Лекция 3. Вредные вещества и их действие на организм человека и среду

Вредные вещества (ВВ) – это вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и будущих поколений.

Классификация ВВ

1) по агрегатному состоянию:

- аэрозоли (пыли);
- газообразные вещества;
- пары;
- смеси;

2) по характеру воздействия на организм человека:

- общетоксические – вызывающие отравления всего организма (CO, Pb, As и др.);
- раздражающие – раздражение дыхательного тракта (Cl, NOx, O3);
- фиброгенные – раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и осаждение в легких (пыль);
- сенсибилизирующие (аллергены) – растворители, лаки;
- канцерогенные – вызывающие раковые заболевания (Ni, асбест и др.);
- мутагенные – изменение наследственной информации (Pb, Mg, радиоактивные вещества);
- влияющие на детородную (репродуктивную) функцию (Pb, Mg, радиоактив-ные вещества);

Классификация ВВ

3) По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные (3.4 – бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, ртуть, озон, фосген и др.;
- 2-й – вещества высокоопасные (бензол, сероводород, оксиды азота, марганец, медь, хлор и др.);
- 3-й – вещества умеренно опасные (нефть, метанол, ацетон, сернистый ангидрид);
- 4-й – вещества малоопасные (бензин, керосин, метанол, этанол и др.).

Закон Вебера – Фехнера

- согласно закону Вебера – Фехнера (1834 г.) установлено, что при увеличении интенсивности воздействия на человека в геометрической прогрессии (1, 2, 4, 8, 16) интенсивность ощущения увеличивается в арифметической прогрессии (0, 1, 2, 3, 4) – воспринимается не абсолютный, а относительный прирост раздражителя (света, звука, груза, давящего на кожу, и т.п.). Фехнер (1858 г.) математически обработал результаты исследований и сформулировал **«основной психофизический закон»**, по которому сила ощущения p пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя S:

$$\frac{\Delta I}{I} = \text{const}, \quad p - p_0 = k \cdot \log \frac{S}{S_0},$$

где ΔI – изменение интенсивности воздействия, I – величина интенсивности воздействия, S0 — граничное значение интенсивности раздражителя; p0 – граничное значение интенсивности ощущения; k – коэффициент пропорциональности.

Выводы из закона Вебера – Фехнера

1. В диапазоне работы анализатора степень чувствительности определяется относительной величиной – отношением интенсивности к интенсивности на нижнем пороге чувствительности.

2. Чувствительность анализатора возрастает при слабых раздражителях и снижается при действии мощных раздражителей; этим обеспечивается самозащита человека от вредных воздействий.

С помощью закона Вебера – Фехнера производят оценку воздействия вредных факторов на человека.

Химические вредные факторы

Химические вещества в зависимости от их практического ис-пользования классифицируются на:

- **промышленные яды** – используемые в производстве органические растворители (например, дихлорэтан), топливо (например, про-пан, бутан), красители (например, анилин) и др.;

- **ядохимикаты** – используемые в сельском хозяйстве (пестициды и др.);

