

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ



## Германия 1938 год

Немецкие ученые О.Ган и Ф.Штрассман  
сделали сенсационное открытие –

**деление атомного ядра урана.**

При бомбардировке ядер урана нейтронами эти ядра иногда расщепляются, выделяя энергию и новые нейтроны. В среднем при каждом делении освобождается более двух нейтронов, что делает возможным возникновение цепной реакции.

**Если цепная реакция контролируется, то ее можно использовать для получения тепла и электроэнергии, если не контролируется, то происходит взрыв.**

# Радиационная безопасность

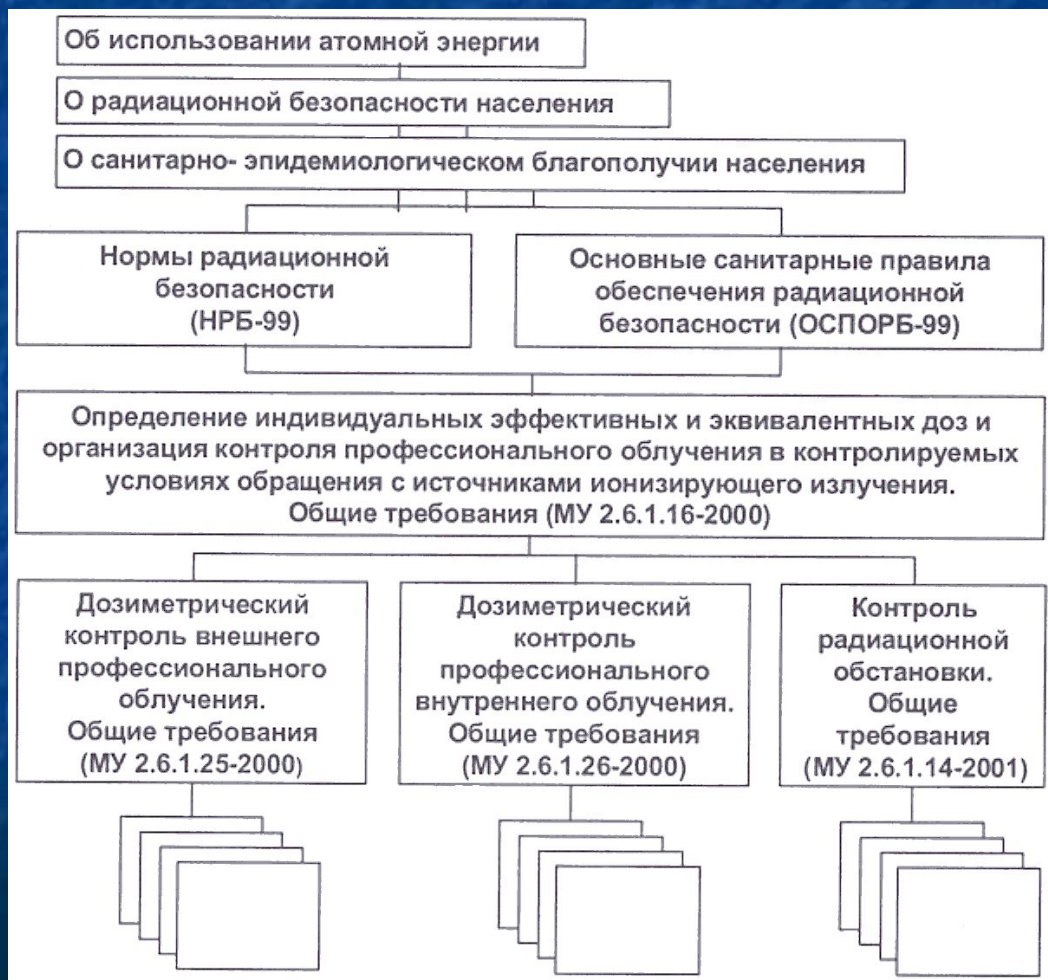
# Цель создания правовой базы

- **Защита личности, общества и государства от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий.**
- **Предотвращение радиоактивного загрязнения окружающей среды и минимизация последствий произошедших ранее радиационных аварий**
- **Качественное совершенствование единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС**

# Правовая база – 3 уровня :

- **Уровень 1** – Федеральные законы в области использования атомной энергии и связанных областях
- **Уровень 2** – Санитарные Правила и Нормы (СанПиН), Правила и Нормы в Атомной Энергетике
- **Уровень 3** – Рекомендуемые документы, Методические указания и иные документы Ростехнадзора, определяющие особенности выполнения тех или иных действий / работ

# Система законодательного и методического обеспечения радиационного контроля



*Законы Российской Федерации*

*Нормы и Правила*

*Методические указания  
I-го уровня*

*Методические указания  
II-го уровня*

*Методические указания  
III-го уровня*

# Федеральные законы

- Об использовании атомной энергии, № 170-ФЗ
- О промышленной безопасности опасных производств и объектов, № 116-ФЗ
- О радиационной безопасности населения, № 3-ФЗ
- О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, № 52-ФЗ
- Об охране окружающей среды, № 7-ФЗ
- О техническом регулировании, № 184-ФЗ
- ФЗ Об отходах производства и потребления, № 089 + № 309 (о внесении изменений в №-089)
- Проект ФЗ Об обращении с радиоактивными отходами

# Уровень 2, часть 1 – СанПиН-ы и ПНАЭ

- Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010
- Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами, СПОРО-2002
- Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03)



# Уровень 2 – часть 2

## СанПин-ы и ПНАЭ

- Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности (СПП ПУАП-03)
- Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на ядерно- и радиационно опасные объекты, ПНАЭ Г-05-035-94
- Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа, ПиН АЭ 5.6, 1989
- Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности АС с реактором типа ВВЭР, ПНАЭ Г-01-036-95



**Законодательные  
и нормативные  
акты по обеспечению  
радиационной  
безопасности**

Основным нормативным актом, определяющим экологические права и свободы человека и гражданина России, является **Конституция России (1993)**, устанавливающая:

- *право каждого на благоприятную окружающую среду (ст. 41),*
- *право на возмещение ущерба, причиненного загрязнением окружающей среды (ст. 42),*
- *обязанности каждого сохранять природу и бережно относиться к ее богатствам (ст. 58).*

# Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)

## 2. Общие положения

**2.1.** Главной целью радиационной безопасности является охрана здоровья населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных **принципов** и **норм радиационной безопасности** без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, в науке и медицине.

# Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)

**1.1.** Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (далее – Правила) устанавливают требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения (далее – источников излучения), на которые распространяется действие НРБ-99.

# Статья 3. Принципы обеспечения радиационной безопасности.

1. Основными принципами обеспечения радиационной безопасности являются:
  - **принцип нормирования** - *непревышение* допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;
  - **принцип обоснования** - *запрещение* всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением;
  - **принцип оптимизации** - *поддержание* на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

# Принципы оптимизации

- **ALAPA** - *as low as practically achievable*, настолько низко, насколько это практически достижимо.
- **ALARA** - *as low as reasonable* – настолько мало, насколько приемлемо или разумно.
- **ALANA** - *as low as humanity achievable* - настолько мало, что не наносит явного вреда

# Публикация 101 МКРЗ: Оптимизация радиологической защиты

«...коллективная доза в 1 Чел-Зв, получающаяся из 10-ти индивидуальных доз по 100 мЗв, и такая же коллективная доза, получающаяся из 1000 доз по 1 мЗв, не будут оцениваться одинаково»

Стр. 97, пар. А11

$$10 * 100 \text{ мЗв} \neq 1000 * 1 \text{ мЗв}$$



# Все население делится на две основных категории

**A**

Профессионалы

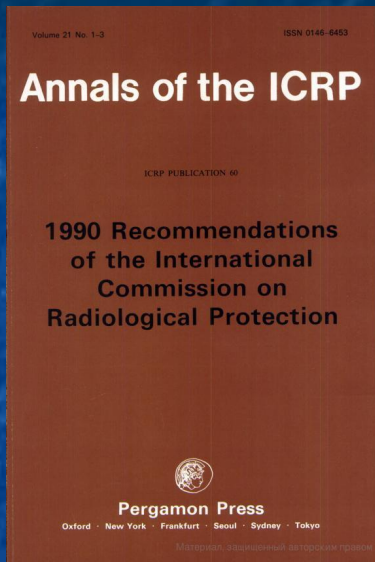
(непосредственно работающие с и.и.)



Все остальное население



# “ОБЩЕСТВО БЕЗ РИСКА ЯВЛЯЕТСЯ УТОПИЕЙ”



## Концепция приемлемого риска

$$10^{-4} = \frac{100 \text{ случаев травматизма со смертельным исходом в год}}{1\,000\,000 \text{ работников}}$$

Международная комиссия по радиологической защите, Публикация 60

*Радиологический риск* зависит от динамики накопления дозы, мощности дозы, типа и энергии излучения, возраста при облучении, достигнутого возраста, пола, локализации рака

# Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	<b>20 мЗв</b> в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	<b>1 мЗв</b> в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике глаза коже кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

- **Таблица 1 - Основные пределы доз для персонала группы А**

Годовая эффективная доза	50 мЗв
Годовая эффективная доза, усредненная за любые последовательные 5 лет	20 мЗв
Эффективная доза, накопленная за период трудовой деятельности (50 лет)	1000 мЗв
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	150 мЗв
Годовая эквивалентная доза облучения кожи	500 мЗв
Годовая эквивалентная доза облучения кистей и стоп	500 мЗв
Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет	1 мЗв

- **Облучение персонала в контролируемых условиях**

**Планируемое  
повышенное облучение**

- **Ограничение облучения населения:**
  - **от техногенных источников**
  - **от природных источников**
  - **от медицинских источников**

**Повышенное облучение не допускается:**

- для работников, ранее уже облученных в течение года в результате аварии или запланированного повышенного облучения с эффективной дозой 200 мЗв или с эквивалентной дозой, превышающей в четыре раза соответствующие пределы доз, приведенные в табл.3.1;

- для лиц, имеющих медицинские противопоказания для работы с источниками излучения.

Лица, подвергшиеся облучению в эффективной дозе, превышающей 100 мЗв в течение года, при дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв за год.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться из зоны облучения и направляться на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке с учетом их согласия по решению компетентной медицинской комиссии.

# Излучения (радиоактивность) в окружающей среде бывают естественные и техногенные.

При внешнем облучении человек получает дозу:  
**0.35 мЗв в год** от космических лучей и  
**0.45 мЗв в год** от излучений радионуклидов земной коры.

Различаются два вида облучения от природных источников излучения – *внешнее и внутреннее:*

*Внешнее облучение от природных источников*  
0.80 мЗв в год

При внутреннем облучении от природных источников человек получает дозу **1.1 мЗв в год**.

При этом **0.20 мЗв в год** от заглатывания и ингаляции радионуклидов рубидия-87, трития, углерода-14, калия-40 и др.

**0.90 мЗв** человек получает при вдыхании радионуклидов радона.

*Источник данных о дозах – НК ДАР ООН, 1993г.*  
*Внутреннее облучение от природных источников*  
1.1 мЗв в год

# Что такое радон?

Это радиоактивный природный газ, абсолютно прозрачный, не имеющий ни вкуса, ни запаха, стандартными химическими пробами не обнаруживается, а только с помощью спектрометрических приборов.

Радон образуется в недрах Земли в результате распада урана и тория, которые присутствует в рассеянном виде фактически во всех видах грунта и пород.

В процессе распада урана и тория радон постепенно просачивается из недр на поверхность, где сразу рассеивается в воздухе, в результате чего его концентрация становится ничтожно малой и не представляет опасности для здоровья.

