УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Защита от ионизирующих излучений

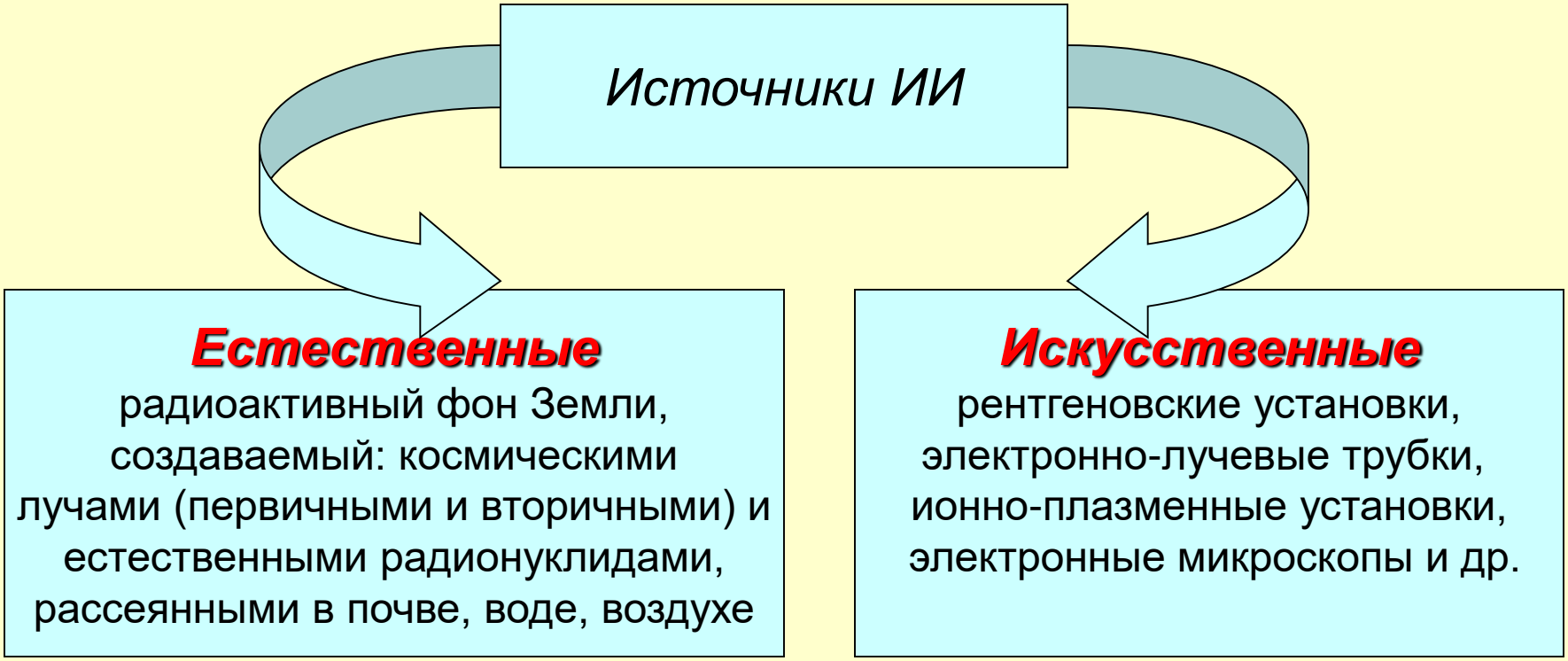


ООО «УМЦ «Развитие»

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 λ = 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:

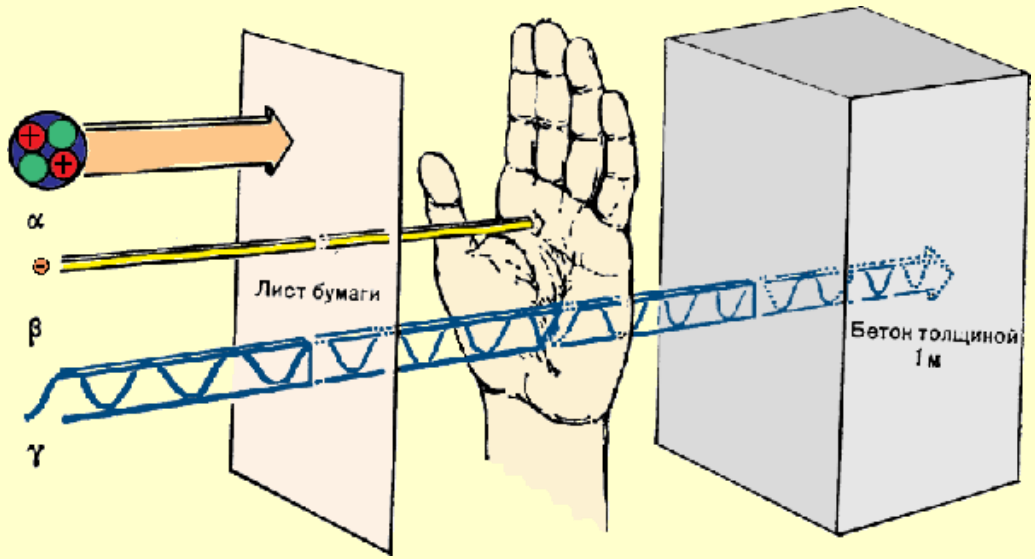
– длинноволновое (мягкое) рентгеновское излучение с λ>25 пм

– 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 (А) – число радиоактивных превращений *N* в этом веществе за время τ

$$A = N / \tau \quad \text{Бк} \quad (\text{Ки};\ 1\ \text{Ки} = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ \text{Бк})$$

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

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

где τ – среднее время жизни атомов радиоактивного вещества

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

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

Характеристики ИИ

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

Экспозиционная доза:

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

где $d\theta$ – полный заряд ионов одного знака в элементарном объеме;

dm – масса воздуха в этом объеме

Мощность экспозиционной дозы:

$$Px = dX / d\tau, \text{ А/кг (Р/с; 1А/кг=Кл/(кг·с)=3,88·10}^3\text{Р/с)}$$

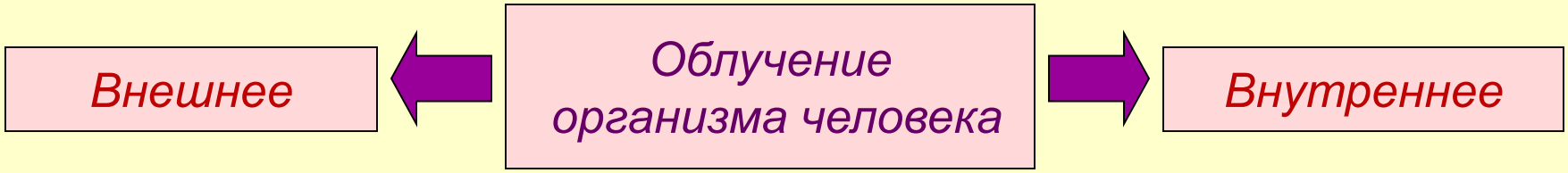
7. Для корпускулярного излучения – линейная передача энергии заряженных частиц (ЛПЭ) в среде определяется как полная энергия, теряемая частицей в среде при соударениях на пути *dl*