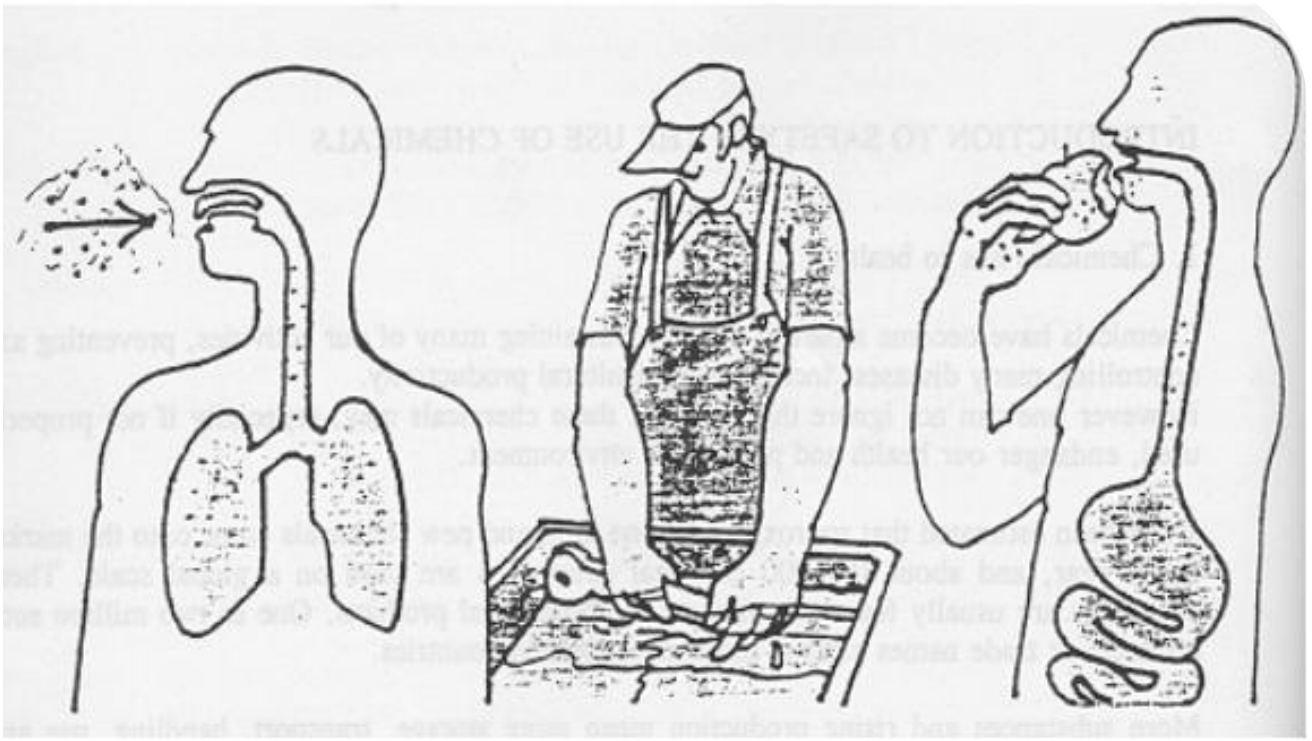
- лекарственные средства;

- **бытовые химикаты** – применяемые в виде пищевых добавок (например, уксус), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.п.;

- **биологические растительные и животные яды**, которые содержатся в растениях, грибах, у животных и насекомых;

- **отравляющие вещества** – зарин, иприт, фосген и др.

Вредные вещества проникают в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожу и слизистые оболочки глаз.



- **По характеру воздействия на человека вредные вещества подразделяются на:**

- **- общетоксические** – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы: центральную нервную систему, кроветворные органы, печень, почки (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути и др.);
- **- раздражающие** – вызывающие раздражение слизистых оболочек, дыхательных путей, глаз, легких, кожи (органические азотокра-сители, диметиламинобензол и др.);
- **- сенсибилизирующие** – действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки и др.);
- **- мутагенные** – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);
- **- канцерогенные** – вызывающие злокачественные опухоли (хром, никель, асбест, бензопирен, ароматические амины и др.);
- **- влияющие на репродуктивную** (детородную) функцию и нормальное развитие плода: вызывающие возникновение врожденных пороков, отклонений от нормального развития детей, (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы, борная кислота и др.).

Пыль

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрон. Пыль представляет собой аэрозоль, т. е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой — воздух.

Пыль подразделяется на **атмосферную и промышленную**. Источниками образования промышленной пыли являются технологические процессы и производственное оборудование, связанное с измельчением (дробление, помол, резание) и поверхностной обработкой материалов (шлифование, полирование, ворсование и т.п.), транспортировкой, перемещением и упаковкой измельченных материалов и т.д.

