 12

Состояние воздуха рабочей зоны литейного цеха

Место измерения (отделения)	Концентрация, мг/м ³		
	пыль (20–30 % SiO ₂)	фенол	формальдегид
Землеприготовительное	105,0	0,3	0,5
Формовочно-стержневое	10,0	0,5	0,7

Задание (оформить в виде заключения): оценить состояние воздуха рабочей зоны на обследованных отделениях литейного цеха.

Задача 9

При проверке рабочего места аппаратчицы кожевенного завода установлено: аппаратчица работает на начальном этапе производства, технологический процесс заключается в физико-химической и термической обработке кожи различными растворами с последующей сушкой. Процесс осуществляется в крупногабаритных вращающихся барабанах, причем выгрузка и загрузка кож производится вручную. При проведении лабораторных исследований воздуха рабочей зоны обнаружены пары аммиака, уксусной и серной кислот (табл. 13).

Таблица 13

Содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны

Место измерения	Концентрация вредных веществ, мг/м ³				
	аммиак	гидроксид натрия	уксусная кислота	серная кислота	хромовый ангидрид
Красильный цех, рабочее место аппаратчицы	25,4	0,7	6,8	2,0	0,025

Задание (оформить в виде заключения): дать гигиеническую оценку условиям труда аппаратчицы кожевенного завода.

Задача 10

При проведении мероприятий технического и технологического характера в цехе гальванопокрытий станкостроительного завода было установлено, что нанесение гальванопокрытий является сложным многооперационным процессом, включающим обработку изделий весом 3–5 кг кислотными и щелочными растворами с последующим покрытием хромом, никелем, а также оксидированием. При проведении лабораторных исследований обнаружено

содержание в воздухе рабочей зоны щелочи — 1,8 мг/м³, серной кислоты — 2,2 мг/м³, гидроаэрозоля солей никеля — 0,008 мг/м³, оксида хрома (III) — 0,03 мг/м³.

Задание (оформить в виде заключения): дать гигиеническую оценку условиям труда аппаратчицы кожевенного завода.

Задача 11

При проведении мероприятий технического и технологического характера в мебельном цехе завода было установлено, что отделка деревостружечных плит является сложным многооперационным процессом, включающим пропитку заготовок клеящими составами, склейку и сушку. При проведении лабораторных исследований обнаружено содержание в воздухе рабочей зоны формальдегида — 0,3 мг/м³, стирола (этилбензола) — 20 мг/м³, метанола — 20 мг/м³.

Задание (оформить в виде заключения): дать гигиеническую оценку условиям труда в мебельном цехе.

Задача 12

При лабораторно-инструментальных исследованиях воздуха рабочей зоны на рабочем месте станочника-распиловщика распилочного цеха деревообрабатывающего комбината установлено, что на работников воздействует древесная пыль с примесью диоксида кремния менее 2 %. Работа станочника-распиловщика состоит из следующих операций: выполнение поперечно-продольной распиловки заготовок на станках с механической и полуавтоматической подачей (I операция), разметка пиломатериалов (II операция), торцовка размеченных пиломатериалов и заготовок на станках (III операция), укладка и разборка пиломатериалов по размерам (IV операция). Отбор проб воздуха на содержание древесной пыли с примесью диоксида кремния менее 2 % производился в течение трех смен, результаты представлены в табл. 14.

Таблица 14

**Результаты измерений концентрации древесной пыли
с примесью диоксида кремния менее 2 % в воздухе рабочей зоны
и время отбора каждой пробы на рабочем месте станочника-распиловщика**

№ операции	Длительность этапа <i>T</i> , мин	Длительность отбора пробы <i>t</i> , мин	Концентрация пыли в пробе <i>K</i> , мг/м ³ *
I операция	130	30	9,1
		18	7,6
		25	8,7
II операция	150	21	6,0
		30	5,3
		13	4,7
		15	5,8

№ операции	Длительность этапа T , мин	Длительность отбора пробы t , мин	Концентрация пыли в пробе K , мг/м ^{3*}
III операция	140	12	6,6
		30	6,4
		11	4,7
		10	4,8
		17	6,8
		27	6,7
IV операция	60	15	3,2
		16	2,8
		17	3,1
		23	4,0
		30	4,1

* Воздух приведен к нормальным условиям.

Продолжительность рабочей смены — 480 минут.

Задание:

1. Рассчитать среднесменную концентрацию (K_{cc}), определить максимально разовую концентрацию (K_m) древесной пыли.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

Задача 13

При лабораторно-инструментальных исследованиях воздуха рабочей зоны литейщика в песчаные формы установлено, что на работника воздействует аэрозоль дезинтеграции аморфного диоксида кремния кристаллического. Работа литейщика состоит из следующих этапов: приготовления формовочных и стержневых смесей (I этап), изготовления формы, стержней и сборки форм (II этап), заливки, затвердевания и выдержки для охлаждения (III этап), выбивки отливок из форм, удаления литников и прибылей (IV этап), очистки поверхности от земли и зачистки неровностей на поверхности литого изделия (V этап).

Результаты исследования воздуха рабочей зоны представлены в табл. 15. Воздух отбирался в течение трех смен.

Таблица 15

Результаты измерений концентраций аэрозоля дезинтеграции аморфного диоксида кремния кристаллического в воздухе рабочей зоны и время отбора каждой пробы на рабочем месте литейщика

№ этапа	Длительность этапа T , мин	Длительность отбора пробы t , мин	Концентрация пыли в пробе K , мг/м ^{3*}
I этап	50	30	0,78
		25	0,87
		25	1,20
II этап	50	30	1,60
		30	1,80
		26	1,92

№ этапа	Длительность этапа T , мин	Длительность отбора пробы t , мин	Концентрация пыли в пробе K , мг/м ³ *
III этап	140	26	0,28
		30	0,35
		27	0,78
		29	0,70
		29	0,50
		30	0,45
IV этап	60	28	1,30
		29	1,56
		29	1,45
		30	1,21
		30	0,93
V этап	180	24	0,98
		27	0,97
		27	1,01
		30	1,02
		30	1,00

* Воздух приведен к нормальным условиям.

Продолжительность рабочей смены — 480 минут.

Задание:

1. Рассчитать среднесменную концентрацию (K_{cc}), определить максимально разовую концентрацию (K_m) аэрозоля дезинтеграции.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

Задача 14

При проведении гигиенической оценки условий труда оператора технологических установок по дроблению и размолу отбеливающей глины на предприятии нефтеперерабатывающего комплекса установлено: на рабочем месте оператора в воздух рабочей зоны выделяется пыль глины, фактическая среднесменная концентрация которой за период работы составляет 14 мг/м³, стаж работы — 15 лет. Категория работ в зависимости от общих энерготрат (в соответствии с санитарными ТНПА, устанавливающими требования к микроклимату производственных помещений) — IIА. Среднее количество рабочих смен в году — 248.