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

где dE – энергия, теряемая частицей в среде при соударении

dl – малый отрезок

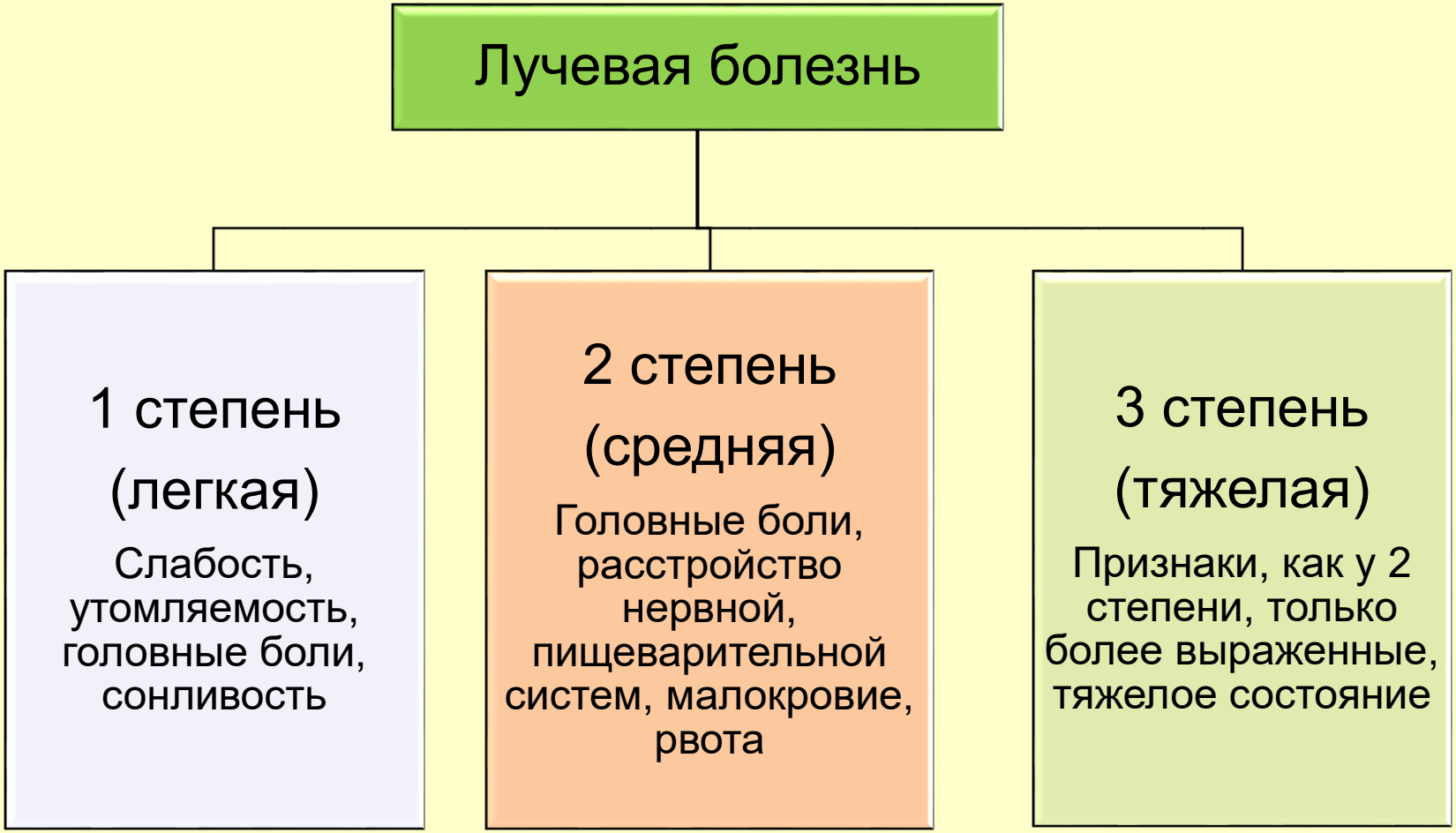
Воздействие ИИ на организм человека



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 ИИ

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

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

2. Вид излучения

Эквивалентная доза H_T, Зиверт (Зв) – сумма произведений поглощённой 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: $P_H = dH / d\tau$ Зв/с (бэр/с)

Факторы, определяющие степень поражения ИИ

3. облучаемая поверхность (участок тела)

Эффективная доза Еэф, Зв – сумма по всем органам (тканям) *Т* умноженная на эквивалентную дозу:

$$E_{эфф} = \sum_T w_T H_T \quad , \text{Зв (бэр)}$$

w_T – взвешивающий коэффициент для различных органов и тканей *Т*

($\sum w_T = 1$)

