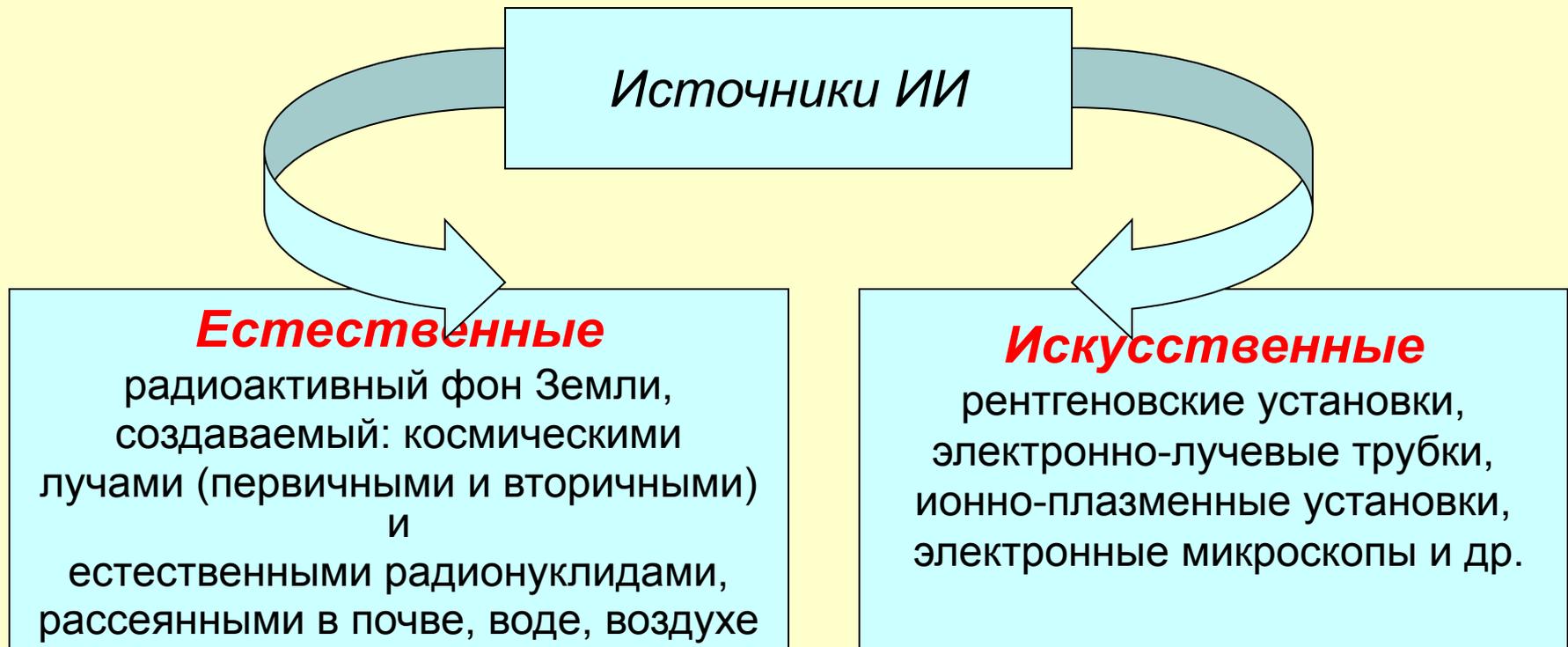


Тема 9. Защита от ионизирующих излучений

Ионизирующими называют **излучения**,

взаимодействие которых с ОС приводит к ее *ионизации*, т.е. образованию электрических зарядов противоположных знаков



Основные виды излучения

1. Корпускулярное излучение

– излучение, состоящее из частиц с массой покоя отличной от нуля

- ***α -излучение*** – поток ядер гелия, испускаемых веществом при распаде ядер или при ядерных реакциях
- ***β -излучение*** – поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде
- ***нейтронное излучение*** – поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда
 - *медленные нейтроны* (с энергией менее 1 кэВ)
 - *нейтроны промежуточных энергий* (от 1 до 500 кэВ)
 - *быстрые нейтроны* (от 500 кэВ до 20 МэВ)
 - *релятивистские (сверхбыстрые)* (свыше 20 МэВ)