Задание (оформить в виде заключения):

1. Рассчитать фактическую пылевую нагрузку и оценить ее.
2. Дать оценку возможности продолжения работы в данных конкретных условиях труда, рассчитать допустимый стаж работы в данных условиях труда.

Задача 15

При проведении гигиенической оценки условий труда шлифовщика деревообрабатывающего предприятия установлено: работник находится в контакте с древесной пылью (с примесью диоксида кремния менее 2 %), стаж работы — 21 год. Фактическая среднесменная концентрация древесной пыли за период работы составляла 6 мг/м^3 . Работа шлифовщика связана с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя, требует определенного физического напряжения. Среднее количество рабочих смен в году — 248.

Задание (оформить в виде заключения):

1. Рассчитать фактическую пылевую нагрузку и оценить ее.
2. Дать оценку возможности продолжения работы в данных конкретных условиях труда, рассчитать допустимый стаж работы в данных условиях труда.

Задача 16

При разработке системы профилактических мероприятий для распиловщика деревообрабатывающего предприятия установлено: работник находится в условиях выделения в воздух рабочей зоны древесной пыли (с примесью диоксида кремния менее 2 %), стаж работы — 21 год. Фактическая среднесменная концентрация древесной пыли за первые 10 лет работы составляла 8 мг/м^3 , работа была связана с постоянными передвижениями, перемещением и переноской тяжестей (свыше 10 кг). Затем на рабочем месте произведена модернизация технологического процесса и механизация перемещения заготовок для распила, оборудована местная вытяжная вентиляция. Следующие 11 лет работы после модернизации фактическая среднесменная концентрация древесной пыли в воздухе рабочей зоны распиловщика составляла 2 мг/м^3 , работа была связана с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя и сидя. Среднее количество рабочих смен в году — 248.

Задание (оформить в виде заключения):

1. Рассчитать фактическую пылевую нагрузку и оценить ее.
2. Дать оценку возможности продолжения работы в данных конкретных условиях труда, рассчитать допустимый стаж работы в данных условиях труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. *Гигиена труда* : учеб. / под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.

2. *Глебова, Е. В.* Производственная санитария и гигиена труда : учеб. пособие / Е. В. Глебова. – М. : Академия, 2014. – 352 с.

Дополнительная

3. *Алексеев, С. В.* Гигиена труда / С. В. Алексеев, В. Р. Усенко. – М. : Медицина, 1988. – 402 с.

4. *Общая токсикология* / под ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. – М. : Медицина, 2002. – 608 с.

5. *Руководство по профилактической медицине* : в 4 т. / под общ. ред. М. П. Захарченко. – СПб. : Крисмас +, 2010. – Т. 1: Базисные сведения. – 504 с.

6. *Управление профессиональными рисками, как система социально-экономических мероприятий, направленных на предупреждение болезней и охрану здоровья работников в Республике Беларусь* / Т. М. Рыбина, А. Н. Гоменюк, Т. М. Сушинская [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – № 11 (61). – С. 715–719.

7. *Лепешко, П. Н.* Токсиколого-гигиеническая оценка новых химических веществ, внедряемых в производство : учеб.-метод. пособие / П. Н. Лепешко, Л. М. Бондаренко. – Минск : БГМУ, 2017. – 55 с.

8. *Кураш, И. А.* Производственные канцерогены. Паспортизация канцерогеноопасных производств : метод. рекомендации / И. А. Кураш, И. П. Семёнов. – Минск : БГМУ, 2017. – 34 с.

9. *Дзержинская, Н. А.* Организация лабораторного контроля факторов условий труда : учеб.-метод. пособие / Н. А. Дзержинская, И. П. Семёнов, П. Н. Лепешко. – Минск : БГМУ, 2024. – 100 с.

10. *Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.* ГОСТ 12.1.007-76. – М. : Стандартинформ, 2007. – 7 с.

11. *Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих»* : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 25.01.2021 № 37. – URL: www.pravo.by (дата обращения: 15.04.2024).

12. *Гигиеническая классификация условий труда : сан. нормы и правила* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 28.12.2012 г. № 211 // М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000355_865052_PostMZ_N211_Sanpin.pdf (дата обращения: 15.04.2024).

13. *Коэффициент комбинированного действия формальдегида и стирола в воздухе рабочей зоны : гигиен. Норматив* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 12.04.2016 г. № 56 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000352_933019_post56_gig_norm.pdf (дата обращения: 15.04.2024).

14. *Требования к производственному контролю за содержанием аэрозолей природных и искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны : сан. нормы и правила* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 10.11.2017 г. № 96 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000357_994405_postan96.pdf (дата обращения: 15.04.2024).

15. *Трушкова, Е. А.* Исследование механизма воздействия наночастиц на организм человека как фактора уровня безопасности работников / Е. А. Трушкова, М. В. Сидельников // Молодой ученый. – 2016. – № 18.1 (122.1). – С. 28–31.

КОМБИНАЦИИ ВЕЩЕСТВ С ЭФФЕКТОМ СУММАЦИИ

Сочетания веществ однонаправленного действия:

1. Азота диоксид, гексан, углерода оксид, формальдегид.
2. Азота диоксид и серы диоксид.
3. Азота диоксид, гексен, серы диоксид, углерода оксид.
4. Азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол.
5. Акриловая и 2-метилпроп-2-еновая (метакриловая) кислоты.
6. Акриловая, 2-метилпроп-2-еновая (метакриловая) кислоты, бутилакрилат, бутил-2-метилпроп-2-еноат (бутилметакрилат), метилакрилат, метил-2-метилпроп-2-еноат (метилметакрилат).
7. Аммиак и гидросульфид (сероводород).
8. Аммиак и формальдегид.
9. Аммиак, гидросульфид (сероводород), формальдегид.
10. Ацетальдегид и этенилацетат (винилацетат).
11. Бензол и ацетофенон.
12. Бромметан и сероуглерод.
13. (1а,2а,3а,4В(3,5,6р)-Гекса-(1,2,3,4,5,6)-хлорциклогексан (у-гексахлоран) и S-(2,3-Дигидро-3-оксо-6-хлорбензоксазол-3-илметил)-0,0-диэтилфосфат (фозалон).
14. Гидросульфид (сероводород) и динил.
15. Гидросульфид (сероводород) и углерод дисульфид (сероуглерод).
16. Гидросульфид (сероводород) и формальдегид.
17. Гидрофторид (фтористый водород) и соли фтористоводородной кислоты.
18. Диванадия пентоксид и марганца оксиды.
19. Диванадия пентоксид и серы диоксид.
20. Диванадия пентоксид, хрома триоксид.
21. 1,2-Дихлорпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен.
22. 2,3-Дихлор-1,4-нафтохинон и 1,4-нафтохинон.
23. Изопропилбензол (кумол) и изопропилбензола гидроперекись.
24. Мышьяка триоксид и германий.
25. Мышьяка триоксид и свинца ацетат.
26. 0-(4-Нитрофенил)-0,0-диэтилтиофосфат (тиофос) и диэтил [(диметоксифосфинотиоил)-тио]бутандиоат (карбофос).
27. Озон, азота диоксид и формальдегид.
28. Пентановая (валериановая), гексановая (капроновая) и бутановая (масляная) кислоты.
29. Пропан-2-он (ацетон) и крезол (изомеры).
30. Пропан-2-он (ацетон) и метилфенилкетон (ацетофенон).
31. Пропан-2-он (ацетон) и фенол.