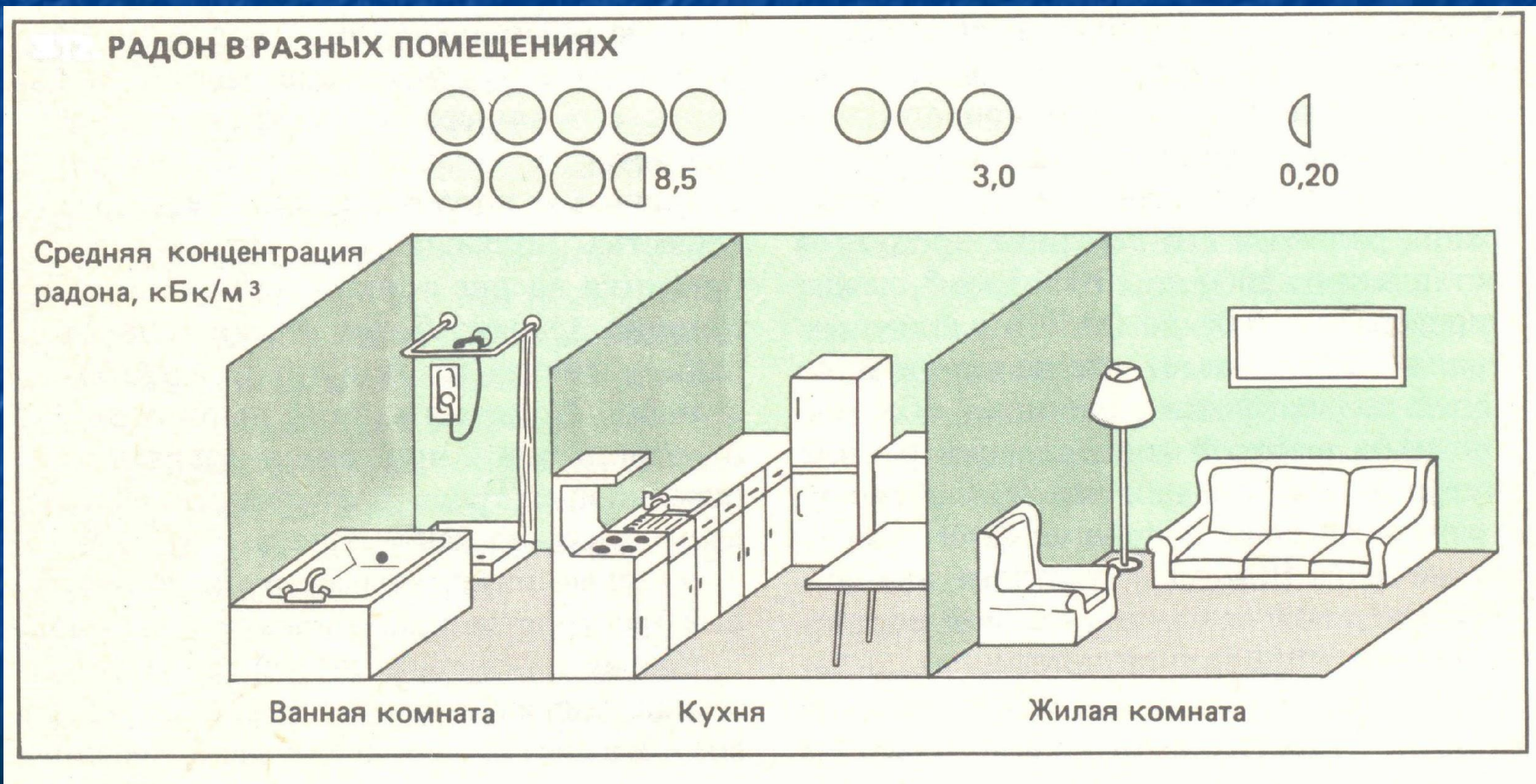
Проблемы возникают в случае, когда нет воздухообмена, то есть в домах.

Учтем, что современный человек до 80% времени проводит в помещениях - дома или на работе, где и получает основную дозу радиации. Хотя здания защищают от излучений извне, сами строительные материалы (бетон, кирпич и т.д.), содержащие естественные радионуклиды, являются источником радона.

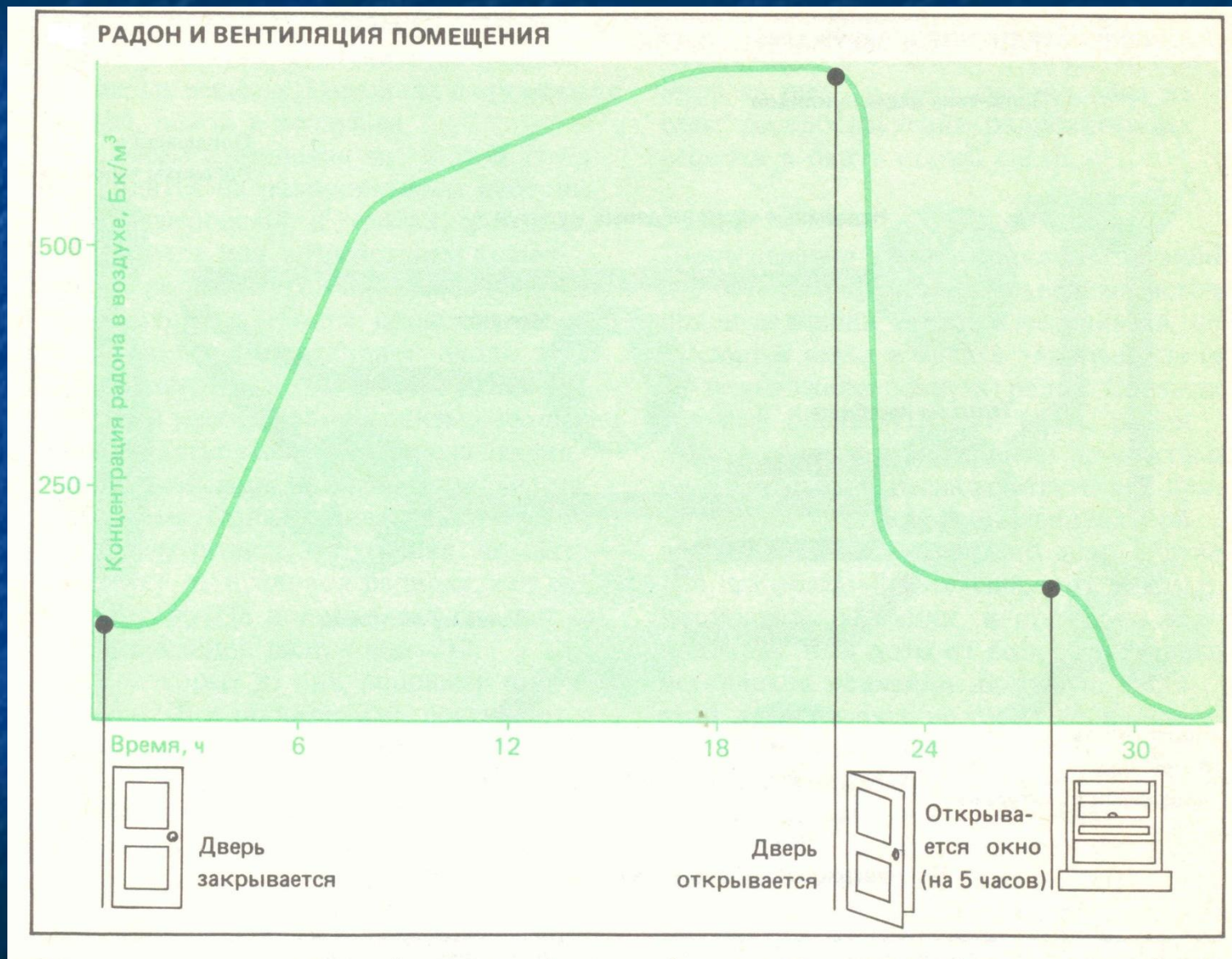
Радон может поступать в дома также с водой (особенно если она подается из артезианских скважин), при сжигании природного газа и т.д. Радон в 7,5 раз тяжелее воздуха. Как следствие, концентрация радона в верхних этажах многоэтажных домов обычно ниже, чем на первом этаже или в собственном доме. Основную часть дозы облучения от радона человек получает, находясь в закрытом, непрветриваемом помещении. Регулярное проветривание может снизить концентрацию радона в несколько раз. Сравнить дозы облучения от различных источников поступления радона поможет



# Примерное распределение концентрации радона по помещениям



# Влияние вентиляции на концентрацию радона в помещении



Дозы облучения от разных  
источников радона

**Природный газ 4%**

**Наружный воздух 13%**

**Вода 5%**

**Материалы стен и грунт под  
зданием  
78%**

Лица, не являющиеся радиологическими работниками, оказывающие помощь в поддержке пациентов при выполнении радиологических процедур, не должны подвергаться облучению дозой более 5 мЗв в год.

показаны дозы облучения в эффективной дозе на всё тело, которые человек получает, или может получить от разных источников излучений:

Космическое излучение – 0.35 мЗв в год  
Рентген грудной клетки – 3 мЗв за один раз

Флюорография грудной клетки – от 0.5 до 1.5 мЗв  
за один раз

Излучение от земной коры – 0.45 мЗв

Рентген зуба - 0.02 мЗв за облучение

Обследование щитовидной железы – 30 мЗв за один  
раз

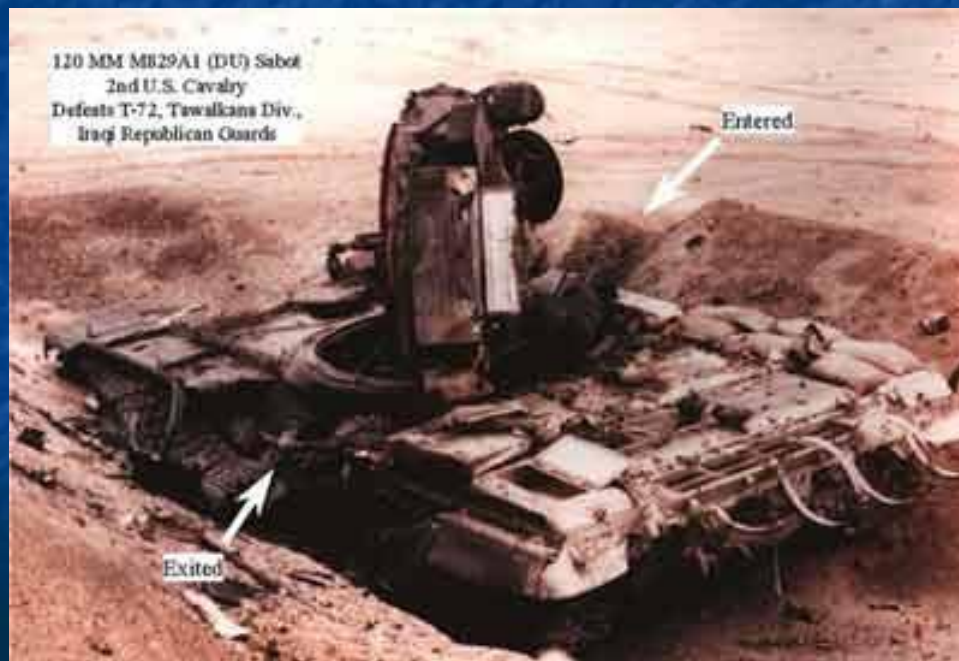
Рентген сердца - 30 мЗв за один раз

Внутреннее облучение 1.1 мЗв от радона и других  
радионуклидов

# Атомное оружие



# Военная деятельность



# Ядерно-топливный цикл





# Радиоактивные отходы



- Процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется **радиоактивным распадом**, а сам нуклид — **радионуклидом**.
- В настоящее время известно около 300 стабильных изотопов и более 1500 радиоактивных.

- . Наведенная радиоактивность возникает в результате взаимодействия ядер атомов с нейтронами. Для того чтобы была достаточно высокая вероятность такого взаимодействия, необходимы большие потоки нейтронов.

- Примерами образования наведенной активности АЭС могут служить: активация аргона; активация кислорода - азотная радиоактивность; активация продуктов коррозии, содержащихся в теплоносителе и т. д.
- Наиболее высокой наведенной радиоактивностью обладают оборудование и детали, находящиеся в работающем реакторе, их активность за счет активации атомов, входящих в состав материала из которого они изготовлены, может превышать допустимые уровни излучения в сотни и тысячи раз.

- Осколочная радиоактивность - радиоактивность изотопов, образующихся в тепловыделяющих элементах в процессе деления ядерного горючего (урана-235 или плутония-239) в активной зоне реактора. При делении ядер урана-235 образуется более 200 радиоактивных изотопов, значительная часть которых находится в газообразном состоянии.

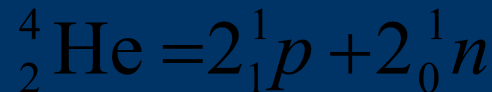
- Осколочная радиоактивность является наиболее высокой и поэтому все операции с облученным ядерным топливом (ТВЭЛами) выполняются дистанционно. Наибольшую опасность представляют ТВЭЛы с разрушенными оболочками, так как при этом радиоактивные изотопы из ТВЭЛов могут попасть в производственные помещения и вызвать значительные загрязнения воздуха и поверхностей

- 2 вида радиоактивного распада:
  - альфа-распад
  - бета-распад
- 4 вида радиоактивного излучения:
  - альфа-излучение
  - бета-излучение
  - гамма-излучение
  - нейтринное излучение

# Альфа-излучение

поток ядер гелия  $\text{He}^{2+}$  или, иначе,  $\alpha$ -частиц.

Альфа-частица состоит из двух протонов  $p$  и двух нейтронов  $n$ :



Следовательно,

- электрический заряд  $\alpha$ -частицы равен двум элементарным электрическим зарядам со знаком (+);
- относительно большая масса равная 4 атомным единицам массы (масса этих частиц превышает массу электрона в 7300 раз);
- энергия их колеблется в пределах  $2 \div 11$  МэВ<sup>[1]</sup> (для каждого определенного изотопа энергия испускаемых альфа-частиц своя и постоянна).

Возникают  $\alpha$ -частицы при распаде тяжелых ядер. Ядра с порядковым номером  $Z$  больше 82 ( ${}^{82}\text{Pb}$ ), за редким исключением альфа-активны. В настоящее время известно более 160 альфа-активных видов ядер.

