

**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 (СО, Рb, As и др.);
- раздражающие – раздражение дыхательного тракта (Сl, 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, радиоактивные 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  $\Delta I$  – изменение интенсивности воздействия,  $I$  – величина интенсивности воздействия,  $S_0$  — граничное значение интенсивности раздражителя;  $p_0$  – 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.

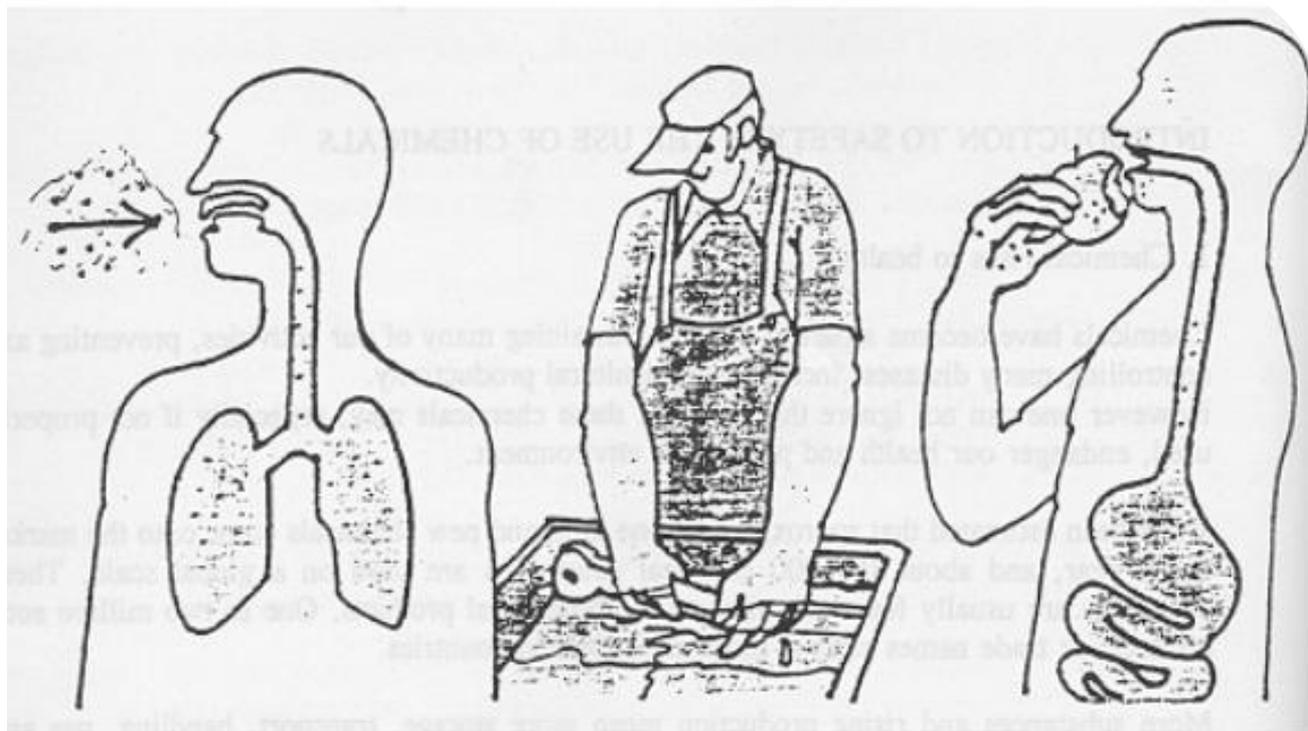
С помощью закона Вебера – Фехнера производят оценку воздействия вредных факторов на человека.