Основные виды излучения

2. Фотонное излучение

– поток квантов энергии, распространяющихся со скоростью света

- ***γ-излучение*** – практически не имеет массы и заряда, испускается при ядерных превращениях радионуклидов или аннигиляции частиц, могут возникать и при α - и при β - распаде
- ***рентгеновское излучение (х-лучи)*** – совокупность тормозного и характеристического излучения с $\lambda = 10^{-7}$ – 10^{-14} мкм и энергией от 1 кэВ до 1 МэВ, возникает при бомбардировке вещества потоком электронов; м. б. получено в специальных рентгеновских трубках, в ускорителях электронов, электронных микроскопах, мощных генераторах, выпрямительных лампах, ЭЛТ, а также в среде, окружающей источник β -излучения
 - *Тормозное рентгеновское излучение* – ЭМИ с непрерывным спектром, возникающее при торможении веществом быстрых электронов и изменении в этой связи кинетической энергии заряженных частиц
 - *Характеристическое излучение* – ЭМИ с дискретным спектром, возникающее при дискретном изменении энергетического состояния атома

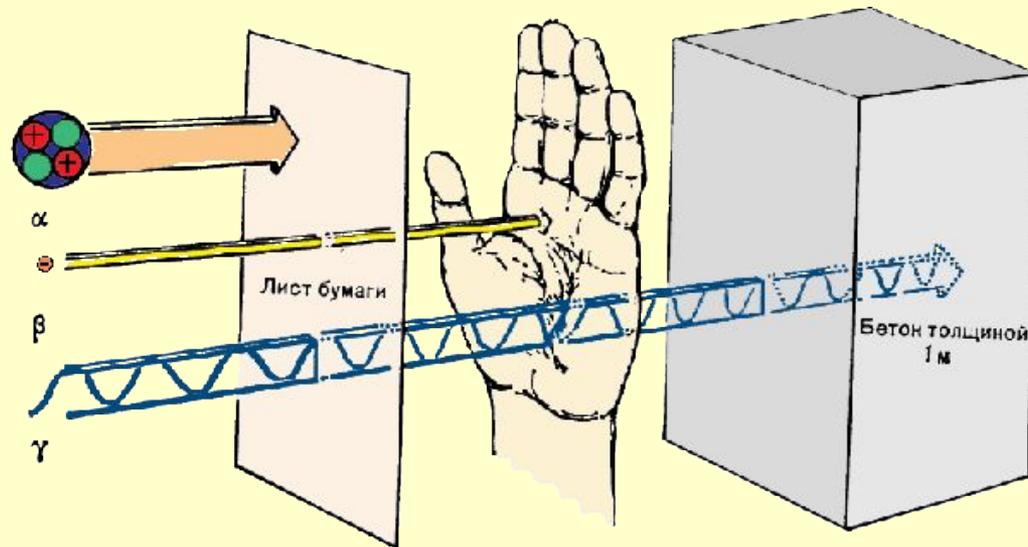
Различают:

- длинноволновое (мягкое) рентгеновское излучение с $\lambda > 25$ пм
- коротковолновое (жесткое) – с $\lambda \leq 25$ пм

Характеристики ИИ

1. *Проникающая способность* – способность излучения проникать через вещество

Проникающая способность для корпускулярного излучения характеризуется *длиной пробега частицы в среде (путь) l* – толщиной материала, необходимого для полного поглощения потока ионизирующих частиц



Ослабление потока фотонного излучения в веществе подчиняется экспоненциальному закону и характеризуется *коэффициентом ослабления μ*

Характеристики ИИ

2. *Ионизирующая способность* – способность образовывать заряд. При высокой проникающей способности имеет место низкая ионизирующая способность, и наоборот

3. *Активность радиоактивного вещества (A)* – число радиоактивных превращений N в этом веществе за время t
$$A = N / t \quad \text{Бк (Ки; 1 Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{Бк)}$$

4. *Период полураспада ($T_{1/2}$)* – время, в течение которого активность уменьшается вдвое

$$T_{1/2} = t \cdot \ln 2,$$

где t – среднее время жизни атомов радиоактивного вещества

5. *Плотность потока энергии* – отношение энергии частиц или фотонов ИИ, проникающих за промежуток времени t в объем элементарной среды к площади поперечного сечения S

$$q = E / (S \cdot t), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Характеристики ИИ

6. *Доза излучения* – энергия, переданная излучением единице массы среды

Экспозиционная доза:

$$X = d\theta / dm, \text{ Кл/кг (Р – рентген; } 1\text{Кл/кг}=3,88 \cdot 10^3\text{Р)}$$

где $d\theta$ – полный заряд ионов одного знака в элементарном объеме;
 dm – масса воздуха в этом объеме

Мощность экспозиционной дозы:

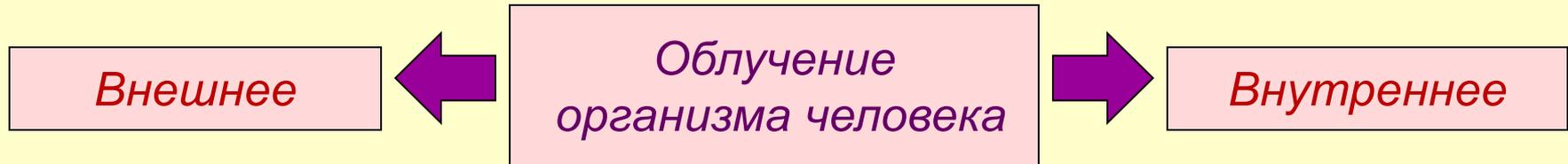
$$P_x = dX / dt, \text{ А/кг (Р/с; } 1\text{А/кг}=\text{Кл}/(\text{кг} \cdot \text{с})=3,88 \cdot 10^3\text{Р/с)}$$

7. Для корпускулярного излучения – *линейная передача энергии заряженных частиц (ЛПЭ)* в среде определяется как полная энергия, теряемая частицей в среде при соударениях на пути dl

$$L = dE / dl, \text{ Дж/м (кэВ/мкм)}$$

где dE – энергия, теряемая частицей в среде при соударении
 dl – малый отрезок

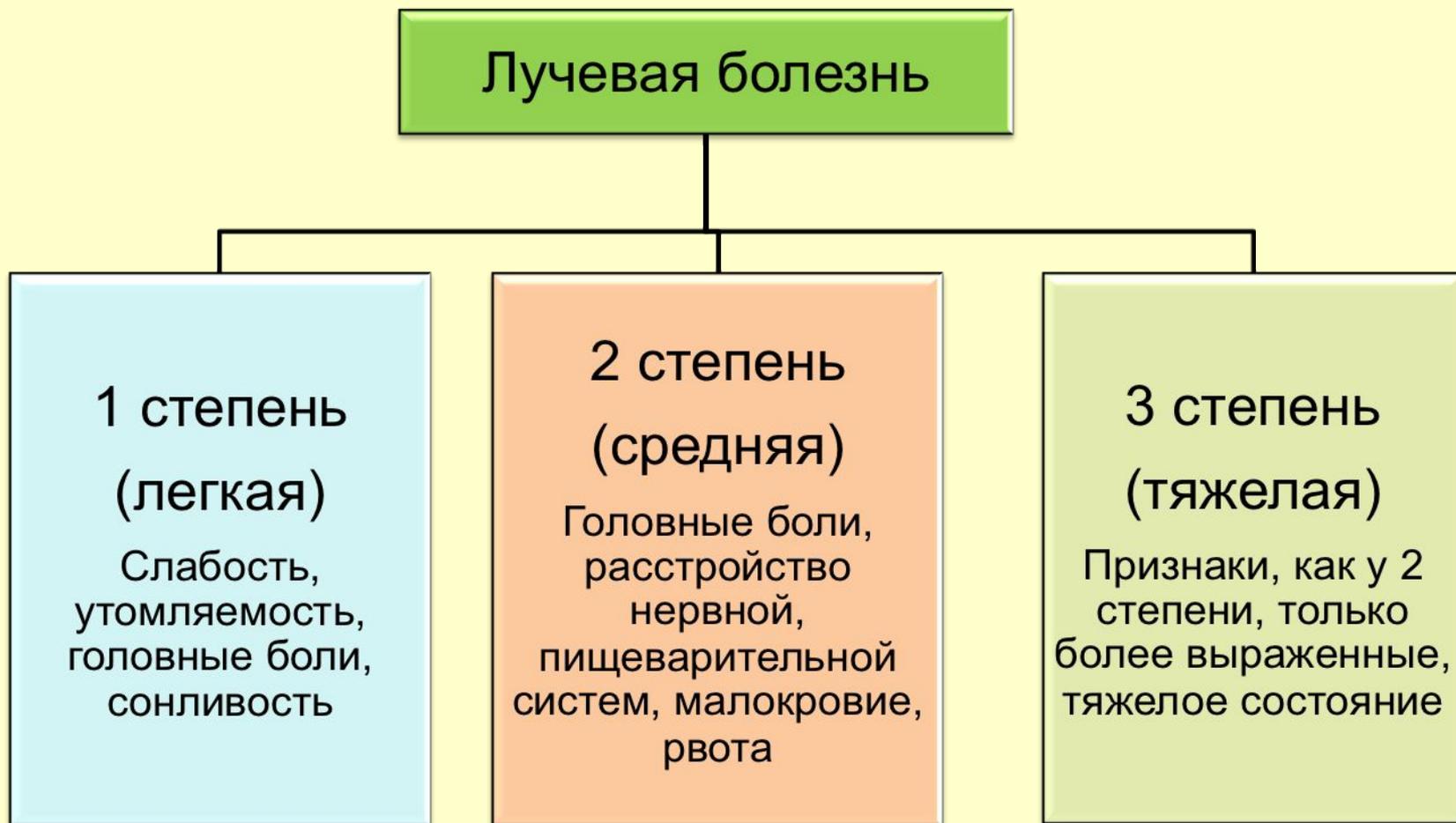
Воздействие ИИ на организм человека



Заболевания, вызванные радиацией могут быть:

- *острые* – большие дозы за малое время (часы, дни) (лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, смерть, острая лучевая болезнь)
- *хронические* – систематическое облучение малыми дозами, превышающими ПДД, в течение длительного времени (годы) (лейкемия, опухоли, генетические болезни, хроническая лучевая болезнь)
 - *общее*
 - *местное*

Воздействие ИИ на организм человека



Факторы, определяющие степень поражения

1. Поглощенная доза D , Грей (Гр) – средняя энергия (Дж), переданная ИИ веществу в некотором элементарном объеме, деленная на массу (кг)

вещества в этом объеме (1 Гр = 100 рад = 1 Дж/кг)

$$D = dE / dm \quad \text{Гр}$$

Мощность поглощенной дозы – поглощенная доза, отнесенная к единице времени

$$P_D = dD / dt \quad \text{Гр/с (Рад/с)}$$

2. Вид излучения

Эквивалентная доза H_T , Зиверт (Зв) – сумма произведений поглощенной дозы, созданной в данном органе или ткани T излучением R , на взвешивающий коэффициент w_R для данного вида излучения R

(1 Зв = 100 бэр)

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{R,T}$$

w_R – характеризует зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека от способности ИИ различного вида передавать энергию облучаемой среде

Мощность эквивалентной дозы: $P_H = dH / dt \quad \text{Зв/с (бэр/с)}$

Факторы, определяющие степень поражения ИИ

3. облучаемая поверхность (участок тела)

Эффективная доза $E_{эф}$, Зв – сумма по всем органам (тканям) T умноженная на эквивалентную дозу:

$$E_{эф} \text{ (Зв)} = \sum_T w_T H_T$$

w_T – взвешивающий коэффициент для различных органов и тканей T

$$\left(\sum w_T \right) = 1$$

Мощность эффективной дозы: $PE = dE_{эф} / dt$, Зв/с (бэр/год)