32. Пропан-2-он (ацетон), 2-фурфуральдегид (фурфурол), формальдегид и фенол.
33. Пропан-2-он (ацетон), проп-2-ен-1-аль (акролеин), фталевый ангидрид.
34. Свинца оксид и серы диоксид.
35. Сернокислые медь, кобальт, никель и серы диоксид.
36. Серы диоксид и гидросульфид (сероводород).
37. Серы диоксид и гидрофторид (фтористый водород).
38. Серы диоксид и никель металлический.
39. Серы диоксид и серная кислота.
40. Серы диоксид и серы триоксид.
41. Серы диоксид и фенол.
42. Серы диоксид, серы триоксид, аммиак и окислы азота.
43. Серы диоксид, углерода оксид, фенол и пыль кварцсодержащая.
44. Сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная).
45. Углерода оксид и пыль цементного производства.
46. Углерода оксид, азота диоксид, формальдегид и гексан.
47. Уксусная кислота и ацетангидрид (уксусный ангидрид).
48. Уксусная кислота, фенол и уксусной кислоты этиловый эфир (этил-ацетат).
49. Фенол и метилфенилкетон (ацетофенон).
50. Формальдегид и гидрохлорид (соляная кислота).
51. Фурфурол, метиловый и этиловый спирты.
52. Циклогексан и бензол.
53. 1.3-Изобензофурандион (фталевый ангидрид) и дигидрофурандион-2,5 (малеиновый ангидрид).

**ПЕРЕЧЕНЬ ВЕЩЕСТВ,
ПРИ РАБОТЕ С КОТОРЫМИ НЕДОПУСТИМО (ИСКЛЮЧЕНО)
ПОПАДАНИЕ ИХ В ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПУТИ И НА КОЖУ**

№ п/п	Наименование веществ	Агрегатное состояние	Класс опасности
1. Противоопухолевые лекарственные средства			
Все лекарственные средства, относящиеся к фармакологическим подгруппам анатомо-терапевтическо-химической классификационной системы лекарственных средств: L01A, L01B, L01C, L01D, L01XA, L01XB, L02A, L02B, L04AX			
2. Гормоны-эстрогены			
1	3-Окси-эстра-1,3,5(10)-триен-17-он (эстрон)	А	1
2	17 α -Этинилэстратриен-1,3,5(10)-диол-3,17 β (этинилэстрадиол)	А	1

**ПЕРЕЧЕНЬ ВЕЩЕСТВ, ОПАСНЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ОСТРОГО ОТРАВЛЕНИЯ И РАЗДРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ**

Таблица 1

Вещества с остронаправленным механизмом действия

№ п/п	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³ <*>	Агрегат- ное состоя- ние <*>	Класс опас- ности	Особен- ности действия <***>
1	Азота диоксид	2	п	3	Р
2	Азота оксиды (в пересчете на NO ₂) <*****>	5	п	3	Р
3	Арсин (водород мышьяковистый)	0,1	п	1	
4	Бензилцианид <*****>	0,8	а	2	
5	Бор трифторид	1	п	2	Р
6	Бром <*****>	0,5	п	2	Р
7	Бут-3-енонитрил <*****> (аллилцианид)	0,3	п	2	
8	Гидробромид	2	п	2	Р
9	Гидрофторид (в пересчете на F)	0,5/0,1	п	2	Р
10	Гидрохлорид	5	п	2	Р
11	Гидроцианид <*****> (водород циани- стый)	0,3	п	1	
12	Гидроцианида соли <*****> (в пересчете на гидроцианид)	0,3	п	1	
13	Дигидросульфид (сероводород)	10	п	2	Р
14	Дигидросульфид смесь с углеводородом C ₁₋₅	3	п	2	
15	Диметилсульфат <*****>	0,1	п	2	Р
16	2-(2,6-Дихлорфениламино) имидазолина хлорид гидрохлорид <*****>	0,001	а	1	

№ п/п	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³ <*>	Агрегат- ное состоя- ние <*>	Класс опас- ности	Особен- ности действия <***>
17	Карбонилдихлорид (фосген)	0,5	п	2	Р
18	Кобальт гидридотетракарбонил (по Со)	0,1	п	1	А
19	Кремний тетрафторид (по F)	0,5/0,1	п	2	Р
20	Метилизоцианат <*****>	0,05	п	1	А, Р
21	4-Метилфенилен-1,3-Диизоцианат <*****> (толуилендиизоцианат)	0,05	п	1	А, Р
22	(1-Метилэтил) нитрит (изопропилнитрит)	1	п	2	
23	Натрий нитрит	0,1	а	1	
24	Никель тетракарбонил	0,003	п		К, А
25	Озон	0,1	п		Р
26	Октафтор-2-метилпроп-1-ен (перфторизо- бутилен)	0,1	п		
27	Пропандинитрил <*****>	0,3	п + а		
28	Пропан-1,2,3-триола тринитрат>	0,02	п		
29	Селен гексафторид	0,2	п		
30	диСера декафторид <*****>	0,1	п		
31	(Т-4)Сера тетрафторид	0,2	п	2	
32	Тетраэтилсвинец <*****>	0,005	п	1	
33	Трихлорнитрометан <*****>	0,5	п	2	
34	Углерода оксид <*****>	20	п	4	
35	Фенилизоцианат <*****>	0,5	п	2	Р
36	Формальдегид <*****>	0,5	п	2	А, Р
37	Фосфин (водород фосфористый)	0,1	п	1	
38	Фосфорилхлорид <*****> (фосфора хлороксид)	0,05	п	1	Р
39	Фтор	0,03	п	1	
40	Хлор <*****>	1	п	2	Р
41	Хлор диоксид <*****>	0,1	п	1	Р
42	Хлорфенилизоцианат <*****> (3- и 4-изомеры)	0,5	п	2	А, Р
43	Хлорциан <*****>	0,2	п	1	
44	2-Хлорэтанол <*****> (этиленхлор- гидрин)	0,5	п	2	Р
45	Этиленимин <*****>	0,02	п	1	А, Р
46	2,2-[(1,4-Диоксо-1,4- бутандиил) бис- (окси) бис-N,N,N- триметилэтан]- аммоний диiodид <*****> (дитилин)	0,1 ОБУВ	а		

<*> В числителе максимальная, а в знаменателе среднесменная ПДК.