Мощность эффективной дозы: $P_E = dE_{эфф} / d\tau$, Зв/с (бэр/год)

4. время воздействия τ, *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):*

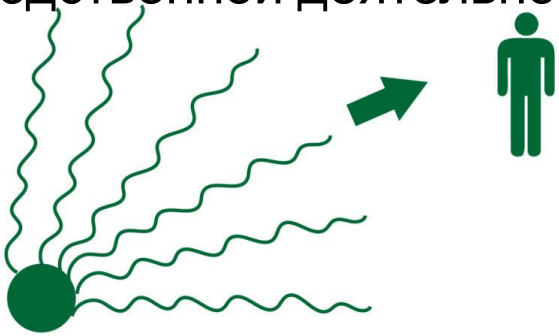
А – персонал (лица, непосредственно работающие с источниками ИИ)

Б – персонал (лица, которые не работают непосредственно с источниками ИИ, но по условиям рабочих мест или проживания могут подвергаться воздействиям)

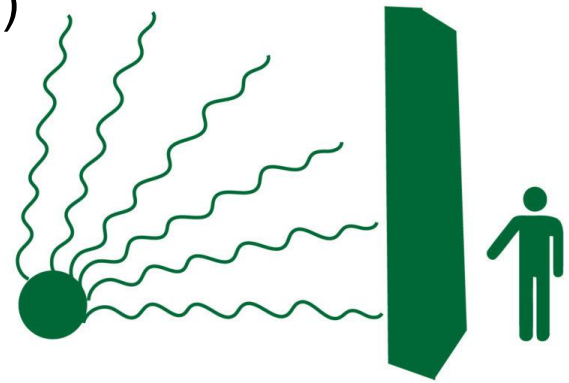
В – все население (включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности)



Чем меньше времени рядом с источником радиации, тем меньше доза облучения.



Чем больше расстояние от источника радиации, тем меньше доза облучения.



Защита от источника радиации экраном уменьшает дозу облучения.

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

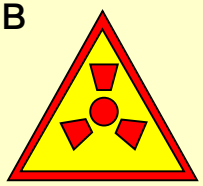
Работы с источниками II-го класса - в отдельном, специально оборудованном помещении, расположенном изолировано от др. помещений (отдельный отсек или крыло здания, специально оборудованный вход)