Наибольшее значение при ее воздействии на здоровье человека имеют следующие **физико-химические свойства пыли**.

Химический состав — в зависимости от него пыль может оказать соответствующее из указанных видов воздействия. Первостепенное значение для развития пылевых заболеваний легких имеет минералогический состав пыли, особенно содержание в пыли диоксида кремния.

Растворимость пыли имеет определенное гигиеническое значение. Некоторые (нетоксичные) пыли, быстро растворяясь, например сахарная, не оказывают вредного действия и, наоборот, растворимость токсических пылей способствует быстрому развитию отравлений.

Дисперсность пыли. Как система, состоящая из частиц, взвешенных в газе, аэрозоли характеризуются степенью дисперсности, т. е. размером частиц дисперсной фазы. Дисперсность производственной пыли имеет большое гигиеническое значение, т. к. от размера пылевых частиц, их удельного веса и формы зависит длительность пребывания пыли в воздухе и характер воздействия на органы дыхания.

В зависимости **от дисперсности различают** видимую пыль размером более 10 мкм, микроскопическую — размером от 0,25 до 10 мкм, ультрамикроскопическую — менее 0,25 мкм.

Дисперсность аэрозолей определяет скорость оседания частиц во внешней среде. От степени дисперсности зависит общий процент задержки пылевых частиц в органах дыхания, а также уровень, на котором они оседают в дыхательных путях.

В легкие при дыхании проникает пыль размером **от 0,2 до 5 мкм**. Более крупные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях.

По мере уменьшения размеров частиц возрастает степень задержки их в глубоких отделах легких. Выведение пыли также зависит от размеров частиц. Крупные частицы удаляются из организма под влиянием мерцательных движений ресничек и слизи.

Дисперсность частиц имеет значение не только для элиминации пыли из легких. От величины частиц зависит степень фиброгенного действия пыли. С повышением дисперсности степень биологической агрессивности пыли увеличивается до определенного предела, а затем уменьшается.

Форма пылинок влияет на поведение в воздухе, при этом частицы неправильной формы (аэрозоли дезинтеграции) способны более длительное время сохраняться в воздухе.

Электрозаряженность пыли. Одним из важнейших свойств аэрозоля является наличие на частицах дисперсной фазы электрических зарядов. Пылевые частицы, поступающие в воздушную среду при различных технологических процессах, несут на себе электрический заряд. Заряд пыли может быть различным и в значительной мере зависит от химической природы вещества. Отрицательными зарядами отличаются металлическая пыль и основные окислы, положительными зарядами — неметаллическая пыль и кислотные окислы. 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.

Пыль может быть **носителем микробов, грибов, клещей, яиц гельминтов.** Описаны легочные формы сибирской язвы у рабочих, вдыхающих пыль шерсти.

В подготовительных цехах льнопрядильных фабрик обнаружено в 1 м2 воздуха около 37.000 бактерий и 10.000 грибков.

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 месторождения, дочерние радионуклиды урана и тория вместе с рудничной пылью образуют естественные радиоактивные аэрозоли размером 0,0001-10 мкм.

Искусственные радиоактивные аэрозоли образуются в результате ядерных взрывов, при технологических или аварийных выбросах предприятий атомной промышленности.

По происхождению пыль подразделяют на три основных подгруппы:

1. **Органическая:**

- естественная (растительного происхождения – древесная, хлопко-вая, и животного – костяная, шерстяная);

- искусственная (пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических веществ).

2. **Неорганическая:**

- металлическая (стальная, медная, свинцовая);

- минеральная (песчаная, известковая, цементная).

3. **Смешанная.**

По дисперсности пыль подразделяют на три группы:

1) видимая (размеры частиц более 10 мкм);

2) микроскопическая (0,25-10 мкм);

3) ультрамикроскопическая (менее 0,25 мкм).