<*> Преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях про-
изводства: п — пары и (или) газы, а — аэрозоль.

<***> Наряду с остронаправленным механизмом действия приведены дополнитель-
ные особенности действия вещества: А — аллерген, К — канцероген, Р — раздражающее
действие.

<****> Азота пятиокись и азота окись на воздухе переходит в азота двуокись.

<*****> При длительности работы в воздухе рабочей зоны, содержащей оксид углерода, не более 1 ч ПДК оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м³, при длительности работы не более 30 мин — не более 100 мг/м³, при длительности работы не более 15 мин — 200 мг/м³. Повторные работы при условии повышенного содержания оксида углерода могут проводиться с перерывом не менее чем в 2 ч.

<*****> Требуется специальная защита кожи и глаз.

Таблица 2

Вещества раздражающего действия

№ п/п	Наименование вещества по IUPAC и основные синонимы	ПДК, мг/м ³ <*>	Агрегатное состояние <*>	Класс опасности	Особенности действия <*>
1	Азота диоксид	2	п	3	О
2	Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	п	3	О
3	Азотная кислота <***>	2	а	3	
4	альфа-Аминобензацетил-хлорид гидрохлорид <***>	0,5	а	2	
5	2-Аминопропан <***> (метилэтиламин)	1	п	2	
6	Аммиак	20	п	4	
7	Ацетальдегид <***>	5	п	3	
8	Ацетангидрид <***> (ацетонгидрид)	3	п	3	
9	Барий дигидроксид <***> (гидроокись бария)	0,3/0,1	а	2	
10	Барий дихлорид (бария хлорид)	1/0,3	а	2	
11	Бензилхлорформиат <***> (карбобензоксихлорид)	0,5	п + а	2	
12	Бензилцианид (фенилацетонитрил)	0,8	а	2	О
13	Бензохин-1,4-он (п-бензохинон)	0,05	п	1	
14	Бор трифторид	1	п	2	О
15	Бром <***>	0,5	п	2	О
16	Бутаналь <***>	5	п	3	
17	Бутановая кислота	10	п	3	
18	Бутановой кислоты ангидрид <***> (бутановый ангидрид)	1	п	2	
19	1-Бутоксибут-1-ен-3-ин (этиленвиниловый эфир)	0,5	п	2	
20	Гексановая кислота (капроновая, бутилуксусная)	5	п	3	
21	Германий тетрахлорид (в пересчете на германий)	1	а	2	
22	Гидробромид	2	п	2	О
23	1-Гидрокси-2-нитро-4-хлорбензол <***> (4-нитро-2-хлорфенол, нихлофен)	3/1	п + а	2	
24	Гидрофторид (в пересчете на фтор)	0,5/0,1	п	2	О
25	Гидрохлорид	5	п	2	О
26	Дигидросульфид (гидросульфид)	10	п	2	О
27	3-Диметиламино-пропан-1-ол	2	п	3	
28	Диметилгексан-1,6-диоат <***> (диметилсебацат, диметил-2,8-гексадиоат)	10	п + а	3	

№ п/п	Наименование вещества по IUPAC и основные синонимы	ПДК, мг/м ³ <*>	Агре- гатное состоя- ние <*>	Класс опас- ности	Особен- ности действия <***>
29	(Е, 1R)-2,2-диметил-3(2-метилпроп-1-енил)- циклопропан-1-карбоновая кислота (1,3- хризантемовая кислота)	10	п + а	3	
30	2,2-Диметилпропилгидропероксид <***>	5	п	3	
31	Диметилсульфат <***> (0,0 диметилсульфат)	0,1	п	1	О
32	Диметил (4-фтор-фенил)-хлорсилан /по гидрохлориду/	1	п	2	
33	3,3-Диметил-1-хлор-1 (4-хлорфенокси)- бутан-2-он (син. хлорфеноксипинаколин)	10	п + а	4	
34	1,1-Диметилэтилгидропероксид <***> (трет-бутилгидропероксид)	5	п	3	
35	1,1-Диметилэтилгипохлорид	5	п	3	
36	Дихлорметилбензол	0,5	п	1	
37	Дихлорэтановая кислота (дихлоруксусная кислота)	4	п + а	3	
38	3-Диэтиламинопропил-1-амин	2	п + а	3	
39	N,N-диэтилэтанамина <***> (триэтиламин)	10	п	3	
40	Йод <***>	1	п	2	
41	Кальций сульфат дигидрат (гипс)	2	а	3	
42	Карбонилдихлорид (фосген)	0,5	п	2	О
43	Кремний тетрафторид (по фтору)	0,5/0,1	п	2	О
44	Магний оксид	4	а	4	
45	Метансульфонилхлорид <***>	4	п	3	
46	Метановая кислота <***> (муравьиная кис- лота)	1	п	2	
47	1-Метилбутановая кислота (изовалериановая)	2	п	3	
48	3-Метилбутан-1-ол (изоамиловый спирт)	5	п	3	
49	2-Метилбут-3-ин-2-ол (изовалериановый альдегид; 3-бутин-2-ол-2-метил)	10	п	3	
50	Метил-2-гидрокси-3-хлорпропионат	0,5	п	2	
51	Метилдихлорацетат	15	п	4	
52	Метилизоцианат <***>	0,05	п	1	А, О
53	Метил-3-оксобутаноат (метиловый эфир ацетоуксусной кислоты)	5	п	3	
54	4-Метилпентановая кислота <***> (2-метилпентановая кислота)	5	п	3	
55	4-Метилпентаноилхлорид <***> (2-метилпентановой кислоты хлорангидрид)	3	п	3	
56	2-Метилпропаналь <***>	5	п	3	
57	2-Метилпропан-1-ол <***> (изобутиловый спирт)	10	п	3	
58	2-Метилпроп-2-еновая кислота	10	п	3	
59	2-Метилпроп-2-еноилхлорид <***>	0,3	п	2	А
60	4-Метилфенилен-1,3-диизоцианат	0,05	п	1	А, О