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

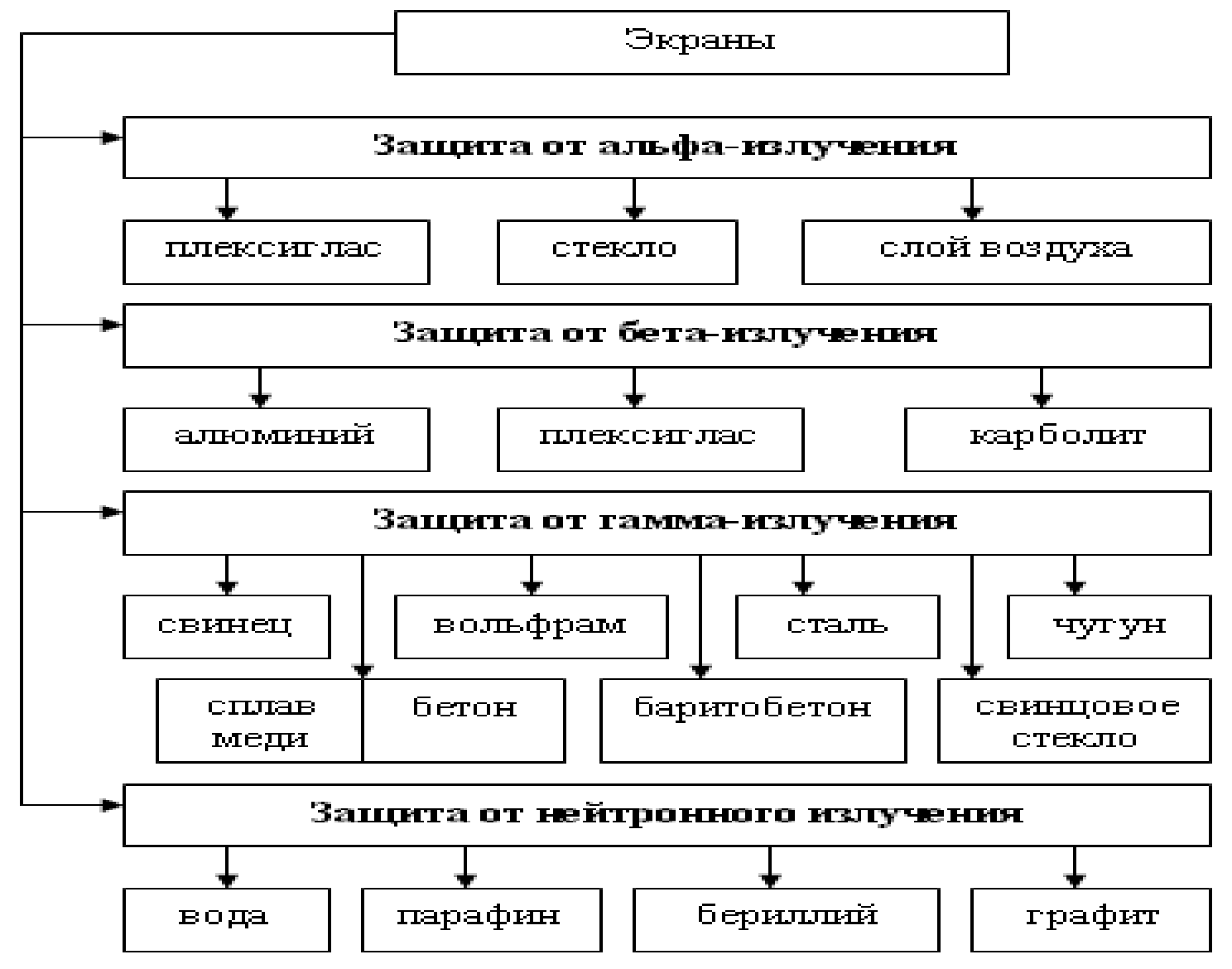
Основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- 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



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



Острые отравления

- кратковременное воздействие
- большие количества ВВ
- яркие клинические проявления

Хронические заболевания

- длительное воздействие
- небольшие количества
- понижение общей сопротивляемости к др. воздействиям

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*
- *сенсибилизирующие*
- *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 эзерином 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*
- *твердость частиц*
- *растворимость*
- *электрозаряженность частиц*
- *адсорбционные свойства*
- *химический состав*