4. время воздействия t , ч

5. индивидуальная чувствительность организма

Меры защиты от ионизирующего излучения

Нормирование

Установлены *3 категории облучаемых лиц* (СанПиН 2.6.1.2523-09
Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)):

- А** – персонал (лица, непосредственно работающие с источниками ИИ)
- Б** – персонал (лица, которые не работают непосредственно с источниками ИИ, но по условиям рабочих мест или проживания могут подвергаться воздействиям)
- В** – все население (включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности)

Меры защиты от ионизирующего излучения

Нормирование

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются *3 класса нормативов*:

- *основные пределы доз (ПД)* (см. табл.)
- *допустимые уровни*
- *рабочие контрольные уровни*

Нормированные величины	Основные дозовые пределы	
	Категория А	Категория В
Эффективная доза, $E_{эф}$	20 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв/год	1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв/год
Эквивалентная доза, H_T : в хрусталике в коже, кистях, стопах	150 мЗв/год 500 мЗв/год	15 мЗв/год 50 мЗв/год

Предел допустимой дозы - это такой годовой уровень облучения персонала, который при равномерном накоплении в течение 50 лет не оказывает вредных последствий на организм человека и его потомство

Меры защиты от ионизирующего излучения

Организационные меры защиты

Классификация радиационных объектов по потенциальной опасности
(СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010))

I категория – радиационные объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население

II категория – объекты, радиационное воздействие которых при аварии ограничивается территорией СЗЗ

III категория – объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта

IV категории – объекты, радиационное воздействие при аварии на которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения

Меры защиты от ионизирующего излучения

Организационные меры защиты

СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)

Радионуклиды как потенциальные источники внутреннего облучения разделяются на **4 группы радиационной опасности радионуклидов** в зависимости от минимально значимой активности (МЗА):