№ п/п	Наименование вещества по IUPAC и основные синонимы	ПДК, мг/м ³ <*>	Агре- гатное состоя- ние <*>	Класс опас- ности	Особен- ности действия <*>
61	диНатрий карбонат <***>	2	а	3	
62	диНатрий пероксокарбонат	2	а	3	
63	Натрий хлорид	5	а	3	
64	Озон	0,1	п	1	О
65	4-Оксо-5-хлорпентилацетат <***>	2	п	3	
66	Ортофосфористая кислота <***>	0,4	а	2	
67	Пентан-1-ол <***>	10	п	3	
68	Пиридин	5	п	2	
69	Проп-2-ен-1-аль	0,2	п	2	
70	Проп-2-енамин	0,5	п	2	
71	Проп-1-енилацетат <***> (2-пропенил- ацетат)	2	п	3	
72	Н-проп-1-енил-проп-2-ен-1-амин <***>	1	п	2	
73	Проп-2-еноилхлорид <***> (акриловой кис- лоты хлорангидрид)	0,3	п	2	А
74	Пропилацетат	200	п	4	
75	Проп-2-ин-1-ол	1	п	2	
76	Пропиональдегид <***>	5	п	3	
77	Пропионилхлорид <***> (хлорангидрид пропионовой кислоты)	2	п	3	
78	Рубидий гидроксид (гидроокись рубидия)	0,5	а	2	
79	диСера декафторид <***>	0,1	п	1	О
80	Сера диоксид <***>	10	п	3	
81	диСера дихлорид <***> (серы хлорид)	0,3	п	2	
82	(Т-4) сера тетрафторид	0,3	п	2	О
83	Сера триоксид <***>	1	п	2	
84	Серная кислота <***>	1	а	2	
85	Спирты непредельного ряда (аллиловый, кротониловый)	2	п	3	
86	Тетрабромметан <***>	0,2	п	2	
87	Тетрагидро-1,4-оксазин <***> (морфолин)	1,5/0,5	п	2	
88	3,3,3,4-Тетрахлор-бицикло[2,2,1]гепт-5-ен- 2-спиро-1-циклопент-3-ен-2,5-дион (ЭФ-2)	0,2	п + а	2	
89	1,1,2,2-Тетрахлорэтан+	5	п	3	
90	Титан тетрахлорид (по гидрохлориду)	1	п	2	
91	2,4,6-Триметил-1,3,5-триоксан	5	п	3	
92	3,5,5-Триметилциклогексанон	1	п	2	
93	3,5,5-Триметилциклогекс-2-ен-1-он	1	п	2	
94	Трихлорацетилхлорид <***> (трихлорук- сусной кислоты хлорангидрид)	0,1	п	1	
95	Трихлорнитрометан <***> (хлорпикрин)	0,5	п	2	О
96	Трихлорэтановая кислота <***> (трихлор- уксусная кислота)	5	п + а	3	
97	Фенилизоцианат	0,5	п	2	О

№ п/п	Наименование вещества по IUPAC и основные синонимы	ПДК, мг/м ³ <*>	Агре- гатное состоя- ние <*>	Класс опас- ности	Особен- ности действия <***>
98	Фенилтиол <***> (тиофенол, меркаптобензол)	0,2	п	2	
99	Феноксизтановая кислота <***> (фенокси- уксусная кислота)	1	а	3	
100	Формальдегид <***>	0,5	п	2	О, А
101	Фосфин	0,1	п	1	О
102	диФосфор пентаоксид <***>	1	а	2	
103	Фосфор пентахлорид <***>	0,2	п	2	
104	Фосфор трихлорид <***>	0,2	п	2	
105	Фосфорилхлорид <***>	0,05	п	1	О
106	Фтор	0,03	п	1	О
107	2,5-Фурандион <***>	1	п + а	2	А
108	2-Фуроилхлорид <***>	0,3	п	2	
109	Хлор <***>	1	п	2	О
110	Хлорангидрид хризантемовой кислоты	2	п	3	
111	Хлорацетилхлорид <***> (хлорангидрид монохлоруксусной кислоты)	0,3	п	2	
112	3-Хлорбутан-2-он (1-хлорэтилметилкетон)	10	п	3	
113	2-Хлор-2-гидроксипропионовая кислота <***>	0,5	п	2	
114	Хлор диоксид <***>	0,1	п	1	О
115	(Хлорметил)бензол	0,5	п	1	
116	Хлорметоксиметан <***> (по хлору)	0,5	п	2	
117	3-Хлорпроп-1-ен <***>	0,3	п	2	
118	Хлорфенилизоцианат (3- и 4-изомеры)	0,5	п	2	О, А
119	Хлорциан	0,2	п	1	О
120	2-Хлорэтанол <***>	0,5	п	2	О
121	2-Хлорэтансульфоновой кислоты гидрохлорид	0,3	п	2	
122	Хлорэтановая кислота <***> (хлоруксусная кислота)	1	п + а	2	
123	1-Циклопропилэтанон (циклопентадиен)	1	п	3	
124	Этандионовая кислота дигидрат <***> (щавелевая кислота)	1	а	2	
125	Этановая кислота <***> (уксусная кислота)	5	п	3	
126	Этиленимин (азирин)	0,02	п	1	А, О
127	Этил-3-(метиламино)бутан-2-оат <***> (этил-3-метилбут-2-еноат, н-метил- аминокротоновый эфир)	5	п	3	
128	Этил-6-оксо-6-хлоргексаноат (этиладипина- та хлорангидрид)	2	п + а	3	
129	Этил-6-оксо-8-хлороктаноат	1	п + а	2	
130	Этилпроп-2-еноат (N-винилпирролид-2-он)	15/5	п	3	

<*> Преимущественное состояние: п — пары и (или) газы, а — аэрозоль. <***> Наряду с раздражающим приведены дополнительные особенности действия вещества: А — аллерген, К — канцероген, О — вещества с остронаправленным механизмом действия. <***> Требуется специальная защита кожи и глаз.

КЛАССЫ УСЛОВИЙ ТРУДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Вредные вещества <*> и особенности их действия на организм			Класс условий труда					
			допу- стимый	вредный				опасный <****>
				2	3.1	3.2	3.3	
Вредные вещества 1–4 классов опасности <*>, за исключением перечисленных ниже			≤ ПДК _{мр}	1,1–3,0	3,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	> 20,0
			≤ ПДК _{сс}	1,1–3,0	3,1–10,0	10,1–15,0	> 15,0	–
Особенности действия на организм	Вещества, опасные для развития острого отравления	Остронаправленные <*>	≤ ПДК _{мр}	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–10,0	> 10,0
		Раздражающего действия <*>	≤ ПДК _{мр}	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	> 50,0
	Канцерогены <*>		≤ ПДК _{сс}	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–10,0	> 10,0	
	Аллергены <*>		≤ ПДК _{мр}	–	1,1–3,0	3,1–15,0	15,1–20,0	> 20,0
	Противоопухолевые лекарственные средства, гормоны (эстрогены) <***>					<****>		
	Наркотические анальгетики <***>				<****>			

<*> В соответствии с правовыми актами, устанавливающими требования к воздуху рабочей зоны.

<***> Вещества, при получении и применении которых должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей работающих при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утвержденными методами в соответствии с правовыми актами, устанавливающими требования к воздуху рабочей зоны.