<sup>[1]</sup> В ядерной физике энергию частиц выражают в электронвольтах [эВ]. Электронвольт – энергия, которую приобретает электрон, проходящий в электрическом поле с разностью потенциалов в 1 В.



# Бета-излучение

поток электронов или позитронов ядерного происхождения ( $\beta^-$ ;  $\beta^+$ ).

- Физические параметры  $\beta$ -частиц (масса, заряд) такая же, как и у электронов атомной оболочки.

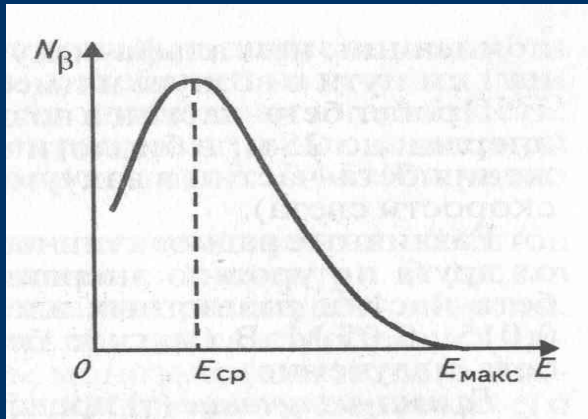


Рис. . Распределение бета-частиц по энергиям:

$N$  – число бета-частиц;  $E$  – их энергия.

# Гамма-излучение

поток электромагнитных волн большой энергии.



- Гамма-кванты лишены массы покоя. Это значит, что фотоны существуют только в движении.
- Они не имеют заряда, поэтому в электрическом и магнитном полях не отклоняются.
- Скорость распространения их в вакууме равняется скорости света ( $3 \cdot 10^{10}$  см/с).

Защититься от воздействия гамма-излучения сложнее, чем от воздействия альфа и бета -частиц. Проникающая способность его очень высока, и гамма-излучение способно насквозь пронизывать живую человеческую ткань.

Нельзя однозначно заявлять, что некоторая толщина некоторого вещества полностью остановит действие гамма-излучения. Часть излучения будет остановлена, а часть его — нет. Однако, чем более толстый слой защиты и чем больше его удельный вес и атомный номер, тем более она эффективна.

Защититься от воздействия гамма-излучения сложнее, чем от воздействия альфа и бета -частиц. Проникающая способность его очень высока, и гамма-излучение способно насквозь пронизывать живую человеческую ткань.

Нельзя однозначно заявлять, что некоторая толщина некоторого вещества полностью остановит действие гамма-излучения. Часть излучения будет остановлена, а часть его – нет. Однако, чем более толстый слой защиты и чем больше его удельный вес и атомный номер, тем более она эффективна.

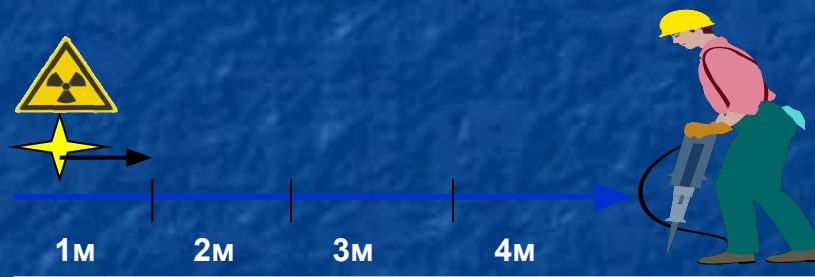
# Нейтронное излучение

Возникает в результате ядерных реакций.

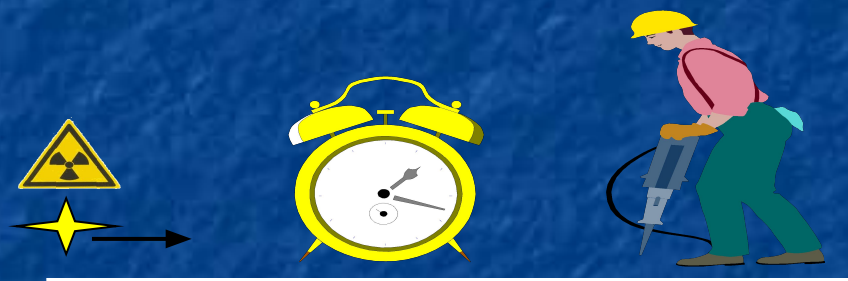
Основным источником нейтронов являются ядерные реакторы.

# Принципы радиационной защиты персонала

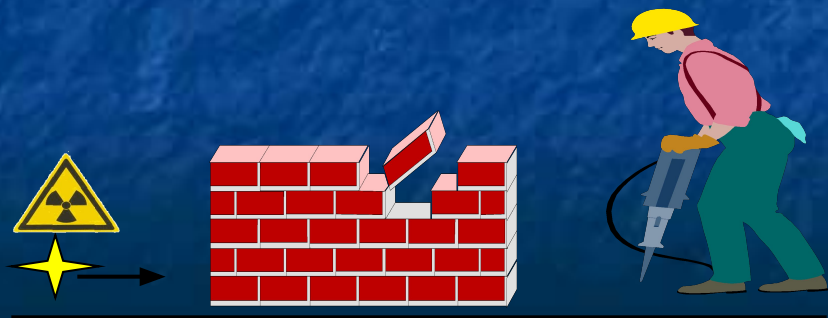
расстояние



время



материал  
(экран)



# Воздействие радиации на биологическую ткань

# Три пути поступления РН в организм:



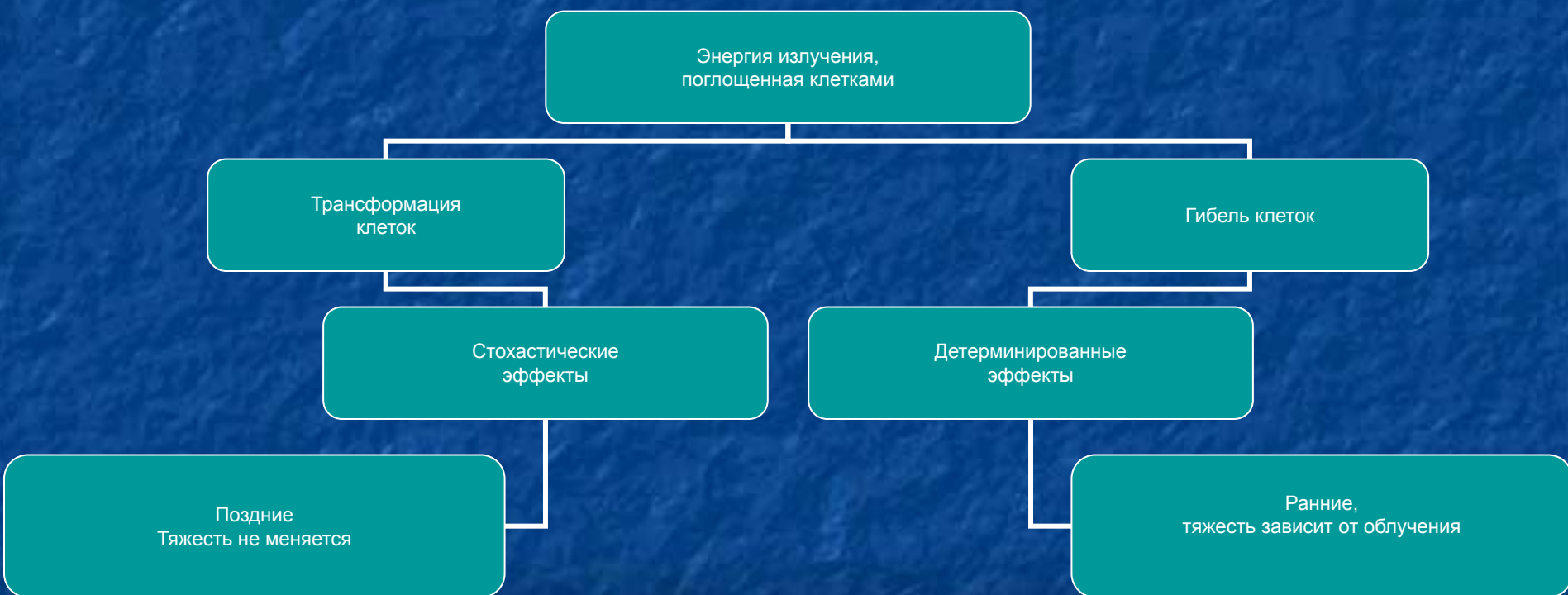
- *легкие;*
- *желудочно-кишечный тракт;*
- *кожные покровы*



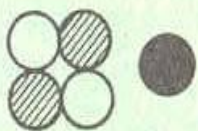
- Радиационное воздействие на персонал:
  - Внешнее облучение
  - Внутреннее облучение (за счет поступления радиоактивных веществ внутрь организма)
- Виды радиационного воздействия на персонал:
  - Проникающее ионизирующее излучение;
  - Наличие загрязнения радиоактивными веществами поверхностей, оборудования и воздуха производственных помещений.



# Влияние облучения



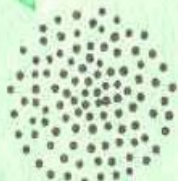
**Заряженные частицы.** Проникающие в ткани организма альфа- и бета-частицы теряют энергию вследствие электрических взаимодействий с электронами тех атомов, близ которых они проходят. (Гамма-излучение и рентгеновские лучи передают свою энергию веществу несколькими способами, которые в конечном счете также приводят к электрическим взаимодействиям.)



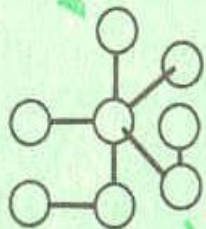
**Электрические взаимодействия.** За время порядка десяти триллионных секунды после того, как проникающее излучение достигнет соответствующего атома в ткани организма, от этого атома отрывается электрон. Последний заряжен отрицательно, поэтому оставшая часть исходно нейтрального атома становится положительно заряженной. Этот процесс называется ионизацией. Оторвавшийся электрон может далее ионизировать другие атомы.



**Физико-химические изменения.** И свободный электрон, и ионизированный атом обычно не могут долго пребывать в таком состоянии и в течение следующих десяти миллиардных долей секунды участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, включая и такие чрезвычайно реакционноспособные, как "свободные радикалы".



**Химические изменения.** В течение следующих миллионных долей секунды образовавшиеся свободные радикалы реагируют как друг с другом, так и с другими молекулами и через цепочку реакций, еще не изученных до конца, могут вызвать химическую модификацию важных в биологическом отношении молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.



**Биологические эффекты.** Биохимические изменения могут произойти как через несколько секунд, так и через десятилетия после облучения и явиться причиной немедленной гибели клеток или таких изменений в них, которые могут привести к раку.



- **теория прямого действия** излучений на составляющие молекулы вещества - изменения возникают в результате поглощения энергии излучения самими молекулами, а поражающее действие связано с актом возбуждения и ионизации атомов и макромолекул;
- **теория косвенного действия** - изменения молекул клеток и тканей, обусловленные радиолизом воды и растворенных в ней веществ, а не энергией излучения, поглощенной самими молекулами.

- **Радиация вызывает образование большого количества свободных электронов в организме человека.**
- **Что приводит к образованию химически активного кислорода и других измененных веществ, которые разъедают ткани вызывая:**

- - **Нарушение структуры клетки.**
- - **Подавление активности ферментов.**
- - **Образование аномальных клеток.**
- - **Образование веществ, вызывающих мутации и рак.**
- - **Гибель клеток.**

# ТЕОРИИ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ

- Теория мишени и попаданий
- Стохастическая (вероятностная) теория.