группа А - радионуклиды с МЗА 10^3 Бк;

группа Б - радионуклиды с МЗА $10(4)$ и $10(5)$ Бк;

группа В - радионуклиды с МЗА $10(6)$ и $10(7)$ Бк;

группа Г - радионуклиды с МЗА $10(8)$ Бк и более

Меры защиты от ионизирующего излучения

Организационные меры защиты

3 класса работ с радиоактивными веществами (ОСПОРБ 99/2010):

Работа в I классе (самые опасные) - в отдельных зданиях с отдельным входом через санпропускник

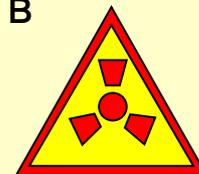
Работы с источниками II-го класса - в отдельном, специально оборудованном помещении, расположенном изолировано от др. помещений (отдельный отсек или крыло здания, специально оборудованный вход)

Работы с источниками III-го класса могут проводиться в общем помещении, удовлетворяющем требованиям, предъявляемым к химическим лабораториям

Меры защиты от ионизирующего излучения

Организационные меры защиты

- к работе с источниками ИИ (персонал группы А) допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний
- предварительные и периодические медицинские осмотры
- обучение, инструктаж и проверка знаний правил безопасного ведения работ на данном участке и действующих в организации правил и инструкций
- эксплуатирующая организация обеспечивает сохранность источников излучения (регистрация, ежегодная инвентаризация)
- радиоактивные вещества, не находящиеся в работе, хранятся в специально отведенных местах или в хранилищах доступ посторонним в которые запрещен (должны иметь знак радиационной опасности)
- своевременное списание и сдача на переработку и захоронение
- транспортировка осуществляется на специальных транспортных средствах в контейнерах



Меры защиты от ионизирующего излучения

Технические меры защиты

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- уменьшение мощности источника (защита количеством);
- увеличение расстояния от источника до работающего (защита расстоянием);
- уменьшение времени работы с источником (защита временем);
- экранирование источников (защита экранами)

Общие меры:

- механизация,
- автоматизация,
- дистанционное управление,
- защитное экранирование,
- герметизация источников

Меры защиты от ионизирующего излучения



Меры защиты от ионизирующего излучения

Средства индивидуальной защиты

Зависят от вида излучения:

- Корпускулярное: защита органов дыхания, поверхности кожи;
- Фотонное: защита критических органов

Спецодежда – халаты, комбинезоны, куртки, брюки, нарукавники

Для защиты рук – перчатки

Для защиты органов дыхания – респираторы

Для глаз – очки со стеклами, содержащими фосфат вольфрама или свинец



Меры защиты от ионизирующего излучения

Средства индивидуальной защиты

Для защиты ног – ботинки с верхом из лавсановой ткани с водоупорной пропиткой, резиновые боты, калоши, бахилы

Соблюдение мер личной гигиены:

Тщательная очистка кожных покровов (теплая вода с мылом, специальные препараты «Деконтамин», «Паста 11б») после работ, проведение дозиметрического контроля загрязненной спецодежды, спецобуви, кожи



Тема 10. Защита от вредных веществ

Загрязнение воздуха в металлургических цехах

Аэрогель – осевшая пыль

Аэрозоль – твердые или жидкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе

пыль – аэрозоль дезинтеграции с твердой фазой - образуется при дроблении, размоле, перегрузках материалов, смешении и транспортировке

дым – аэрозоль конденсации с твердой фазой – образуется при возгонке, обжиге, выпуске металла

туман – аэрозоль конденсации с жидкой фазой – образуются при нагревании малолетучих жидкостей

Загрязнители воздушной среды

- по агрегатному состоянию
- по химическому составу
- по происхождению (неорганические, органические)
- по размеру частиц:
 - видимая пыль (>10 мкм)
 - микроскопическая ($0,25-10$ мкм)
 - ультрамикроскопическая ($<0,25$ мкм)

Вредными являются **вещества**, которые при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности могут вызывать производственные травмы, проф. заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

Пути проникновения ВВ в организм человека:

- дыхательные пути
- желудочно-кишечный тракт
- неповрежденные кожные покровы
- слизистые оболочки глаз