<****> Независимо от концентрации вредного вещества при обнаружении его в воздухе рабочей зоны условия труда относятся к данному классу.

<*****> Превышение указанного уровня для веществ с остронаправленным механизмом действия может привести к острому, в том числе и смертельному, отравлению.

ПРЕПАРАТЫ ПЫЛИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

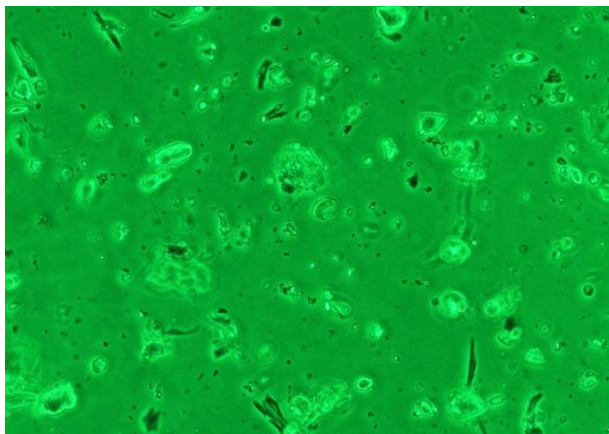


Рис. 1. Препарат образца витающей пыли, отобранного из воздуха рабочей зоны дозирования асбеста цеха по производству асбестоцементных изделий (объем пробы — 150 л, увеличение $\times 400$)

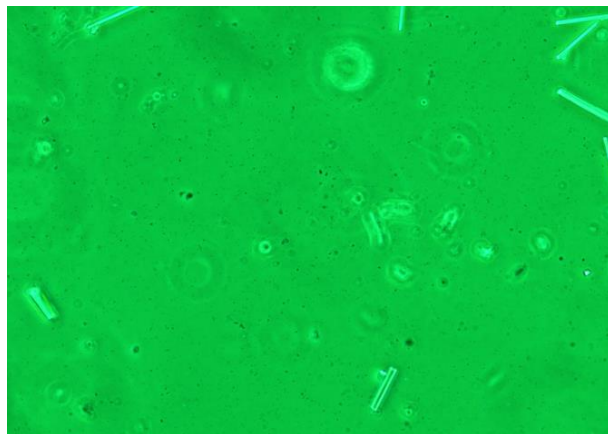


Рис. 2. Препарат образца витающей пыли, отобранного из воздуха рабочей зоны ваграночного отделения цеха по производству базальтовой теплоизоляции (объем пробы — 150 л, увеличение $\times 400$)

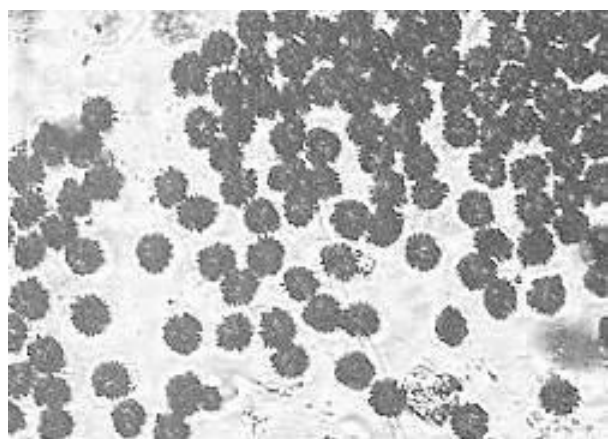


Рис. 3. Пыльца астровых (Asteraceae) в оптическом микроскопе (увеличение $\times 135$)

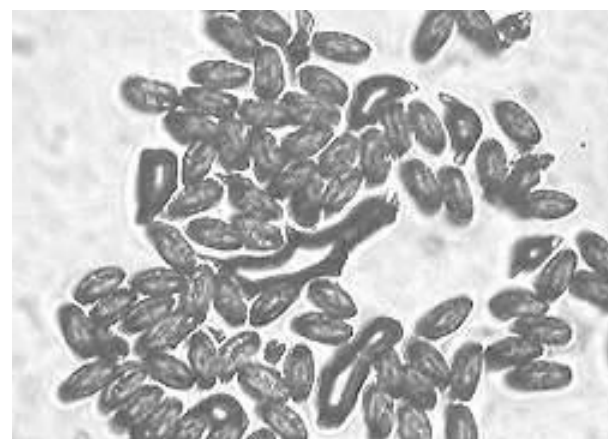


Рис. 4. Пыльца бобовых (Fabaceae) в оптическом микроскопе (увеличение $\times 135$)

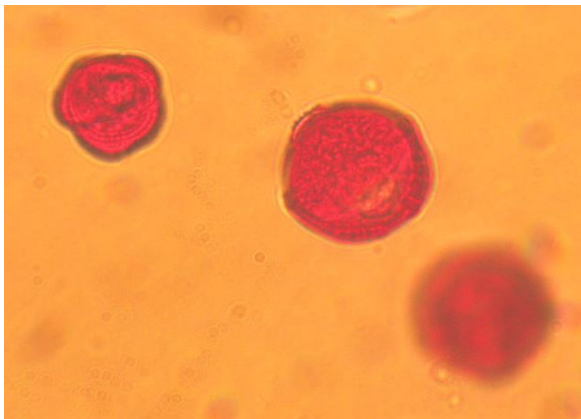


Рис. 5. Постоянный препарат пыльцы травянистых растений (пыльца трав): семейство Астровые, Василек луговой (*Asteraceae* Dumort., *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia* (Schränk.) Gremli)

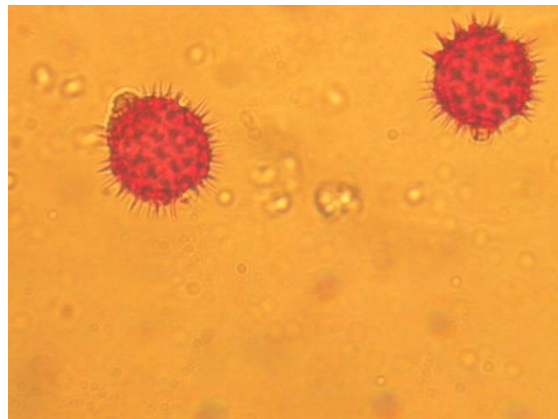


Рис. 6. Постоянный препарат пыльцы травянистых растений (пыльца трав): семейство Астровые, Подсолнечник однолетний (*Asteraceae* Dumort., *Helianthus annuus* L.)