В зависимости от состава пыль может оказывать на организм:

1. Фиброгенное действие – в легких происходит разрастание соеди-нительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа (кварцевая, породная).
2. Раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожу (известковая, стекловолокна).
3. Токсическое действие – ядовитые пыли, растворяясь в биологиче-ских средах организма, вызывают отравления (свинцовая, мышьякови-стая).
4. Аллергическое действие (шерстяная, синтетическая).
5. Биологическое действие (микроорганизмы, споры).
6. Канцерогенное действие (сажа, асбест).
7. Ионизирующее действие (пыль урана, радия).

Пылевые заболевания легких

Пылевые профессиональные заболевания легких — один из самых тяжелых и распространенных во всем мире видов профессиональных заболеваний, борьба с которыми имеет большое социальное значение.

Основными профессиональными заболеваниями являются пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей.

- К числу крайне редких пылевых заболеваний относятся новообразования органов дыхания.
- **Пневмокониоз** — хроническое профессиональное пылевое заболевание легких, характеризующееся развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного действия фиброгенных производственных аэрозолей
- **Силикоз** — наиболее тяжелая форма пневмокониоза. Эта форма пневмокониоза является наиболее распространенной среди шахтеров угольных шахт, встречается также у рабочих горнорудной промышленности, особенно у бурильщиков, крепильщиков. Известные заболевания силикозом в керамическом, гончарном, слюдяном производствах, при шлифовке на песчаниковых камнях и других работах, и др

Пылевые заболевания легких

Среди **металлокониозов** следует отметить **бериллиоз** (пневмокониоз от вдыхания пыли бериллия и его соединений), отличающийся особой агрессивностью, и манганокониоз (марганцевый пневмокониоз). **Манганокониоз** развивается при вдыхании аэрозолей дезинтеграции и конденсации марганца и его соединений. Окислы и соли марганца встречаются при добыче марганцевых руд, выплавке высококачественных сталей и сплавов, при дуговой сварке, сварке под флюсом и др.

Первые признаки манганокониоза появляются через 4-5 лет работы. Манганокониоз в отличие от бериллиоза сопровождается доброкачественным течением, но сочетается с хроническим отравлением марганца, проявляющимся в преимущественном поражении нервной системы.

Производственная пыль может приводить к развитию **профессиональных бронхитов, пневмоний, астматических ринитов и бронхиальной астмы**. Некоторая часть пыли оседает на слизистой носа, бронхов. В зависимости от природы и концентрации в воздухе она вызывает различную реакцию слизистой носа. Развиваются гипертрофические и атрофические риниты. Соединения хрома и сернокислый никель вызывают язвенно-некротические поражения слизистой и даже прободение носовой перегородки.

Пылевые заболевания легких

Пыль может оказывать влияние на орган зрения, приводить к воспалительным процессам в конъюнктиве (конъюнктивиты). Описаны случаи конъюнктивитов и кератитов у рабочих, контактирующих с пылью мышьякосодержащих соединений, анилиновых красок и акрихина.

Пыль тринитротолуола при длительном воздействии, оседая в хрусталике, вызывает развитие профессиональной катаракты. У рабочих, имеющих длительный контакт с пылью сернистых и бромистых солей серебра, наблюдается профессиональный аргироз конъюнктивы и роговицы в результате отложения в тканях восстановленного серебра.

Загрязняя кожные покровы, пыль различного состава может оказывать раздражающее, сенсибилизирующее и фотодинамическое действие.

Пыль мышьяка, извести, карбида кальция, суперфосфата действует раздражающе на кожные покровы, вызывая дерматиты. Длительный контакт с аэрозолями СОЖ (продуктами нефтяных и минеральных масел) вызывает развитие масляных фолликулов. Действие на кожу производственных аллергенов — пыли синтетических клеев, эпоксидных смол, капрона, нейлона и других полимерных материалов, а также пыли хрома, меди, никеля, кобальта приводит к развитию профдерматозов (дерматитов и экзем).