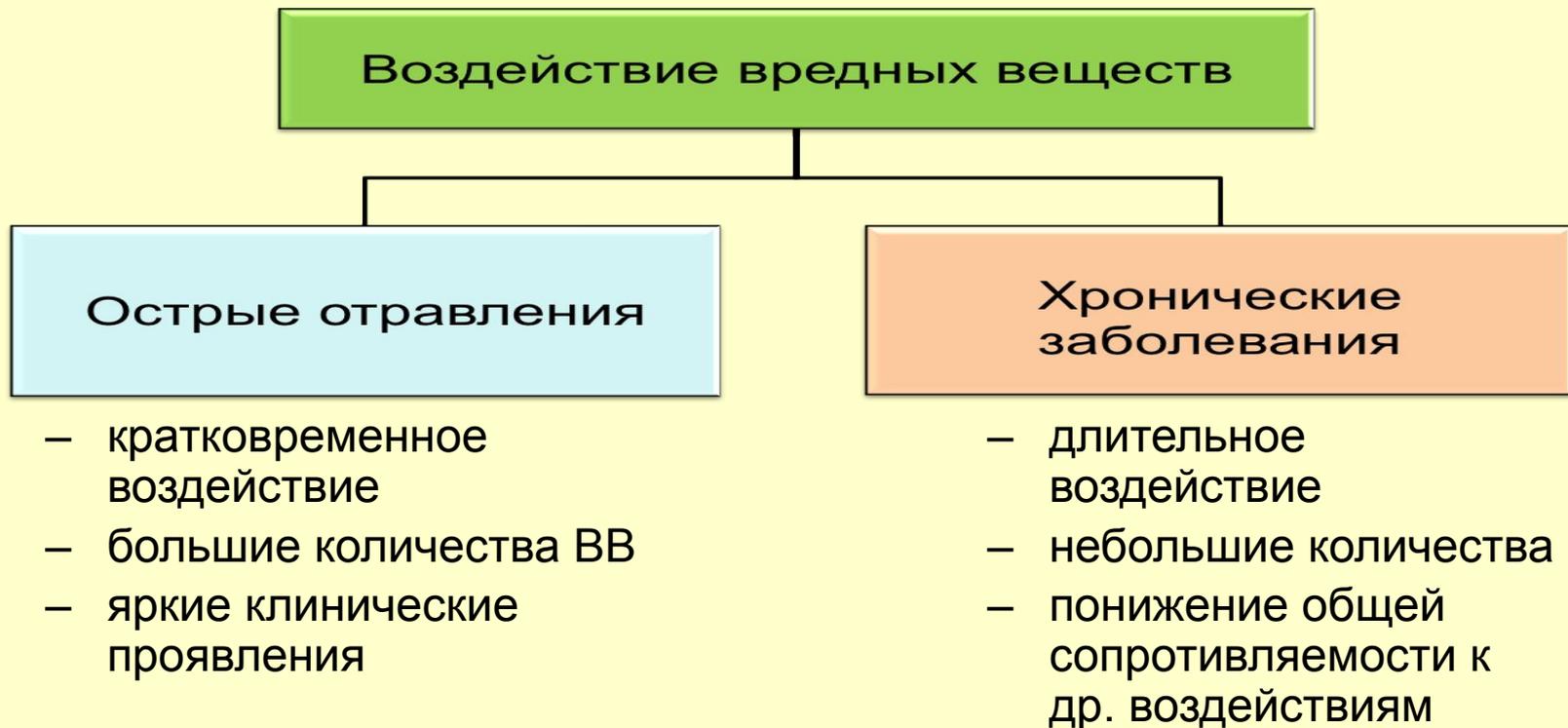
Пути выведения через:

- легкие
- почки
- желудочно-кишечный тракт
- кожа

Воздействие ВВ на организм человека

По токсичности делят на две группы:

- токсичные вещества (яды)
- нетоксичные вещества



Воздействие ВВ на организм человека

В санитарно-гигиенической практике вредные вещества подразделяются на:

- вредные химические вещества
- пыль

Действие вредных химических веществ

По характеру воздействия на организм человека вредные химические вещества (ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация») подразделяются на:

- общетоксические
- раздражающие
- сенсibiliзирующие
- канцерогенные
- мутагенные
- влияющие на репродуктивную функцию

Воздействие ВВ на организм человека

Факторы, влияющие на токсическое действие вредных химических веществ

- токсичность;
- концентрация вредного вещества;
- продолжительность воздействия;
- непрерывность и прерывистость воздействия;
- химическая структура вещества;
- физико-химические свойства вещества (агрегатное состояние, летучесть, растворимость);
- пути поступления и выделения ВВ;
- индивидуальные особенности человека (пол, возраст, состояние здоровья и др.);
- параметры ОС

Воздействие ВВ на организм человека

- **Сочетанное** – одновременное или последовательное действие загрязнителей разной природы
- **Комбинированное** – одновременное или последовательное действие на организм нескольких ВВ одной природы при одном и том же пути поступления
- **Комплексное** – поступление в организм одновременно нескольких ВВ, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т.д.)