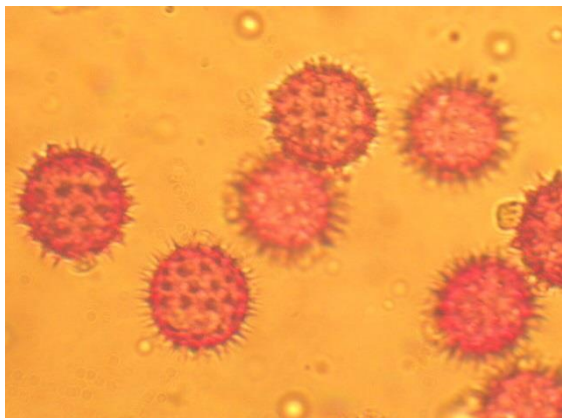


Рис. 7. Постоянный препарат пыльцы травянистых растений (пыльца трав): семейство Астровые, Подсолнечник однолетний (*Asteraceae* Dumort., *Helianthus annuus* L.)

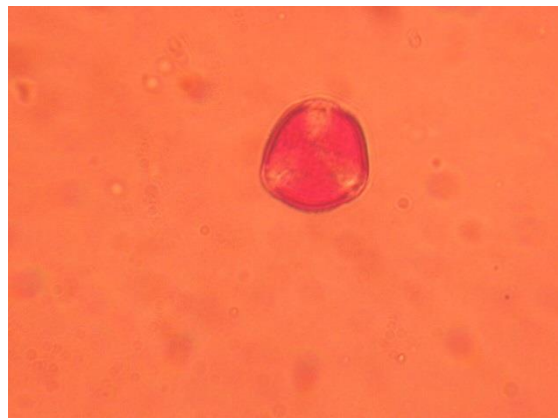


Рис. 8. Постоянный препарат пыльцы древесных растений (пыльца деревьев и кустарников): семейство Кленовые, Клен (*Aceraceae* Juss., *Acer* L.)

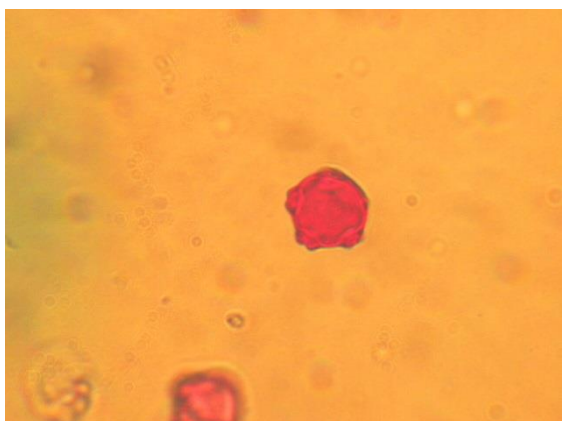


Рис. 9. Постоянный препарат пыльцы древесных растений (пыльца деревьев и кустарников): семейство Березовые, Ольха (*Betulaceae* S.F. Gray, *Alnus* Mill.)

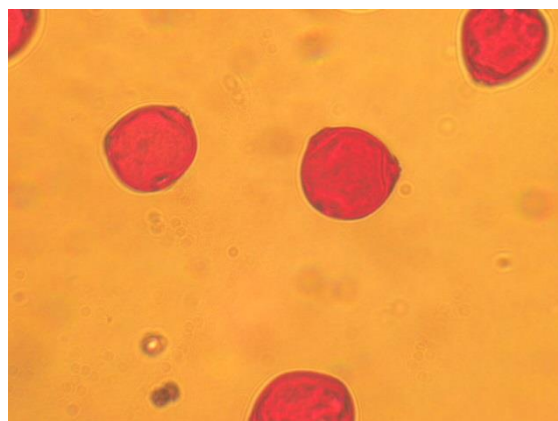


Рис. 10. Постоянный препарат пыльцы древесных растений (пыльца деревьев и кустарников): семейство Березовые, Береза (*Betulaceae* S.F. Gray, *Betula* L.)

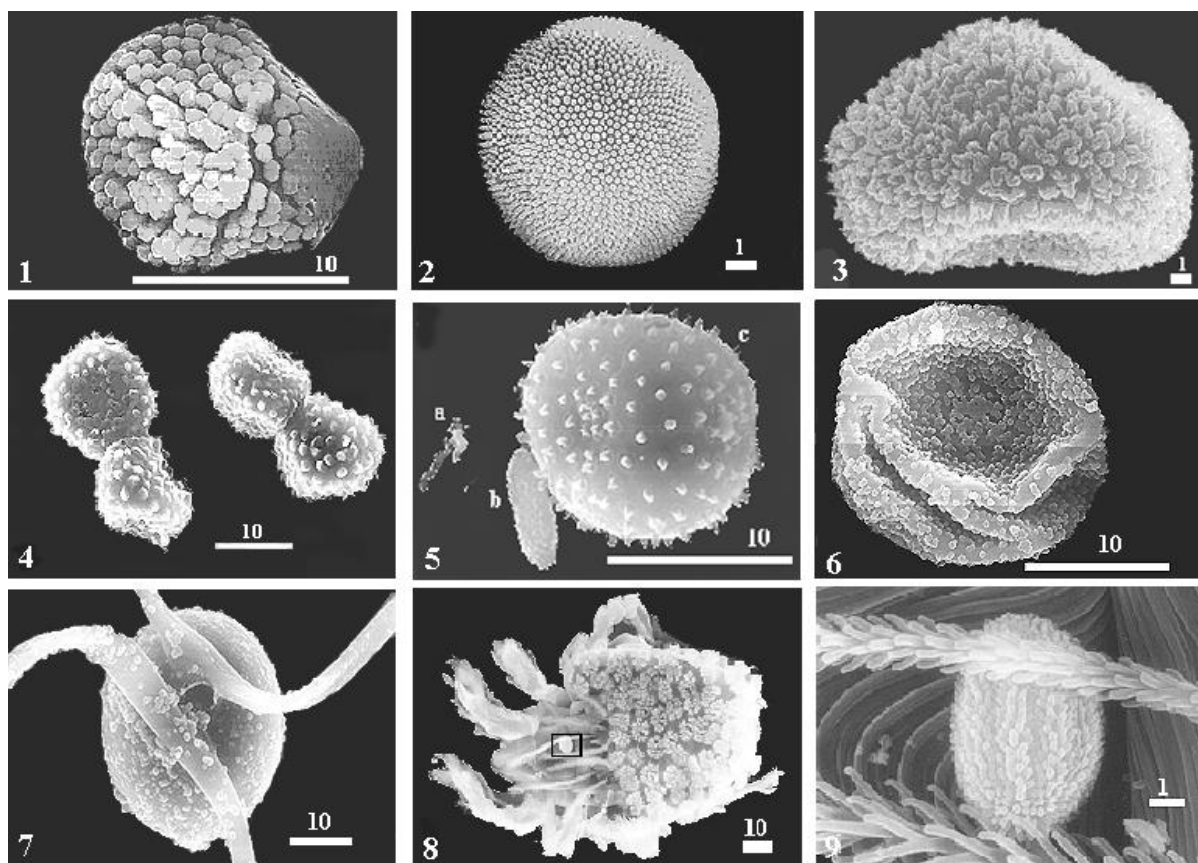


Рис. 11. Биологические объекты атмосферных аэрозолей, полученные с использованием сканирующего электронного микроскопа (линейка в микронах):
1–3 — эциоспоры грибов ржавчины с различной морфологией; 4 — телиоспоры грибов ржавчины; 5 — три споры различной величины и морфологии; 6 — пыльцевое зерно можжевельника с орбикулами на поверхности; 7 — спора хвоща с орбикулами; 8–9 — клещ со спорой гриба на поверхности