**Фотография  
человеческих  
хромосом в клетках,  
которые подверглись  
гамма-облучению.  
Некоторые  
хромосомы  
разорваны, некоторые  
повреждены  
(показано стрелками).  
Части, которые  
оторваны, будут  
потеряны при  
делении. Количество  
повреждений в  
хромосомах зависит  
от радиационной  
дозы.**





# Поражения зародышевых и соматических клеток

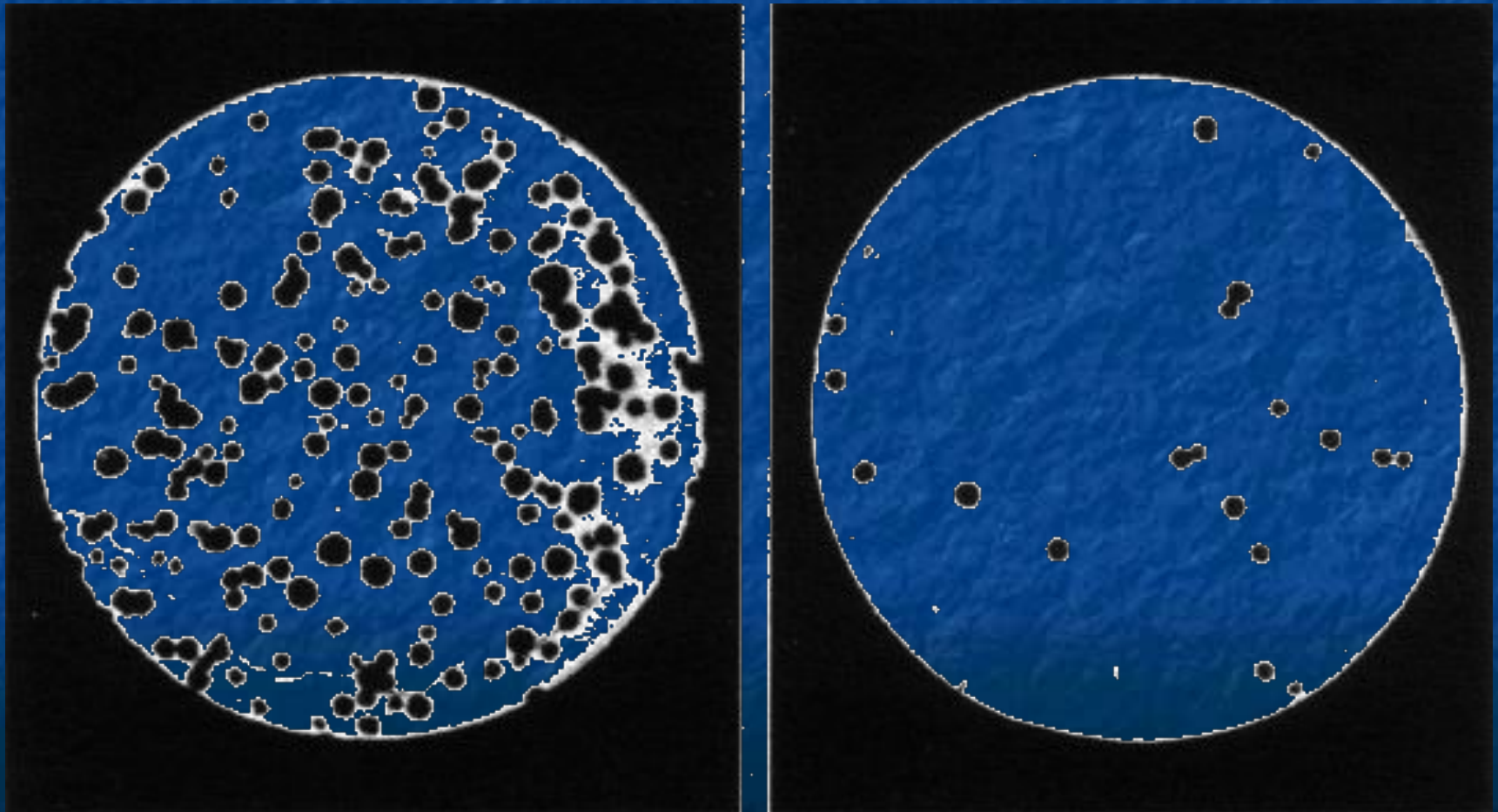
## ■ Зародышевые клетки

Мутации элиминируются не очень быстро ⇒ мутации могут активно размножаться ⇒ увеличение числа уродств, аномалий обмена, других ненормальностей.

## ■ Соматические клетки

Мутации могут приводить к их гибели или к приобретению ими новых наследственных свойств, не контролируемых организмом и приводящих к процессам малигнизации.

**Ионизационное излучение может вызвать репродуктивную смерть в клетках человеческой ткани. Ниже представлены два образца, показывающих колонии человеческих клеток. Каждая была выращена из одинакового количества родительских клеток. Родительские клетки справа были облучены ионизирующим излучением, в то время как слева нет.**

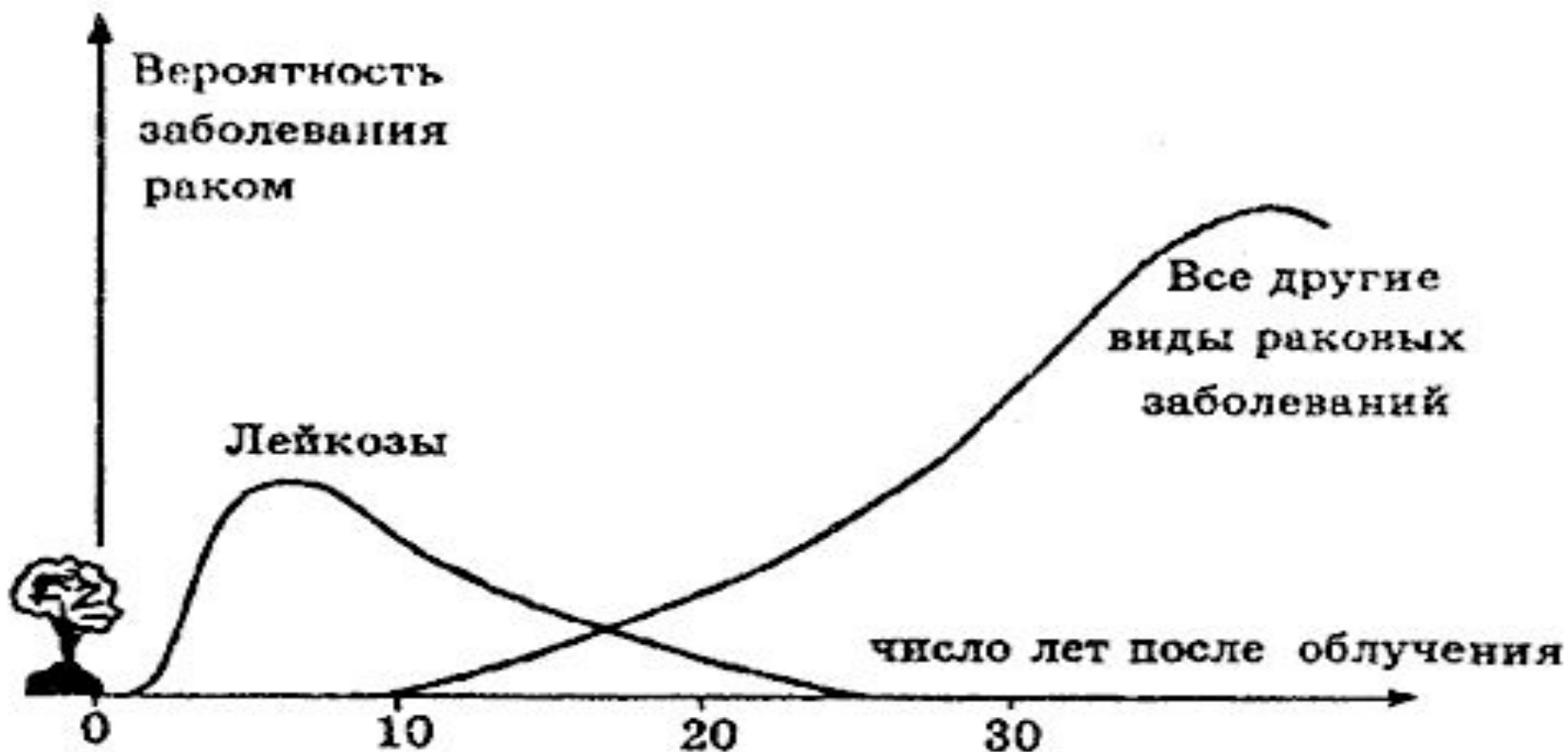


# ТЕОРИИ НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

При косвенном действии ионизирующих излучений наиболее выражен процесс радиоллиза (радиационного разрушения) воды, потому что вода составляет основу важнейших структур клетки (80...90 %).

- *В абсолютно чистых сухих веществах будет преобладать прямое, а в слабонерастворенных — косвенное действие радиации.*

**Относительная среднестатистическая вероятность заболевания раком после получения однократной дозы в 1 рад (0.01 Гр) при равномерном облучении всего тела** Вероятность заболевания другими видами раков начинает проявляться после 10 лет после облучения и растет с каждым годом практически всю жизнь.



# Механизм действия радиации на организм

- Высокая эффективность поглощенной энергии. Малые количества поглощенной энергии излучения могут вызвать глубокие биологические изменения в организме.
- Наличие скрытого, или инкубационного, проявления действия ионизирующего излучения. Этот период часто называют периодом мнимого благополучия.
- Действие от малых доз может суммироваться или накапливаться. Этот эффект называется кумуляцией.

- -Излучение воздействует не только на данный живой организм, но и на его потомство. Это так называемый генетический эффект.
- -Не каждый организм в целом одинаково реагирует на облучение.
- -Облучение зависит от частоты. Одноразовое облучение в большой дозе вызывает более глубокие последствия, чем такая же доза, полученная порциями.

-Степень чувствительности различных тканей к облучению неодинакова. Если рассматривать ткани органов в порядке уменьшения их чувствительности к действию излучения, следующая последовательность:

-Кроветворные органы,  
лимфатическая ткань,  
лимфатические узлы, селезенка,  
зародышевые клетки, луковицы  
ВОЛОС.



# Экспозиционная доза (X)

- характеризует ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей в воздухе
- Международная система (СИ): [*Кл/кг*]  
*т. е. такая интенсивность рентгеновских и гамма-лучей, при которой в 1 кг сухого воздуха образуются ионы, несущие заряд в один кулон электричества каждого знака.*
- На практике применяют внесистемную единицу – *рентген* ( $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ ), принятую в 1928 г. Рентген [R] – экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в  $1 \text{ см}^3$  воздуха ( $0,001293 \text{ г}$  сухого воздуха) при нормальных условиях ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $1013 \text{ ГПа}$ ) образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов.

# Поглощенная доза (D)

- характеризует энергию от любых видов излучения, поглощенную в веществе
- Международная система (СИ):  
[Дж/кг]=[Грей]
- Внесистемная единица измерений: *рад*  
(rad – radiation absorbent dose)

*поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, при которой в 1 г массы вещества поглощается энергия излучения, равная 100 эрг (1 рад = 100 эрг/г = 10<sup>-2</sup> Дж/кг).*

# Эквивалентная доза

- Эквивалентная доза измеряется в *Зивертах (Зв)*, названной в честь шведского ученого в области радиобиологии Г.Р.Зиверта. Один Зиверт – это очень большая доза облучения. Облучение дозой 1 Зв может вызвать острую лучевую болезнь первой степени. На практике используется 1/1000 величина от Зв, называемая *миллиЗиверт (мЗв)*. Старая единица измерения эквивалентной дозы – *биологический эквивалент рада*, или сокращенно – *бэр*.
- Соотношения между старыми (бэр) и новыми (мЗв) единицами измерения дозы приведены в Таблице 2.2. Например:  $100 \text{ мкЗв} = 10 \text{ мбэр} = 0.01 \text{ бэр} = 0.1 \text{ мЗв}$

# Эквивалентная доза (Н)

- характеризует биологическое действие различных видов излучения на организм

$$H = D_n \cdot W_r$$

- Международная система (СИ): зиверт [*Зв*]
- Внесистемная единица измерений: *бэр* (биологический эквивалент рентгена)

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

# Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы ( $W_R$ )

Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

$$H = \sum D_{pi} W_{Ri}$$

где  $i$  – вид излучения

# Эффективная доза (E)

- величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности

$$E = H \cdot W_T$$

- Международная система (СИ): зиверт [*Зв*]
- Внесистемная единица измерений: *бэр* (биологический эквивалент рентгена)

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

# Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы ( $W_T$ )

Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

$$E = \sum H_T \cdot W_T$$

где  $T$  – орган, ткань

# ДОЗЫ

ед. меры Доза	Система Си		Не система Си		Примечания
	Доза	Мощность дозы	Доза	Мощность дозы	
<b>Экспозиционная доза</b> $X = d\bar{E} / m_{\text{воздух}}$ $R_{\text{эксп}} = X/t$	Кл/кг	А/кг (пА/кг)	Р (рентген)	Р/с (мкР/час)	$1 \text{ Кл/кг} = 3.88 \cdot 10^3 \text{ Р};$ $1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг};$ $1 \text{ пА/кг} = 13.9 \text{ мкР/час};$ $1 \text{ мкР/час} = 0.0718 \text{ пА/кг}$
<b>Поглощенная доза</b> $D = d\bar{E} / dm$ $R_{\text{погл}} = D/t$	Гр (грей); Дж/кг	Гр/с Вт/кг	рад	рад/с	$1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр};$ $1 \text{ Гр} = 100 \text{ Рад}$
<b>Эквивалентная доза</b> $H = D \cdot K$ $K$ – коэффициент качества, учит. био. возд. и.и. на чел. $R_{\text{экв}} = H/t$	Зв (зиверт)	Зв/с	Бэр	Бэр/с	$1 \text{ Бэр} = \frac{10^{-2} \text{ Гр}}{K} = 10^{-2} \text{ Зв};$ $13 \text{ Зв} = 100 \text{ Бэр} = 1 \frac{\text{Дж/кг}}{K} = \text{Гр/К}$