## Химические вредные факторы

Химические вещества в зависимости от их практического использования классифицируются на:

- **промышленные яды** – используемые в производстве органические растворители (например, дихлорэтан), топливо (например, пропан, 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, кровеносные 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 азотокрасители, диметиламинобензол и др.);
- - **сенсibiliзирующие** – 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 м<sup>2</sup> 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 соединительной 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 биологических средах организма, вызывают отравления (свинцовая, мышьяковистая).
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 серноокислый 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, сенсibiliзирующее 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:

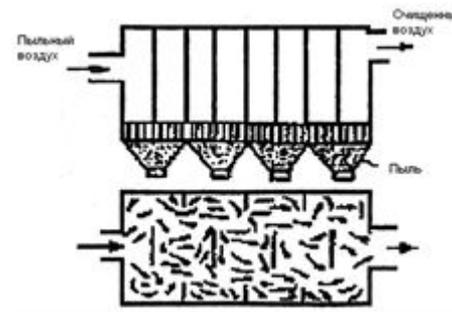
$$K_{оч} = \frac{V_1 m_1 - V_2 m_2}{V_1 m_1} \cdot 100\%$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – содержание пыли в воздухе соответственно до и после очистки, мг/м<sup>3</sup>;  $V_1$  и  $V_2$  – объем воздуха соответственно до и после очистки, м<sup>3</sup>.

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/м<sup>3</sup>) и тонкой (задерживается мелкая пыль (до 10 мкм) с конечным содержанием в воздухе приточных и рециркуляционных систем до 1 мг/м<sup>3</sup>).

# 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

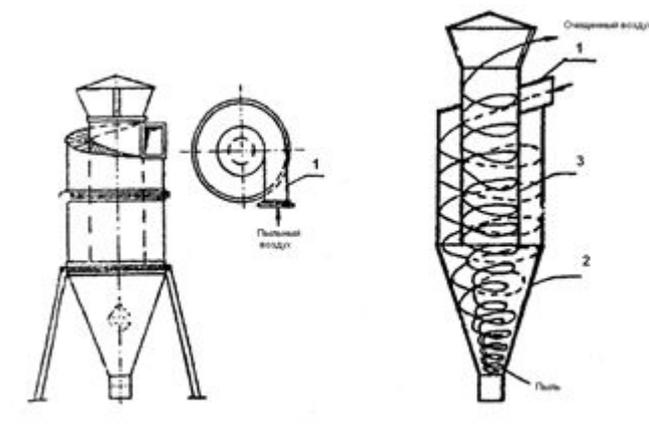
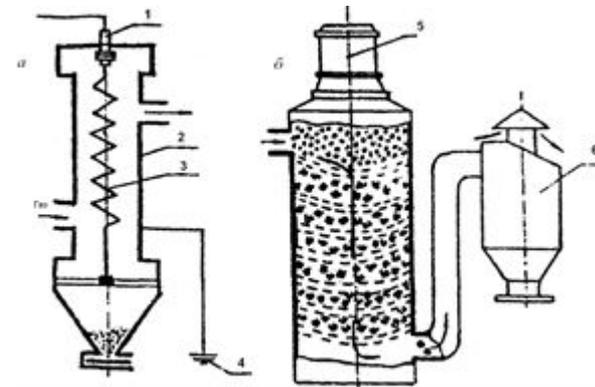


Схема циклона: 1 – входной патрубок; 2 – дно конической части; 3 – центробежная труба



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:

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

- где  $c$  – массовая концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>;  $G_n$  – масса пыли, осевшей на фильтре, мг;  $V_0$  – объем профильтрованного воздуха, приведенного к нормальным условиям  $V$  – объем воздуха, пропущенного через фильтр при температуре  $T$  и давлении  $B$ , м<sup>3</sup>.

## 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 осажжены, получают счетную концентрацию пыли (частиц/л):

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

где  $K_p$  – количество полей зрения (клеток сетки) в 1 см<sup>2</sup> окуляра микро-скопа;  $n_{cp}$  – среднее количество пылинок в одном поле зрения, определенное на основе подсчета в пяти различных клетках;  $F$  – площадь основания емкости, из которой осажжены пылинки, см<sup>2</sup>;  $V$ ,  $h$  – объем и высота этой емкости соответственно, см<sup>3</sup> 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 ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) к их ПДК не должна превышать единицы.

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

## 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 санитарно-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, роботоманипуляторов на операциях загрузки, пересыпки, упаковки сыпучих материалов уменьшает контакт рабочих с источниками пылевыведения.

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 пылевыведения 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 предварительных (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.