Меры защиты воздушной среды помещений от ВВ

Нормирование

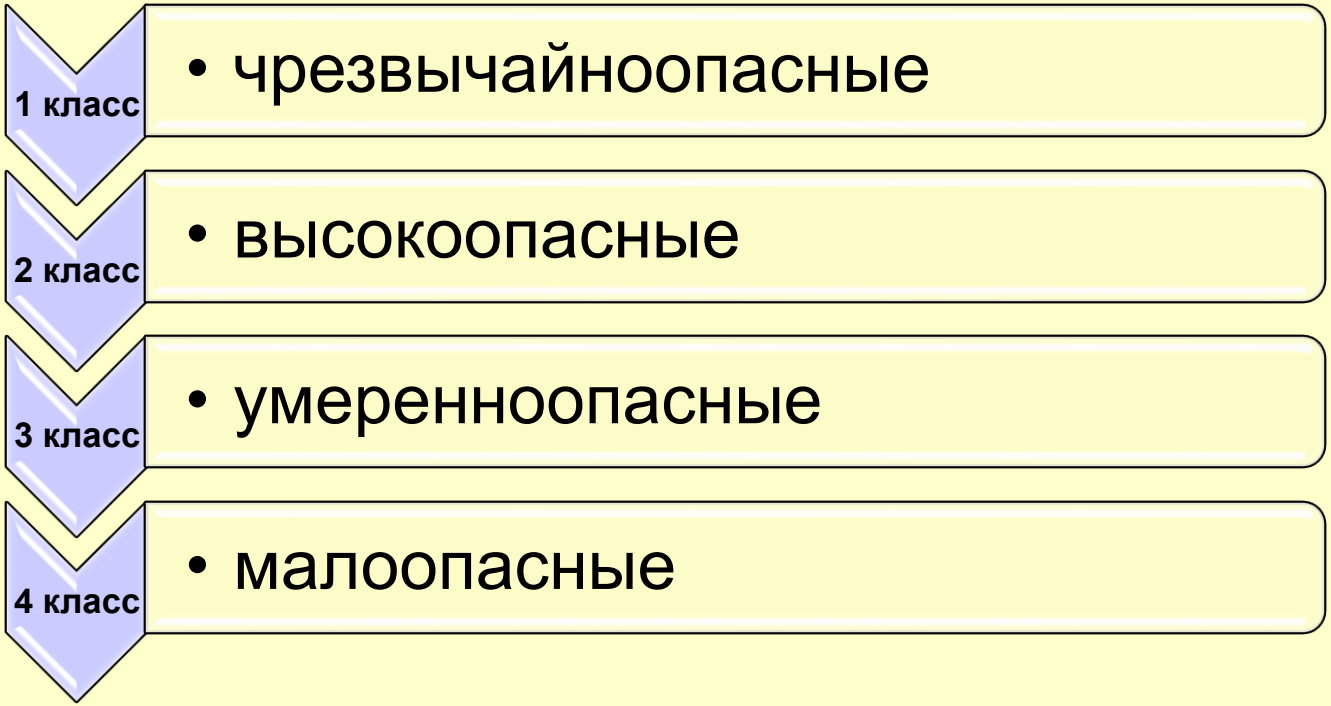
ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ПДК ВВ в воздухе рабочей зоны (мг/м^3) – 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 ВВ

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/м³	<0,5	0,5–5,0	5,0–50	>50

Меры защиты воздушной среды помещений от ВВ

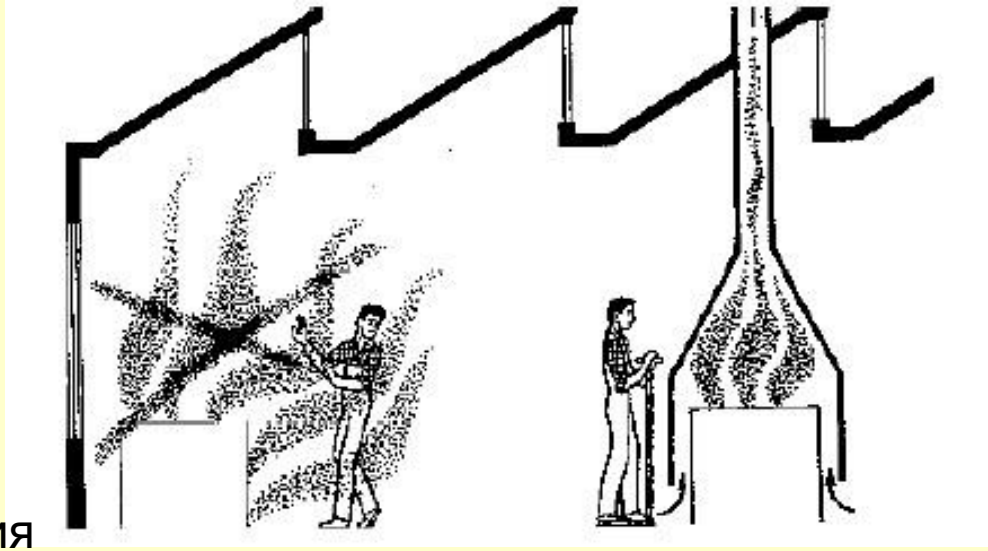
Организационные меры защиты

- 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 ВВ

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