## 2.4. ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ



**Поглощенная доза** — энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы

**Эквивалентная доза** — поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма

**Эффективная эквивалентная доза** — эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению



**Коллективная эффективная эквивалентная доза** — эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации



**Полная коллективная эффективная эквивалентная доза** — коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования

## Определение единиц: рад, рентген, бэр. «внесистемные»

**РАД-** для обозначения дозы поглощенной радиации. (используется для бета радиации)

**РЕНТГЕН-** доза, измеряемая в единицах, называется Экспозиционной дозой

**БЭР-** «Биологический Эквивалент Рада»

Для бета и гамма радиации  $1 \text{ БЭР} = 1 \text{ РАД}$  и примерно = 1 рентгену

**БЭР-** это единица эквивалентной дозы-используемый для описания биологического вреда, который определенное количество радиации может принести организму

**БЭР-** это слишком большая единица, чтобы использовать ее повседневно.

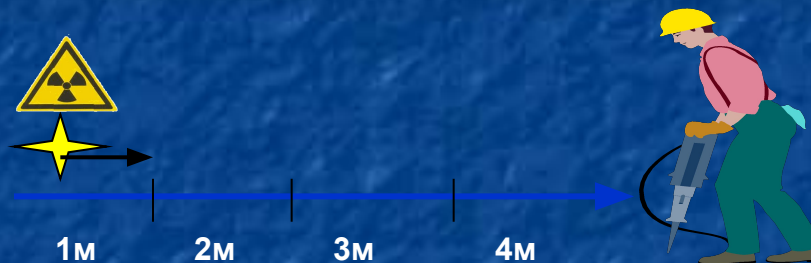
**БЭР:**  $1000 =$  миллибэр

## Определение единиц: рад, рентген, бэр. «системные»

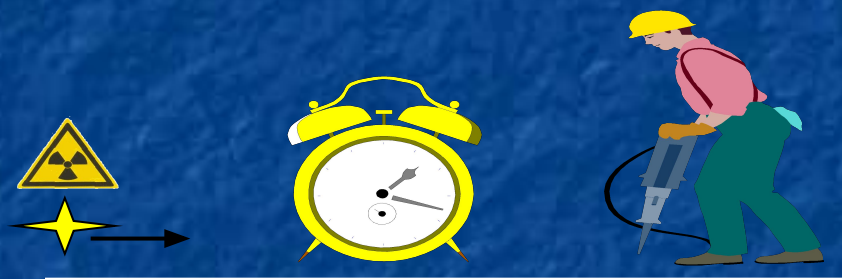
- $100 \text{ РАД} = 1 \text{ Гр (грей)}$
- $100 \text{ БЭР} = 1 \text{ Зв}$
- $1 \text{ Зв} = 1000 \text{ мЗв}$
- $1 \text{ мЗв} = 1000 \text{ мкЗв}$

# Принципы радиационной защиты персонала

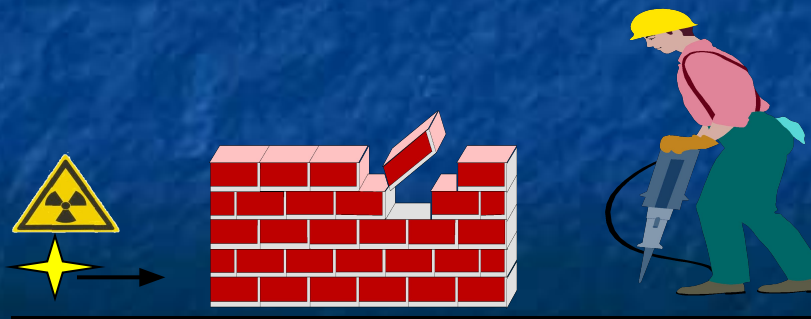
- расстояние



- время



- материал (экран)



# Особенности биологического воздействия

- Ионизирующие излучения в отличие от ряда других опасных и вредных производственных факторов (электрический ток, шум, вибрация и др.), активно не воспринимаются органами чувств человека.
- Ионизация происходит при воздействии заряженных ионизирующих частиц (альфа, бета) на ядра атомов живой ткани человека.

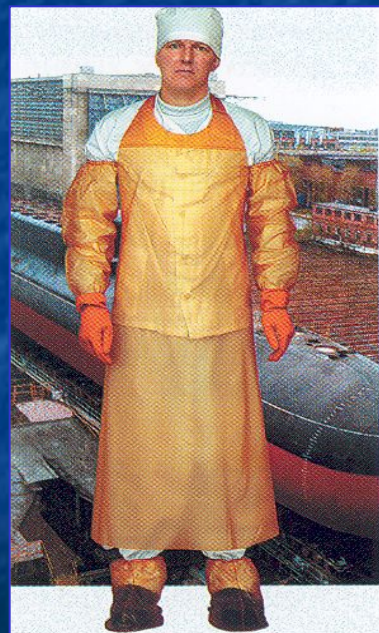
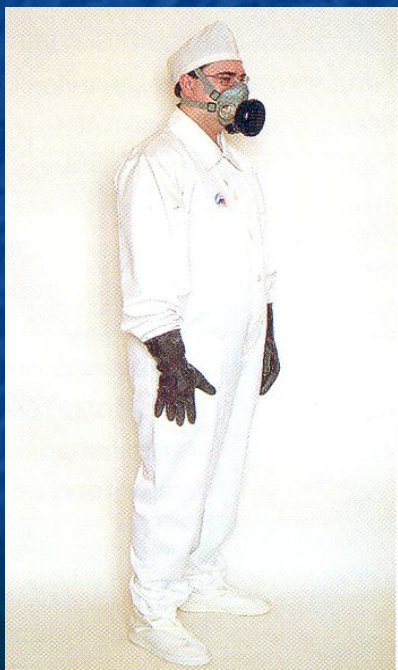


# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

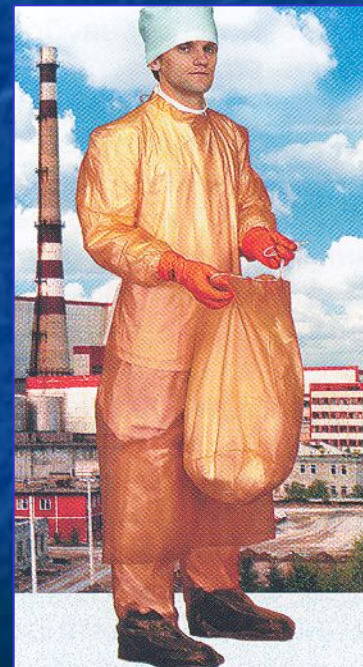
- Весь персонал АС и прикомандированные лица, работающие в зоне контролируемого доступа (ЗКД), обеспечиваются средствами индивидуальной защиты (СИЗ)
- Необходимость применения СИЗ на АС обусловлена наличием загрязнения поверхностей и воздуха ряда производственных помещений радиоактивными веществами

# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

- спецодежда основная (спец.белье, носки, шапочка, комбинезоны, костюмы) и дополнительная (пленочные фартуки, нарукавники, полухалаты)



Фартук и нарукавники



Полухалат

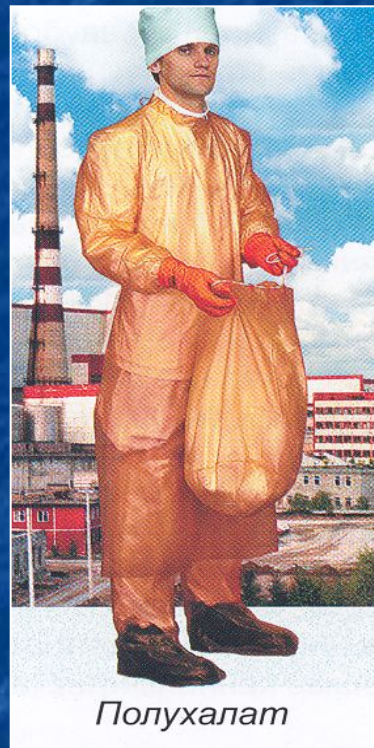
# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

- Весь персонал АС и прикомандированные лица, работающие в зоне контролируемого доступа (ЗКД), обеспечиваются средствами индивидуальной защиты (СИЗ)
- Необходимость применения СИЗ на АС обусловлена наличием загрязнения поверхностей и воздуха ряда производственных помещений радиоактивными веществами





# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

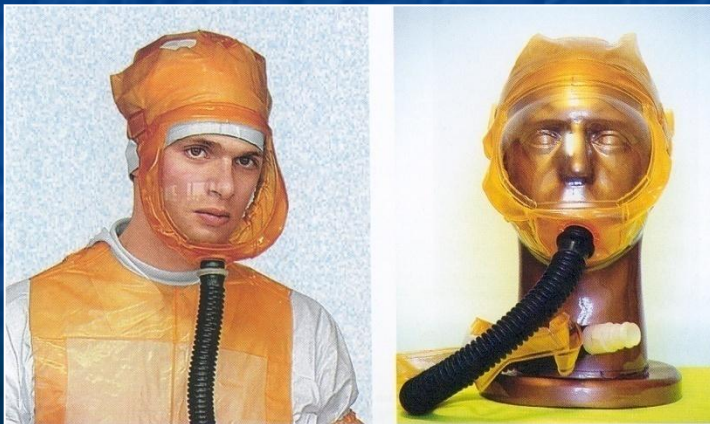


- спецодежда основная (спец. белье, носки, шапочка, комбинезоны, костюмы, халаты) и дополнительная (пленочные фартуки, нарукавники, халаты, полукombineзоны)

# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)



- СИЗ органов дыхания (респираторы, пневмомаски, пневмошлемы)



# Порядок одевания респиратора «Лепесток-200»

1. Проверить респиратор



2. Вытянуть резиновый шнур



3. Завязать узел на резиновом шнуре



4. Зажать алюминиевую пластину на переносице

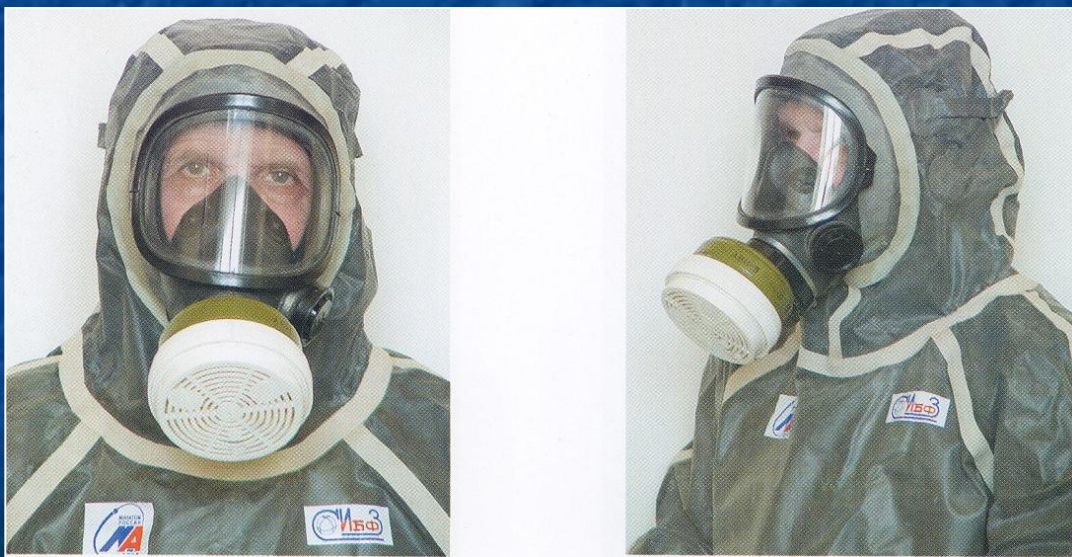


5. Завязать ленты на затылке

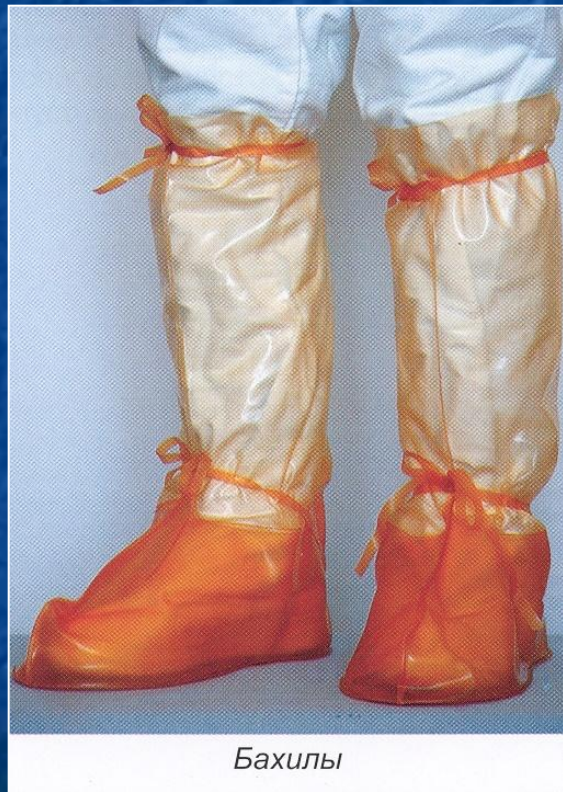


# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

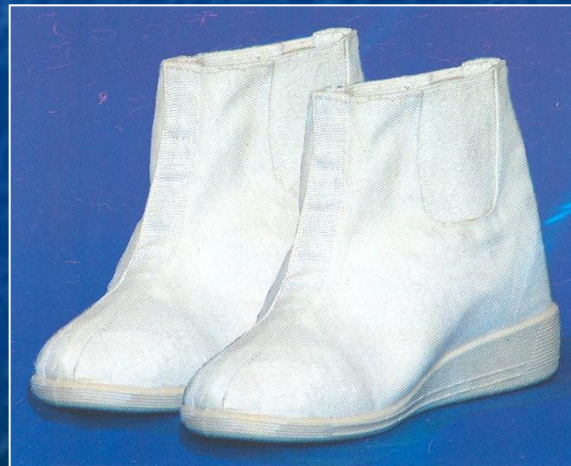
- изолирующие костюмы (пневмокостюмы, костюмы из прорезиненной ткани)



# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)



Бахилы



- спецобувь  
основная и  
дополнительн  
ая  
(спецботинки,  
резиновые  
сапоги,  
пластикатовы  
е чулки,  
следы и  
бахилы)

# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

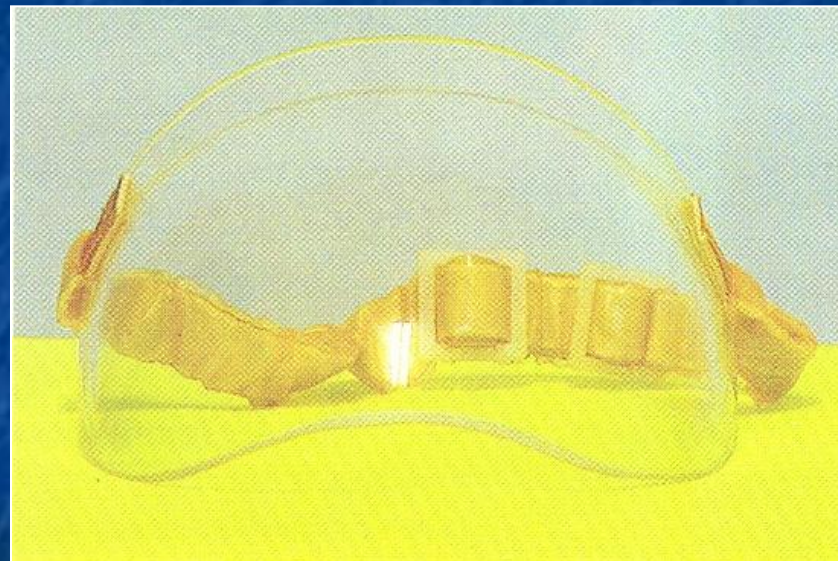
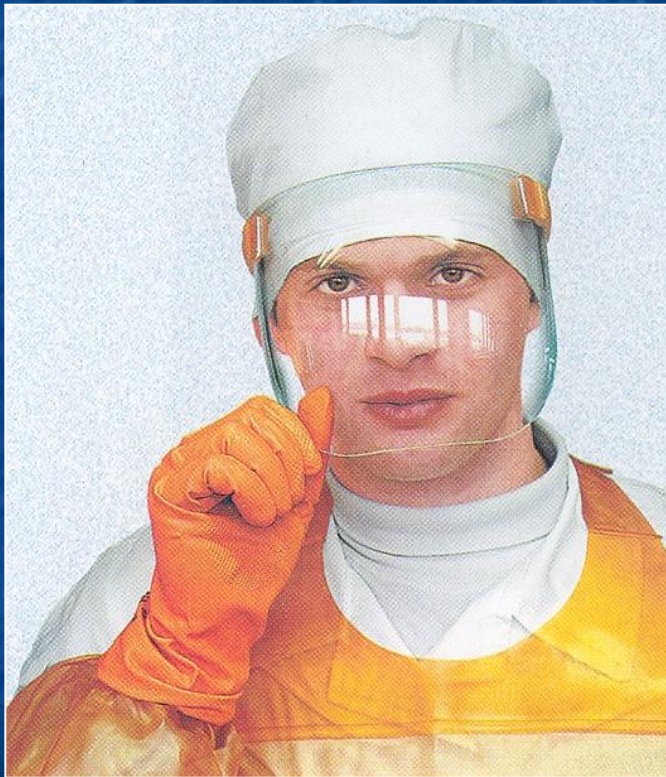


- средства защиты рук (резиновые и хлопчатобумажные перчатки, рукавицы)



# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

- средства защиты глаз (защитные щитки)



# Действия при загрязнении кожных покровов радиоактивными веществами:

- Дезактивация загрязненных поверхностей должна проводиться в максимально короткие сроки путем промывания проточной водой с применением бытовых моющих средств, при необходимости - специальных средств
- Удаление радиоактивных веществ начинается с наиболее загрязненных участков тела. После обработки отдельных участков загрязнения, пострадавшие проходят санитарную обработку всего тела в душевой
- При проведении дезактивации необходимо осуществлять радиационный контроль.





# Действия при загрязнении кожных покровов радиоактивными веществами:

- слизистой ротовой полости - необходимо проводить 10-15-кратное полоскание рта теплой водой или 2-3 % раствором пищевой соды.
- слизистой оболочки глаз - проводить обильное промывание её теплой дистиллированной водой или 2% раствором пищевой соды (чайная ложка на стакан воды).
- слизистой оболочки носа - следует применять орошение носовых ходов теплой водой или 2% раствором пищевой соды.
- при наличии ран - 3-5 минутные промывания раны водопроводной водой, обработку раны тампонами и наложение повязки.
- Первая доврачебная помощь должна быть оказана в максимально короткие сроки



# Правила личной гигиены и организация санитарно-пропускного режима

- В ЗКД необходимо соблюдать следующие правила личной гигиены:
  - персонал должен быть одет в средства индивидуальной защиты, а волосяной покров головы должен быть полностью закрыт шапочкой;
  - пить воду только в предназначенных для этого местах из питьевых фонтанчиков, предварительно прополоскав рот;
  - тщательно мыть руки перед посещением туалета и проводить проверку рук на радиационную чистоту;
  - при попадании на открытые места тела воды, загрязненной радиоактивными веществами или жидкости неизвестного состава, промыть загрязненные участки водой в сан.шлюзе или санпропускнике;
  - носить очки с легко дезактивируемой оправой;
  - курить в предназначенных для этих целей помещениях, предварительно обмыв руки и проверив уровень их загрязнения на установке радиационного контроля.
- Эффект дезактивации проверить на установке радиационного контроля



# Правила личной гигиены и организация санитарно-пропускного режима

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
  - приносить и принимать пищу, пользоваться косметическими средствами, употреблять жевательную резинку;
  - пить воду из кранов, пользоваться различными емкостями для питья;
  - носить в карманах, хранить в шкафах для спецодежды и в комнатах отдыха инструмент и другие предметы, загрязненные радиоактивными веществами, а также брать в руки случайные предметы;
  - входить без разрешения персонала отдела радиационной безопасности в помещения при срабатывании в них местной сигнализации радиационной опасности;



# Правила личной гигиены и организация санитарно-пропускного режима

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
  - находиться без средств индивидуального дозиметрического контроля;
  - выходить в спецодежде и спецобуви, предназначенной для работы в зоне контролируемого доступа, в зону свободного доступа;
  - сливать радиоактивные растворы в хозяйственно-фекальную канализацию (унитазы, умывальники).



# Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- Дозиметры текущего контроля (термолюминесцентные дозиметры ДТУ-02) выдаются каждому работнику группы "А", посещающему зону контролируемого доступа (в т.ч. командированному персоналу).
  - Женщины репродуктивного возраста (до 45 лет) обязательно получают дополнительный дозиметр для контроля нижней части живота.
- Оперативные средства ИДК (электронные дозиметры RAD-72) выдаются каждому работнику группы "А" на входе в ЗКД и служат источником контроля, независимо от текущего.
- Аварийный контроль ИДК осуществляется термолюминесцентными дозиметрами, установленными на постоянном рабочем месте персонала в ЗКД.



## Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- Периодичность контроля внешнего облучения, установленная регламентом радиационного контроля Курской АЭС, следующая:
- всему персоналу, работающему в ЗКД Курской АЭС, обмен дозиметров и их замер – не реже одного раза в квартал;
- персоналу, для которого установлены АУ, имеющие значения 15 мЗв и более, и получившему суммарную дозу облучения больше 0,5 АУ – ежемесячно;
- персоналу, для которого установлены АУ, имеющие значения менее 15 мЗв, и получившему суммарную дозу облучения больше 0,75 АУ – ежемесячно;
- персоналу, для которого установлены АУ, имеющие значения 15 мЗв и более, и получившему суммарную дозу облучения больше 0,75 АУ – еженедельно.
- женщинам в возрасте до 45 лет замер дополнительного дозиметра – ежемесячно с 20 – го по 30 – е число, лично являться в лабораторию ИДК для проведения замера дополнительного дозиметра;
- персоналу, выполняющему радиационно – опасные работы, - перед началом и после выполнения работ (при необходимости);



# Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- Периодичность и порядок контроля внутреннего облучения следующие:
- при приеме на работу в ЗКД (перед получением индивидуального дозиметра) и при увольнении - на «контрольном СИЧ» или «измерительном СИЧ»;
- всему персоналу ежегодно, согласно графику текущего и информационного контроля, утвержденному главным инженером Курской АЭС, – на «контрольном СИЧ»;
- персоналу, получившему дозу внешнего облучения больше 10 мЗв;
- на «йодном СИЧ» - всему персоналу, при прохождении «измерительного СИЧ»;
- персоналу из «контролируемой группы персонала», получившему дозу внутреннего облучения больше 1 мЗв - на «измерительном СИЧ», – один раз в квартал (до окончания дозиметрического года);
- персоналу, получившему дозу внутреннего облучения больше  $2 \text{ мЗв} = Y_{\text{и}}$  (уровень исследования) в предыдущем году, - в первом квартале текущего года на «измерительном СИЧ» (по графику);
- персоналу, получившему дозу внутреннего облучения больше  $10 \text{ мЗв} = Y_{\text{д}}$  (уровень действия) на «измерительном СИЧ» - один раз в 2 месяца;
- если основным фактором внутреннего облучения явилось поступление в организм  $^{131}\text{I}$ , - контроль на «йодном СИЧ» - каждые 10 суток в течение 30 дней;
- женщинам в возрасте до 45 лет - один раз в квартал;
- персоналу Курской АЭС и подрядных организаций, направляемому в командировку на другие предприятия отрасли для работы с ИИ, - измерение на СИЧ производят перед командировкой, а затем после прибытия на Курскую АЭС (до посещения ЗКД).



## Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- Проход в ЗКД закрывается персоналу, который:
  - -получил суммарную годовую дозу облучения более или равную 0,95 АУ;
  - -не обменял ИД в ЛИДК при ежеквартальном контроле в установленный распоряжением Главного инженера срок;
  - -не сдал ИД в ЛИДК для еженедельного, ежемесячного контроля;
  - -получив по данным оперативного дозиметрического контроля (с момента последнего обмера в ЛИДК) индивидуальную дозу облучения 4 мЗв и более, не сдал ИД в ЛИДК для дополнительного контроля в установленный срок;
  - -находился в ЗКД без ИД или производил радиационно – опасные работы с нарушением ПРБ (при наличии предписания, составленного работником ОРБ, в котором предписано временно вывести работника из ЗКД);
  - -не явился для контроля дозы внутреннего облучения в лабораторию ИДК на СИЧ в установленный графиком срок;
  - -получил дозу внутреннего облучения более 10 мЗв (на период расследования).





## Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- Для женщин репродуктивного возраста (до 45 лет) вводятся дополнительные критерии запрета прохода в ЗКД:
- -полученная доза облучения в текущем году более или равная 10 мЗв;
- -эквивалентная доза по дополнительному ИД более 1 мЗв в месяц;
- -не сдан дополнительный ИД в ЛИДК для ежемесячного контроля с 20 по 30 число каждого месяца (при наличии предписания, составленного работником ОРБ, в котором предписано временно вывести работника из ЗКД);
- - обнаружено поступление радионуклидов в организм более 1/20 предела годового поступления (ПГП) с начала текущего года.



## Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- В случае утери (повреждения) ИД, повлекшей за собой невозможность измерения индивидуальной дозы облучения полученной работником за конкретный период времени, работник обязан сообщить об этом начальнику своего подразделения, прибыть в ЛИДК и предоставить:
  - -объяснительную записку об утере (повреждении) ИД (Приложение Б);
  - -дозиметры двух работников, работающих с ним в аналогичных условиях, для внепланового замера (по согласованию с руководителем подразделения),
  - - маршрутный лист, если работник выполнял радиационно – опасные работы



# Порядок действия персонала при срабатывании сигнализации радиационной опасности

- При срабатывании сигнализации радиационной опасности в помещениях зоны контролируемого доступа (включение светового и звукового сигналов сигнализатора БВИ-12), весь персонал должен:



- немедленно прекратить работу;
- отключить электроприборы;
- перекрыть льющуюся воду;
- опустить поднятый груз;
- покинуть соответствующее помещение;
- закрыть за собой дверь;
- о факте срабатывания сигнализации необходимо поставить в известность начальника смены ОРБ по тел. 99-002 (продолжение работы в этих помещениях разрешает НС ОРБ после установления причин срабатывания сигнализации).