Обеспыливающее оборудование

Важным показателем работы обеспыливающего оборудования является степень очистки воздуха:

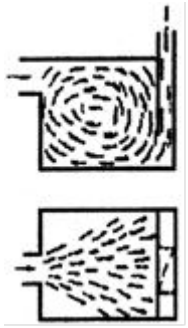
$$K_{оч} = \frac{V_1 m_1 - V_2 m_2}{V_1 m_1} \cdot 100\%$$

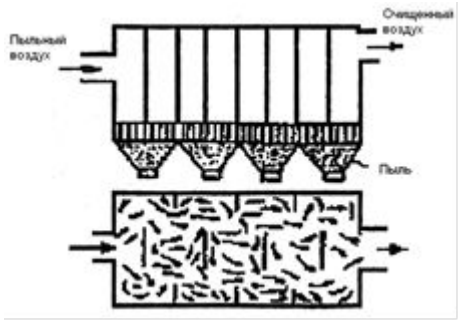
где m1 и m2 – содержание пыли в воздухе соответственно до и после очистки, мг/м3; V1 и V2 – объем воздуха соответственно до и после очистки, м3.

Очистка воздуха от пыли может быть грубой (задерживается крупная пыль – размеры частиц более 100 мкм), средней (задерживается пыль с размером частиц менее 100 мкм, а ее конечное содержание не должно быть более 100 мг/м3) и тонкой (задерживается мелкая пыль (до 10 мкм) с конечным содержанием в воздухе приточных и рециркуляционных систем до 1 мг/м3).

Обеспыливающее оборудование

Обеспыливающее оборудование подразделяется на **пылеуловители и фильтры**. К пылеуловителям относятся пылеосадочные камеры, одиночные и батарейные циклоны, инерционные и ротационные пылеуловители. Фильтры в зависимости от принципа действия классифицируют на электрические, ультразвуковые, масляные, матерчатые, рукавные и др.





Пылеуловительные камеры:
а – простая; б – лабиринтная

Обеспыливающее оборудование

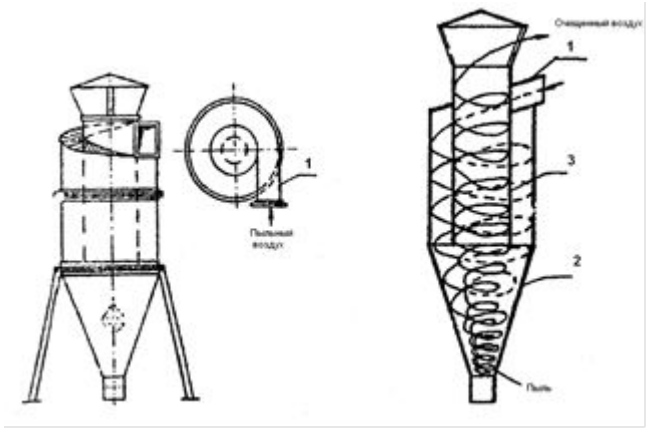
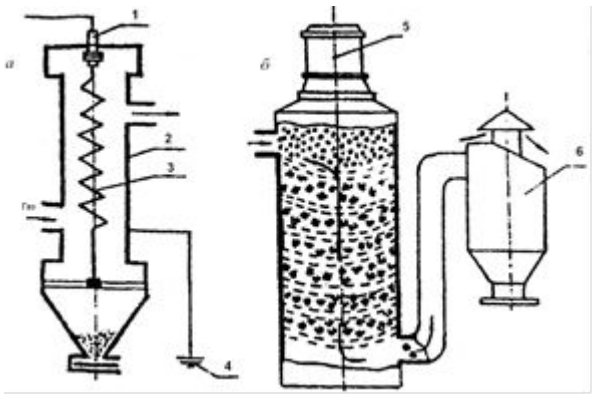


Схема циклона: 1 – входной патрубок; 2 – дно конической части; 3 – центробежная труба