В зависимости от эффектов токсичности различают типы комбинированного действия:

- **аддитивное (однородное)** (от англ. addition – сложение, дополнение) – Σ эффект смеси = Σ эффектов компонентов

Характерно для веществ *однонаправленного действия* – оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене веществ друг др. токсичность смеси не меняется (*оксид углерода и нитросоединения – на кроветворную систему, сероводород и сероуглерод – на нервную систему и др.*)

- **потенцированное (синергизм)** (от англ. potent – сильнодействующий) – компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие др. (*совместное действие диоксида серы и хлора; оксида углерода и азота*)

Эффект больше аддитивного

Типы комбинированного действия:

- **антагонистическое** – одно вещество ослабляет действие др. (*антидотное взаимодействие между эзеринном и атропином*)
эффект – менее аддитивного
- **независимое** – компоненты смеси действуют на разные системы, токсические эффекты не связаны друг с другом, преобладает эффект наиболее токсичного вещества (*бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли*)
эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности

Воздействие ВВ на организм человека

Действие пыли на человека

Различают следующие *виды действия*:

- *Общетоксическое*
- *Раздражающее*
- *Фиброгенное*

Факторы, от которых зависит поражающее действие пыли:

- *размер частиц (дисперсность)*
- *форма и удельная поверхность частиц*
- *твёрдость частиц*
- *растворимость*
- *электростатическая заряженность частиц*
- *адсорбционные свойства*
- *химический состав*

Меры защиты воздушной среды помещений от

ВВ Нормирование

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

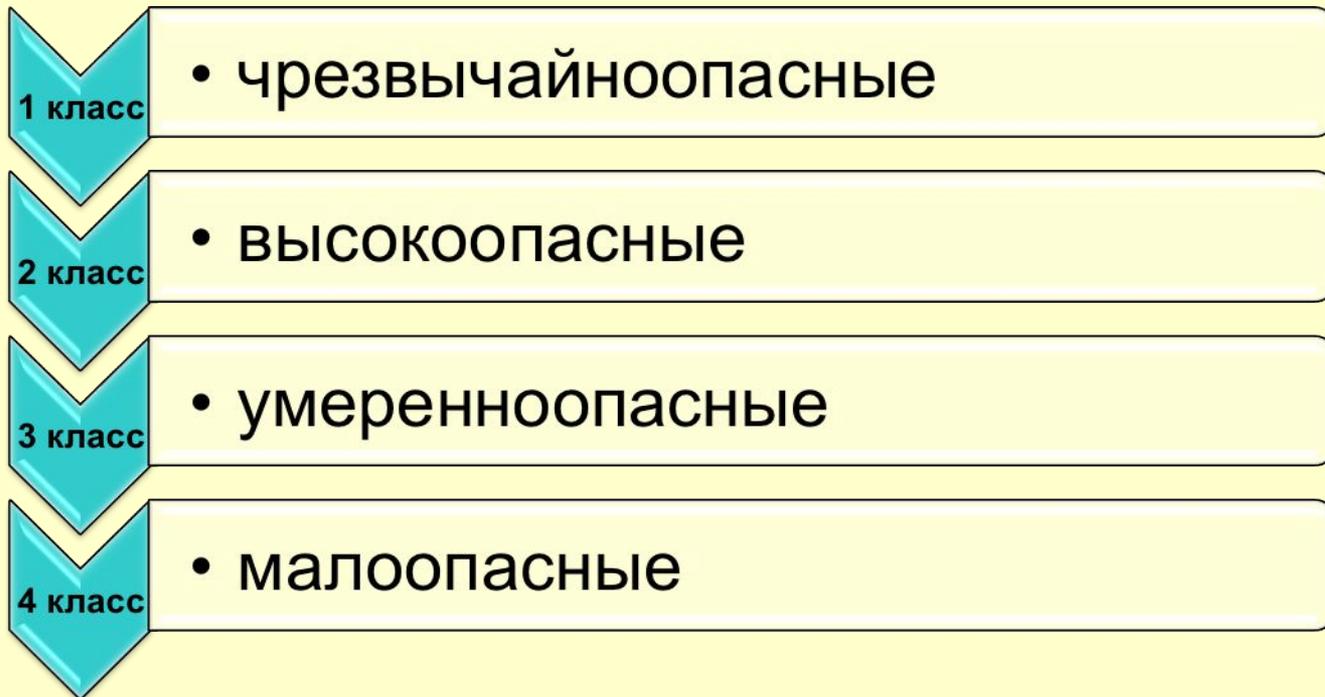
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ПДК ВВ в воздухе рабочей зоны (мг/м³) – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8ч. (или др. продолжительности, но не более 40 ч. в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений

Меры защиты воздушной среды помещений от

ВВ Нормирование

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества согласно ГОСТ 12.1.007-76 "Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества Классификация и общие требования безопасности" подразделяются:



Меры защиты воздушной среды помещений от

Нормирование

Класс опасности	I	II	III	IV
Вещества опасные	чрезвычайно	высоко	умеренно	мало
ПДК, мг/м³	<0,1	0,1–1,0	1,1–10	>10
Средняя смертельная концентрация в воздухе, г/м ³	<0,5	0,5–5,0	5,0–50	>50

Меры защиты воздушной среды помещений от ВВ

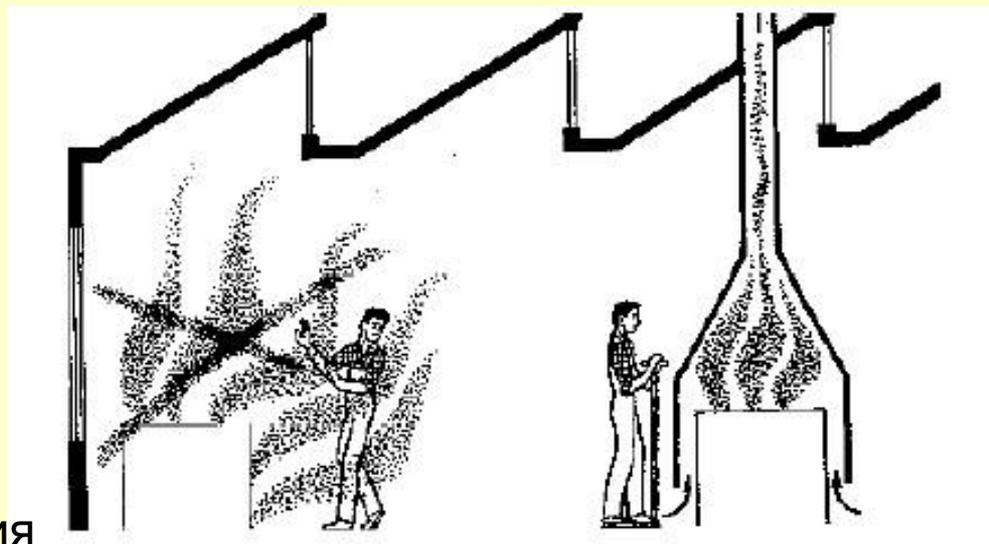
Организационные меры защиты

- инструктаж;
- проведение предварительных и периодических медосмотров;
- контроль за содержанием ВВ в воздухе рабочей зоны;
- организация работ с использованием токсичных веществ;
- проведение плановых ремонтов;
- режим труда и отдыха, компенсирующий вредное воздействие;
- в цехах с большими выделениями пыли производят регулярную уборку;
- помещения для обеспыливания одежды в цехах

Меры защиты воздушной среды помещений от ВВ

Технические меры защиты

- совершенствование технологических процессов с целью уменьшения выделения ВВ
- автоматизация, механизация и дистанционное управление
- герметизация оборудования
- изоляция, укрытие оборудования
- местные вытяжные устройства
- покрытия
- пневмо- и гидротранспорт – для транспортировки сыпучих материалов



Меры защиты воздушной среды помещений от ВВ

Принципы устройства вентиляционных систем для удаления ВВ:

- ❖ воздух вентиляции должен быть чистым с концентрацией веществ не более 0,3 ПДК;
- ❖ в помещениях с вредными (и взрывоопасными) газами применяются только местные вытяжные устройства;
- ❖ общеобменная вентиляция применяется лишь в дополнение к местным отсосам;
- ❖ должны быть предусмотрены средства очистки отходящего воздуха

Меры защиты воздушной среды помещений от

Средства индивидуальной защиты

для защиты тела – спецодежда:
комбинезоны, халаты, сапоги,
рукавицы;

глаза – очки с герметичной оправой;

голова – каска, шлем;

для защиты кожи лица, шеи, рук –
антитоксичные, масло- и водостойкие
защитные пасты и мази;

для защиты дыхания – марлевые
повязки, респираторы, фильтрующие
и изолирующие противогазы, шлемы,
скафандры;

личная гигиена