Приложение 6

КЛАССЫ УСЛОВИЙ ТРУДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ АПФД И ПЫЛЕВЫХ НАГРУЗОК НА ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ

Показатель	Класс условий труда					
	допу- стимый	вредный				опасный <*>
		2	3.1	3.2	3.3	
Превышение ПДК _{мр} , раз						
Концентрация пыли	≤ ПДК	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0	–
Превышение КПН, раз						
Пылевая нагрузка (ПН) <*>	≤ КПН	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0	–
Пылевая нагрузка для пылей с выраженным фиброгенным действием (ПДК ≤ 2 мг/м³), а также для асбестосодержащих пылей	≤ КПН	1,1–1,5	1,6–3,0	3,1–5,0	> 5,0	–

МЕТОДИКА И ПРИМЕР РАСЧЕТА ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ

1. ПН на органы дыхания рабочего (или группы рабочих, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$\text{ПН} = K \cdot N \cdot T \cdot Q,$$

где ПН — фактическая пылевая нагрузка за расчетный период, мг; K — фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³; N — число рабочих смен в календарном году; T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, м³.

2. ПН можно рассчитать за любой период работы в контакте с пылью для получения фактической или прогностической величины. Для расчета рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции: для работ категории 1а–1б объем легочной вентиляции за смену составляет 4 м³; для работ категории 2а–2б — 7 м³; для работ категории 3 — 10 м³.

3. Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), значение которой рассчитывают в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, ПДК пыли и категории работ:

$$\text{КПН} = \text{ПДК}_{\text{сс}} \cdot N \cdot T \cdot Q,$$

где ПДК_{сс} — среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³; N — число рабочих смен в календарном году; T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, м³.

4. При соответствии фактической пылевой нагрузки контрольному уровню условия труда относятся к допустимому классу и подтверждается безопасность продолжения работы в тех же условиях.

Пример:

Дробильщик проработал 7 лет в условиях воздействия пыли гранита, содержащей 60 % SiO₂. Среднесменная концентрация пыли за этот период составляла 3 мг/м³. Категория работ — 2Б (объем легочной вентиляции равен 7 м³). Среднесменная ПДК данной пыли — 2 мг/м³. Среднее количество рабочих смен в году — 248.

Определить:

1. Пылевую нагрузку (ПН).
2. Контрольную пылевую нагрузку (КПН) за этот период.
3. Класс условий труда.

4. Контрольную пылевую нагрузку за период 25-летнего контакта с фактором ($KПН_{25}$).

5. Допустимый стаж работы в таких условиях.

Решение:

1. Определяем фактическую пылевую нагрузку за рассматриваемый период:

$$ПН = K \cdot N \cdot T \cdot Q.$$

$$ПН = 3 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \text{ смен} \cdot 7 \text{ лет} \cdot 7 \text{ м}^3 = 36456 \text{ мг}.$$

2. Определяем контрольную пылевую нагрузку за этот же период работы:

$$КПН = ПДК_{cc} \cdot N \cdot T \cdot Q.$$

$$КПН = 2 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \text{ смен} \cdot 7 \text{ лет} \cdot 7 \text{ м}^3 = 24304 \text{ мг}.$$

3. Рассчитываем величину превышения КПН:

$ПН/КПН = 36456/24304 = 1,5$, т. е. фактическая ПН превышает КПН за этот же период работы в 1,5 раза.

Соответственно, согласно Гигиенической классификации условий труда, класс условий труда дробильщика — вредный, 3.1.

4. Определяем КПН за средний рабочий стаж, который принимаем равным 25 годам:

$$КПН_{25} = 2 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \text{ смен} \cdot 25 \text{ лет} \cdot 7 \text{ м}^3 = 86800 \text{ мг}.$$

5. Определяем допустимый стаж работы в данных условиях:

$$T_1 = \frac{КПН_{25}}{K \cdot N \cdot Q}.$$

$$T_1 = \frac{86800 \text{ мг}}{3 \text{ мг/м}^3 \cdot 248 \text{ смен} \cdot 7 \text{ м}^3} = 16,17 \text{ лет}.$$

Таким образом, в данных условиях труда дробильщик может проработать не более 17 лет.

**ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ОБЪЕМА ВОЗДУХА
К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ (КОЭФФИЦИЕНТ К)**

$$V_N = V \cdot K$$

Температура воздуха, °C	Атмосферное давление, мм рт. ст.						
	730	740	750	760	770	780	790
–10	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08
–8	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07
–6	0,98	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06
–4	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,06
–2	0,97	0,98	0,99	1,01	1,02	1,03	1,05
0	0,96	0,97	0,99	1,00	1,01	1,03	1,04
+2	0,95	0,97	0,98	0,99	1,01	1,02	1,03
+4	0,95	0,96	0,97	0,99	1,00	1,01	1,02
+6	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02
+8	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,01
+10	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00
+12	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	1,00
+14	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99
+16	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98
+18	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98
+20	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97
+22	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96
+24	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96
+26	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95
+28	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
+30	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94
+32	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93
+34	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
+36	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92
+38	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91
+40	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	3
Мотивационная характеристика темы	3
Основные термины и определения	5
Химические факторы на производстве.....	7
Факторы, влияющие на биологическое действие вредных веществ в производственных условиях	11
Биологическое действие вредных веществ	14
Принципы гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны	18
Принципы гигиенической оценки содержания вредных веществ на кожных покровах работающих.....	22
Оценка химического фактора при комплексной гигиенической оценке условий труда	23
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.....	26
Основные свойства промышленных аэрозолей.....	30
Биологическое действие производственной пыли	40
Неспецифические заболевания легких и других органов под влиянием производственной пыли	40
Специфические заболевания легких и других органов под влиянием производственной пыли	42
Принципы гигиенической оценки содержания аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны	46
Критерии оценки условий труда при воздействии на работника пыли	47
Система профилактических мероприятий по предупреждению неблагоприятного воздействия вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.....	48
Самоконтроль усвоения темы.....	57
Примеры решения задач	57
Ситуационные задачи.....	65
Список использованной литературы	72
Приложение 1	73
Приложение 2	75
Приложение 3	75
Приложение 4	81
Приложение 5	82
Приложение 6	84
Приложение 7	85
Приложение 8	87