# Порядок действия персонала при срабатывании сигнализации радиационной опасности

- При срабатывании свето-звуковой сигнализации на индивидуальном дозиметре RAD-72, о превышении:
  - по мощности дозы (сдвоенный короткий сигнал) - необходимо покинуть место повышенного излучения (через 30 сек сигнал прекратится);
  - по превышению дозы (продолжительный сигнал) – немедленно прекратить работу и выйти из ЗКД.



# Порядок пользования средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
  - вскрывать дозиметры;
  - оставлять дозиметры на рабочем месте или в других местах, не предназначенных для их хранения;
  - снимать дозиметр со спецодежды и подносить его к источникам ионизирующего излучения;
  - передавать дозиметр другим лицам;
  - хранить дозиметр в спецодежде или уносить домой.



# При проходе в ЗКД:

- на входе в гардероб личной одежды взять из корзины и надеть переходную обувь (тапочки);
- подойти к свободному шкафчику и полностью раздеться, оставив личную одежду и обувь в шкафчике (памятка по пользованию шкафчиком вывешена на входе в санпропускник);
- пройти в гардероб рабочей одежды и надеть спецодежду;
- взяв из стеллажа спецобувь, пройти через дисциплинирующий барьер.



# При проходе в ЗКД:

- взять из специальной кассетницы для хранения средств ИДК, закрепленное за работником средство текущего индивидуального дозиметрического контроля и надежно закрепить на нагрудном кармане или в нижнем кармане (для женщин в возрасте до 45 лет);
- подойти к дисциплинирующему барьеру на входе в зону контролируемого доступа, оставив пластиковые тапочки в корзине, надеть спецобувь и пройти на рабочее место, взяв оперативный дозиметр RAD-72.



# При проходе в ЗКД:

- НЕ ДОПУСКАЕТСЯ:
  - Проходить в обратном направлении из гардероба рабочей одежды в гардероб личной одежды.





# При выходе из ЗКД:

- На входе в умывальную комнату снять спецобувь и надеть переходные тапочки (взять из корзины);
- положить текущие средства ИДК в ячейку кассетницы в соответствии с индивидуальной маркировкой;
- провести контроль спецобуви и рук на радиационную чистоту на установках СЗБ, расположенных справа от входной двери и, при отсутствии запрещающего сигнала (красный фонарь), поставить обувь на подставку перед установкой РЗБ;
- провести контроль спецодежды на установке РЗБ и, при отсутствии запрещающего сигнала (красный фонарь), пройти в гардероб рабочей одежды, захватив спецобувь;
- поставив спецобувь в стеллаж, подойти к вешалке, снять спецодежду, повесить ее на плечики;



# При выходе из ЗКД:

- пройти в помещение душа и произвести санитарную обработку в следующей последовательности: руки, голова, тело;
- на выходе из обтирочной провести измерение загрязнения радиоактивными веществами кожных покровов на установке РЗБ (в соответствии с "Памяткой..."). Если при поведении контроля сработало табло прибора "грязно", необходимо обратиться к дозиметристу (НС ОРБ) и далее действовать по его указанию;
- при отсутствии запрещения (работает табло "чисто" ) открыть выходную калитку и пройти в гардероб личной одежды;
- подойти к своему шкафчику, надеть личную одежду и обувь, взять в руки переходные тапочки и выйти из санпропускника. Переходные тапочки положить в корзину на выходе из санпропускника.



# Радиоактивные отходы

При известном радионуклидном составе в отходах они считаются радиоактивными, если сумма отношений удельной активности радионуклидов к их минимально значимой активности превышает **1**.

$$Q = \sum_i \frac{A_i}{MZA_i} \leq 1$$



При неизвестном радионуклидном составе твердые отходы считаются радиоактивными, если их удельная активность больше:

- **100 кБк/кг** – для бета - излучающих радионуклидов;
- **10 кБк/кг** – для альфа - излучающих радионуклидов;
- **1 кБк/кг** – для трансураниевых радионуклидов.

- Гамма - излучающие отходы неизвестного состава считаются радиоактивными, если мощность поглощенной дозы у их поверхности (**0,1 м**) превышает **0,001 мГр/ч** над фоном.

- Гамма - излучающие отходы неизвестного состава считаются радиоактивными, если мощность поглощенной дозы у их поверхности (0,1 м) превышает **0,001 мГр/ч** над фоном при соблюдении условий измерения в соответствии с утвержденными методиками.

# Источники образования ОТХОДОВ:

- эксплуатация и вывод из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла, атомных электростанций, судов с ядерными энергетическими установками и иными радиационными источниками;
- использование радиоактивных веществ в производственных, научных организациях и медицине;
- реабилитация территорий, загрязненных радиоактивными веществами;
- радиационные аварии.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

## По агрегатному состоянию

- твердые
- жидкие
- газообразные

## По составу излучения

- $\alpha$ -излучение
- $\beta$ -излучение
- $\gamma$ -излучение
- нейтронное излучение

## По времени жизни

- короткоживущие ( $T_{1/2}$  – меньше 1 года)
- среднеживущие ( $T_{1/2}$  – от года до 100 лет)
- долгоживущие ( $T_{1/2}$  – больше 100 лет)

## По активности

- низкоактивные (меньше 0,1 Ки/м<sup>2</sup>)
- среднеактивные (0,1 – 1000 Ки/м<sup>2</sup>)
- высокоактивные (свыше 1000 Ки/м<sup>2</sup>)

# ПО «Маяк»





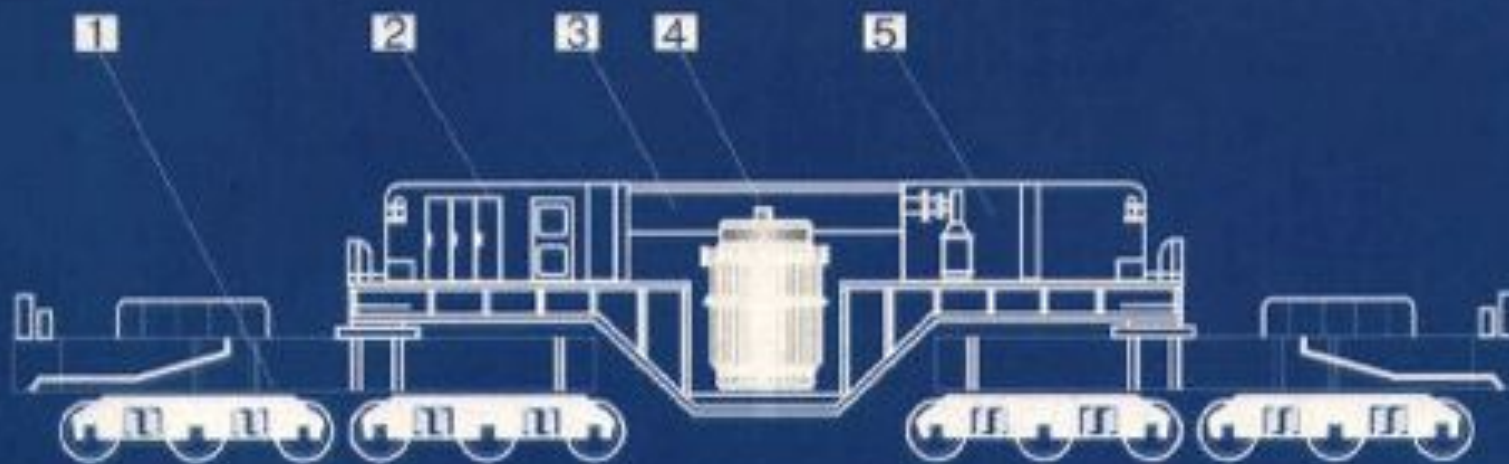


# Транспортировка и радиохимическая переработка отработавшего топлива





# Контейнер для перевозки РАО



1 - The conveyor

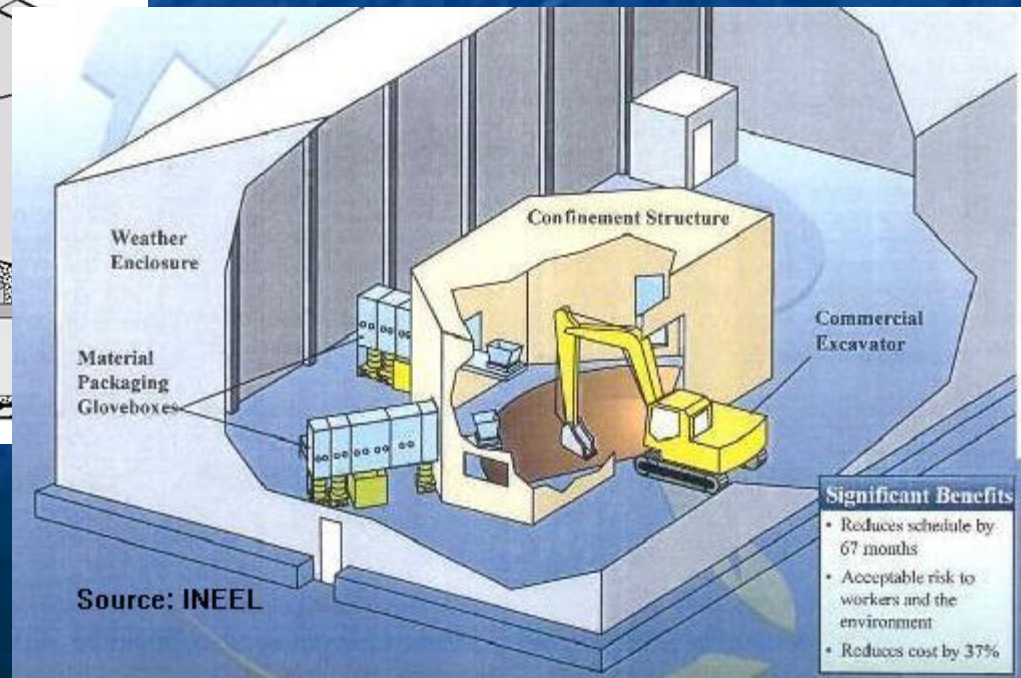
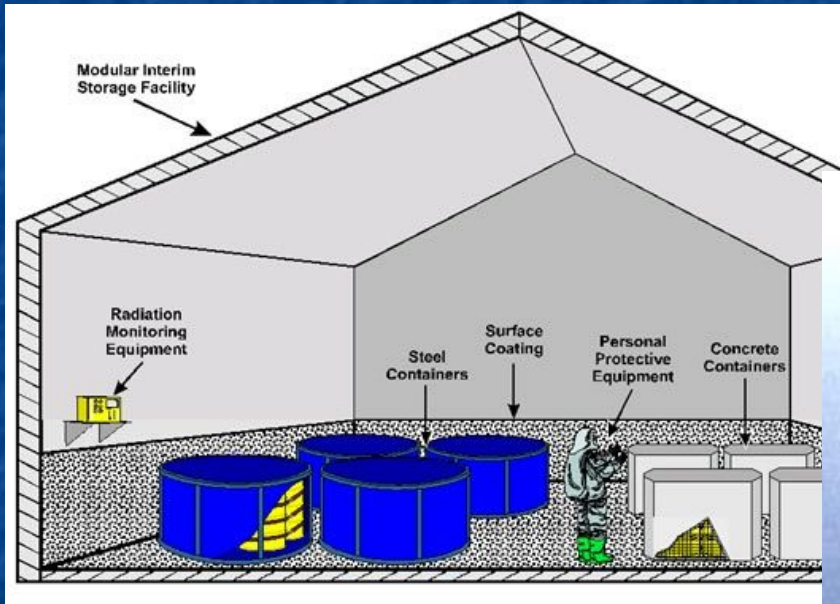
2 - Auxiliary compartment