Электрический (а) и ультразвуковой (б) фильтры: 1 – изолятор; 2 – стенка фильтра; 3 – коронирующий электрод; 4 – заземление; 5 – генератор ультразвука; 6 – циклон

Весовой метод

- Весовой метод является наиболее гигиенически обоснованным методом оценки запыленности воздуха рабочей зоны. Он положен в основу действующей системы стандартов безопасности труда (ССБТ) как стандартный. Сущность метода заключается в том, что определенный объем запыленного воздуха пропускают через высокоэффективный фильтр и по увеличению массы и объему профильтрованного воздуха рассчитывают массовую концентрацию пыли:

$$c = \frac{G_2 - G_1}{V_0} = \frac{G_n}{V_0} \qquad V_0 = \frac{V \cdot 273 \cdot P}{(273+T) \cdot P_0} = \frac{V \cdot 273 \cdot B}{(273+T) \cdot B_0}$$

- где с – массовая концентрация пыли, мг/м3; Gn – масса пыли, осевшей на фильтре, мг; V0 – объем профильтрованного воздуха, приведенного к нормальным условиям V – объем воздуха, пропущенного через фильтр при температуре T и давлении B, м3.

Счетный метод

В ряде отраслей промышленности предъявляются повышенные требования к чистоте воздушной среды, например для изготовления радио-электронной аппаратуры, кинофотоматериалов, медицинских препаратов и т.п. Сущность его заключается в предварительном выделении пыли из воздуха и осаждении ее на предметных стеклах с последующим подсчетом числа частиц с помощью микроскопа. Разделив определенное счетом число частиц на объем воздуха, из которого они осаждены, получают счетную концентрацию пыли (частиц/л):

$$C = \frac{N}{V} = \frac{K_n n_{cp} F}{V} = \frac{K_n n_{cp} \pi r^2}{V} = \frac{K_n n_{cp}}{h}$$

где Кп – количество полей зрения (клеток сетки) в 1 см2 окуляра микро-скопа; ncp – среднее количество пылинок в одном поле зрения, опреде-ленное на основе подсчета в пяти различных клетках; F – площадь осно-вания емкости, из которой осаждены пылинки, см2; V, h – объем и высота этой емкости соответственно, см3 и см.

Особенности воздействия производственных ядов

Патологические процессы, развивающиеся при воздействии производственных ядов на организм, могут рассматриваться как проявление дезорганизации его функционального и структурного состояния, необходимого для нормальной жизнедеятельности. Характер и степень выраженности таких изменений при действии яда обусловлены его концентрацией (дозой), временем действия и периодом элиминации (выведения) из организма.

Для действия некоторых промышленных ядов характерно поражение функций центральной и периферической нервной системы, проявляющееся нейроинтоксикациями или нейротоксикозами.

Особенности воздействия производственных ядов

Изменения крови при действии промышленных ядов можно условно разделить на **общие гематологические реакции и специфические изменения.**

Поражения органов дыхания преимущественно возникают при остром ингаляционном воздействии токсических веществ раздражающего действия. При этом возможно развитие нескольких основных клинических синдромов: острый токсический ларингофаринготрахеит; острый токсический бронхит, характеризующийся диффузным поражением бронхов крупного и среднего калибра; острый токсический бронхиолит — поражение мелких бронхов и бронхиол; острый токсический отек легких; острая токсическая пневмония. При хронических поражениях органов дыхания возможно развитие не только токсического бронхита, но и токсического пневмосклероза.

Условия и факторы, влияющие на характер токсического действия

Токсичность — это мера несовместимости вредного вещества с жизнью. Степень токсического эффекта зависит от биологических особенностей вида, пола, возраста и индивидуальной чувствительности организма; строения и физико-химических свойств яда; количества попавшего в организм вещества; факторов внешней среды (температура, внешнее давление и др.).

Комбинированное действие вредных веществ — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают несколько видов комбинированного действия ядов.

1.Аддитивное действие — феномен суммированных эффектов, индуцированных комбинированным воздействием. При этом суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов.

2.Потенцированное действие (сипергизм) — усиление эффекта, действие больше, чем суммация.

3.Антагонистическое действие — эффект комбинированного воздействия, менее ожидаемого при простой суммации.

4.Независимое действие — комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества.

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), указанных в таблицах ГОСТа 12.1.005—88. Стандарт устанавливает ПДК на 1307 наименований вредных веществ, при этом указывается их агрегатное состояние (а, п), класс опасности (I, II, III, IV) и направленность действия (аллергическая, фиброгенная, остро направленная, канцерогенная).

Для населенных пунктов санитарные нормы ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе устанавливаются значительно меньшими по сравнению с ПДК для воздуха рабочей зоны производственных помещений.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия суммы отношений фактических концентраций каждого из них в воздухе помещений (С1, С2,..., Сn) к их ПДК не должна превышать единицы.

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \ldots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Меры профилактики пылевых заболеваний

Эффективная профилактика профессиональных пылевых болезней предполагает:

-гигиеническое нормирование,
-технологические мероприятия,
-санитарно-гигиенические мероприятия,
-индивидуальные средства защиты
-лечебно-профилактические мероприятия.

Гигиеническое нормирование. Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование. Соблюдение установленных предельно допустимых концентраций – основное требование при проведении предупредительного и текущего санитарного надзора.

Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляют лаборатории центров санэпиднадзора, заводские сани-тарно-химические лаборатории. На администрацию предприятий возложена ответственность за поддержание условий, препятствующих повышению ПДК пыли в воздушной среде.

Технологические мероприятия.

Устранение образования пыли на рабочих местах путем изменения технологии производства – основной путь профилактики пылевых заболеваний. Внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, устраняющих ручной труд, дистанционное управление значительно облегчают и улучшают условия труда. Широкое применение автоматических видов сварки с дистанционным управлением, роботов-манипуляторов на операциях загрузки, пересыпки, упаковки сыпучих материалов уменьшает контакт рабочих с источниками пылевыделения.

Предотвращению запыленности воздуха способствуют следующие мероприятия: герметизация оборудования, мест размола, транспортировки; выделение агрегатов, запыляющих рабочую зону, в изолированные помещения с устройством дистанционного управления.

Санитарно-технические мероприятия.

Мероприятия санитарно-технического характера играют большую роль в предупреждении заболеваний, например, укрытие пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытия. Герметизация и укрытие оборудования сплошными пыленепроницаемыми кожухами с эффективной аспирацией – это рациональное средство предупреждения пылевыделения в воздух рабочей зоны. Удаление пыли должно происходить непосредственно из мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается. В ряде случаев вентиляцию создают в комплексе с технологическими мероприятиями.

Индивидуальные средства защиты.

Если мероприятия по снижению концентрации пыли не приводят к уменьшению пыли в рабочей зоне до допустимых пределов, применяют индивидуальные средства защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. То или иное средство защиты органов дыхания выбирают в зависимости от вида вредных веществ, их концентрации. Органы дыхания защищают фильтрующими и изолирующими приборами. При контакте с порошкообразными материалами, неблагоприятно воздействующими на кожу, используют защитные пасты и мази.

. Из спецодежды применяются пылезащитные комбинезоны: женский и мужской со шлемами для выполнения работ, связанных с большим образованием нетоксической пыли, костюмы – мужской и женский со шлемами, а также скафандр автономный для защиты от пыли, газов и низкой температуры.

Лечебно-профилактические мероприятия.

В системе оздоровительных мероприятий важен медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. В соответствии с действующими правилами обязательным является проведение предвари-тельных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров.

Основная задача периодических осмотров – своевременное выявление ранних стадий заболевания и предупреждение развития пневмокониоза, определение профпригодности и проведение эффективных лечебно-профилактических мероприятий.