3 - Cargo compartment

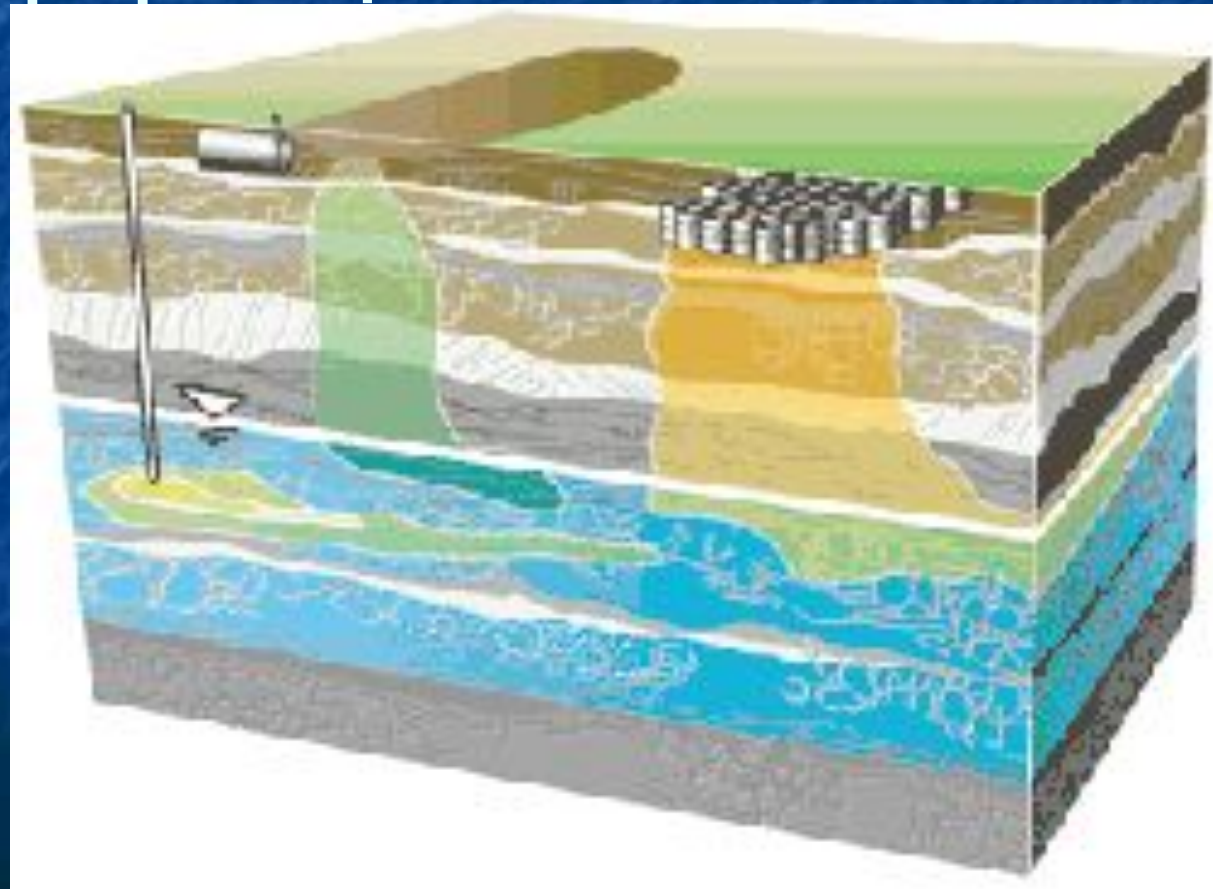
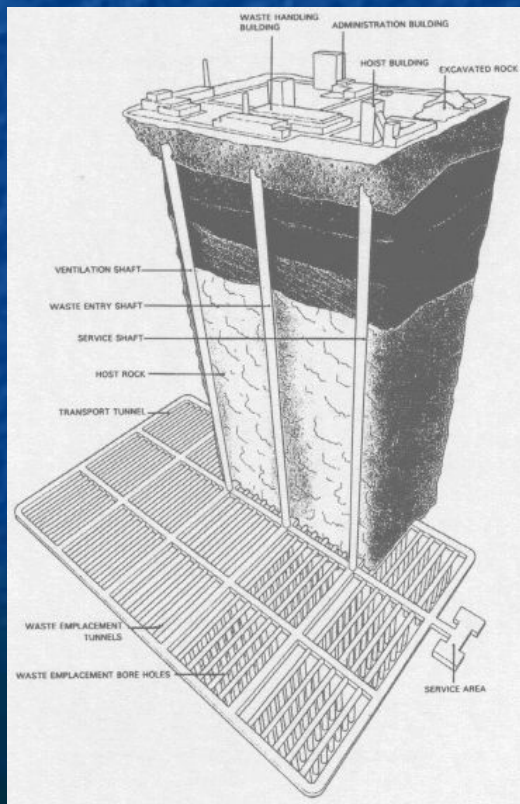
4 - The container

5 - Ventilation and heating system

# ОТВЕРЖДЕНИЕ ВЫДЕРЖАННЫХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ И ВРЕМЕННОЕ ХРАНЕНИЕ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ



# окончательное захоронение отвержденных отходов в стабильных геологических формациях



# Потенциально пригодными для захоронения РАО считаются следующие геологические формации:

- **магматических, метаморфических и осадочных пород (граниты, порфириды, базальты и их туфы, гнейсы, ортогнейсы, кристаллические сланцы, глины, аргиллиты, глинистые сланцы, каменная соль, ангидриты и др.). Эти породы обладают низкими фильтрационными свойствами ( $K_{\phi} = 10^{-4}$  м/сут) и размерами, достаточными для размещения горного отвода;**
- **залегающие в интервале глубин 300-1500 м, мощностью не менее 250 м для магматических и метаморфических пород и 100 м для галогенных и глинистых отложений;**
- **сейсмичность территории развития потенциально пригодных формаций не должна превышать 7 баллов.**

**1** **Преимущества *скальных пород* заключаются в их прочности, гарантирующей целостность проделанных стволов, штреков, штолен и т.п., и в возможности при необходимости обратного извлечения захороненных отходов.**

**2** *Соль* имеет целый ряд свойств, которые придают солевым месторождениям особые преимущества при захоронении радиоактивных отходов, основными из которых являются следующие:

- пластичность каменной соли препятствует при действующем под землей давлении образованию трещин и расселин;
- каменная соль по сравнению с другими породами имеет высокий коэффициент теплопроводности (5,3-6,5 Вт / (м•К)), что позволит относительно быстро отвести избыточное тепло, генерируемое при спонтанном распаде радионуклидов;
- широкая распространенность месторождений каменной соли.



**З** В качестве природных резервуаров для захоронения РАО рассматриваются также *глинистые породы суши*. Среди терригенных осадочных формаций предпочтительны сероцветные глинистые толщи, в отличие от красноцветных. Они обогащены органическим веществом и поэтому способны выступать в роли восстановительного буфера.

**4** Как один из вариантов локализации РАО (преимущественно отходов с высокой удельной активностью, ВАО), во многих странах рассматривают захоронение в *скважинные могильники*.

**5** В стадии разработки находятся технологии удаления РАО в *геологические формации под дно океана* (выработки или скважины). Можно выделить следующие преимущества этого метода:

- наземные источники питьевого водоснабжения не связаны с относительно статичными системами поддонных вод;
- море представляет собой большой водный резервуар – разбавитель;
- вероятность аварийной разгерметизации захороненных РАО (САО) значительно ниже, чем для континентальных могильников;
- транспортные операции на море меньше ограничены максимальными габаритами и массами перевозимых грузов.

**6** *Многолетнемерзлые породы* существуют на нашей планете сравнительно неизменно на протяжении десятков и даже сотен тысяч лет, широко распространены, характеризуются достаточно большими мощностями (до 1 км и более в глубину), приурочены к областям с крайне малой плотностью населения.

**7** Рассмотрение *месторождений радиоактивных руд* в качестве природных аналогов могильников РАО показывает достаточно высокие защитные свойства геологической среды.

# отверждение выдержанных жидких отходов и временное хранение в контролируемых условиях





# Ядерная энергетика



# Удельная энергия связи

Ядерная энергия:

**гелий**:  $28:4 = 7$  МэВ;

**дейтерия** - 2,2 МэВ;

**азота** - 104,56 МэВ;

**урана** - 1800 МэВ.



химическая энергия связи атомов в молекулах  
в расчете на один атом равна нескольким  
электронвольтам (2...5 эВ)

# Ядерные реакторы

**Ядерный реактор** - устройство, в котором осуществляется управляемая ядерная цепная реакция деления, сопровождающаяся выделением энергии.

# Уран

Содержание урана в земной коре  $3\div 4 \cdot 10^{-4}\%$ .

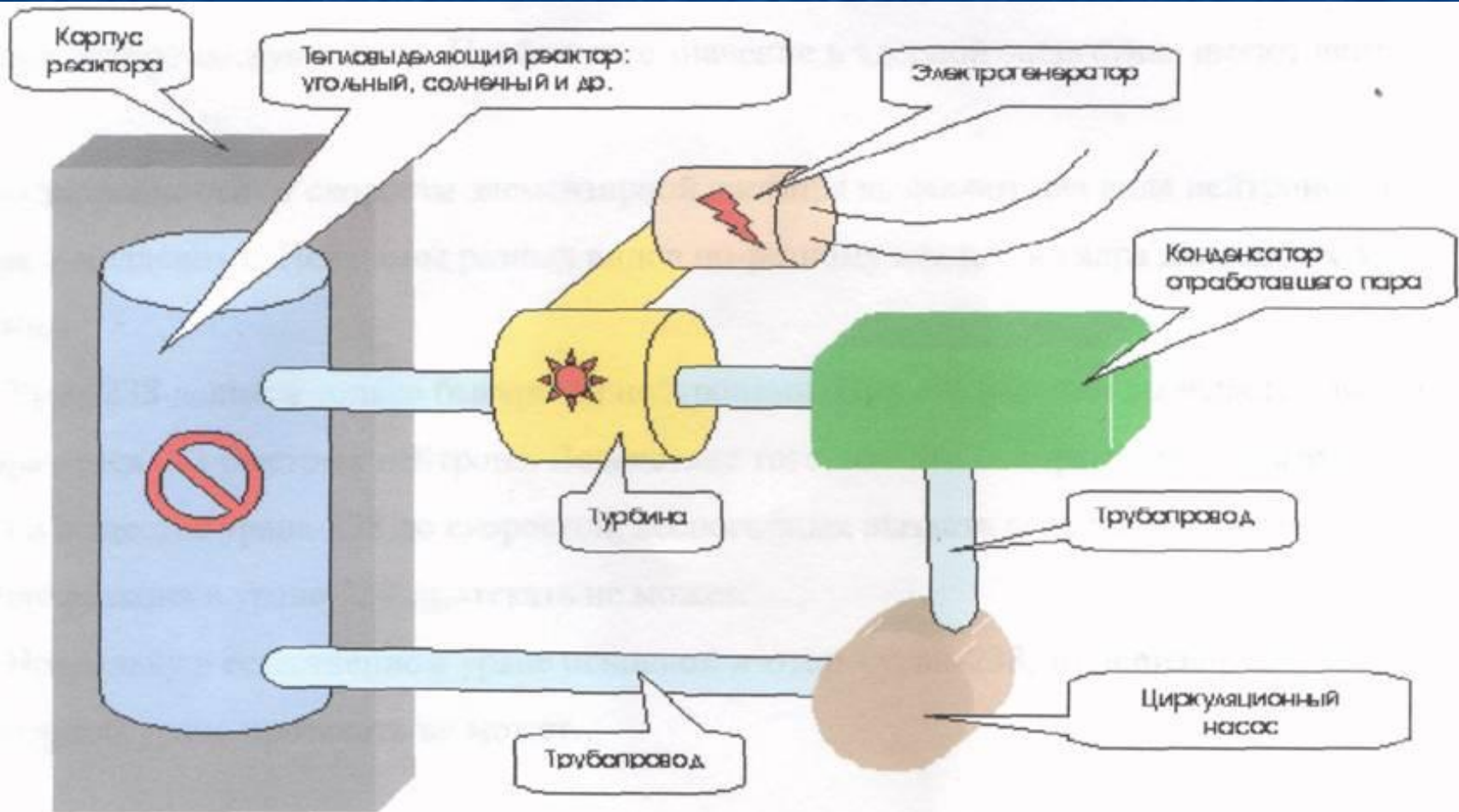
В природном уране преобладает:

- $^{238}\text{U}$  – 99,28%;
- $^{235}\text{U}$  – 0,71%;
- $^{234}\text{U}$  – 0,006%.

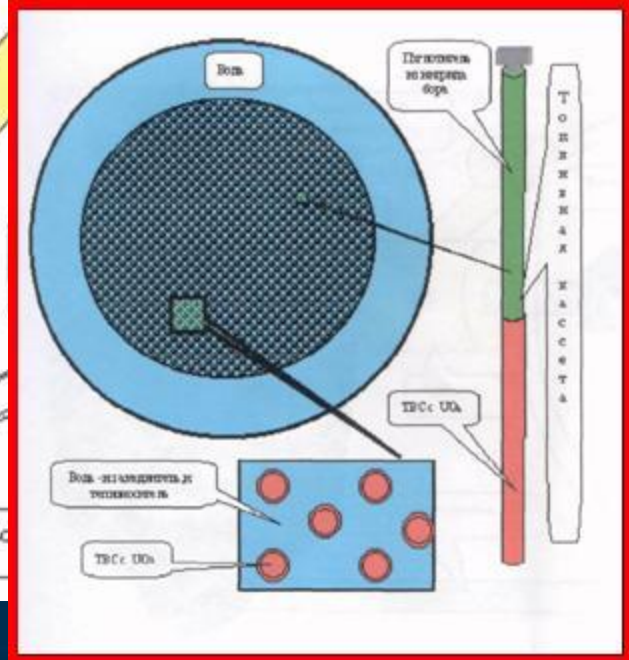
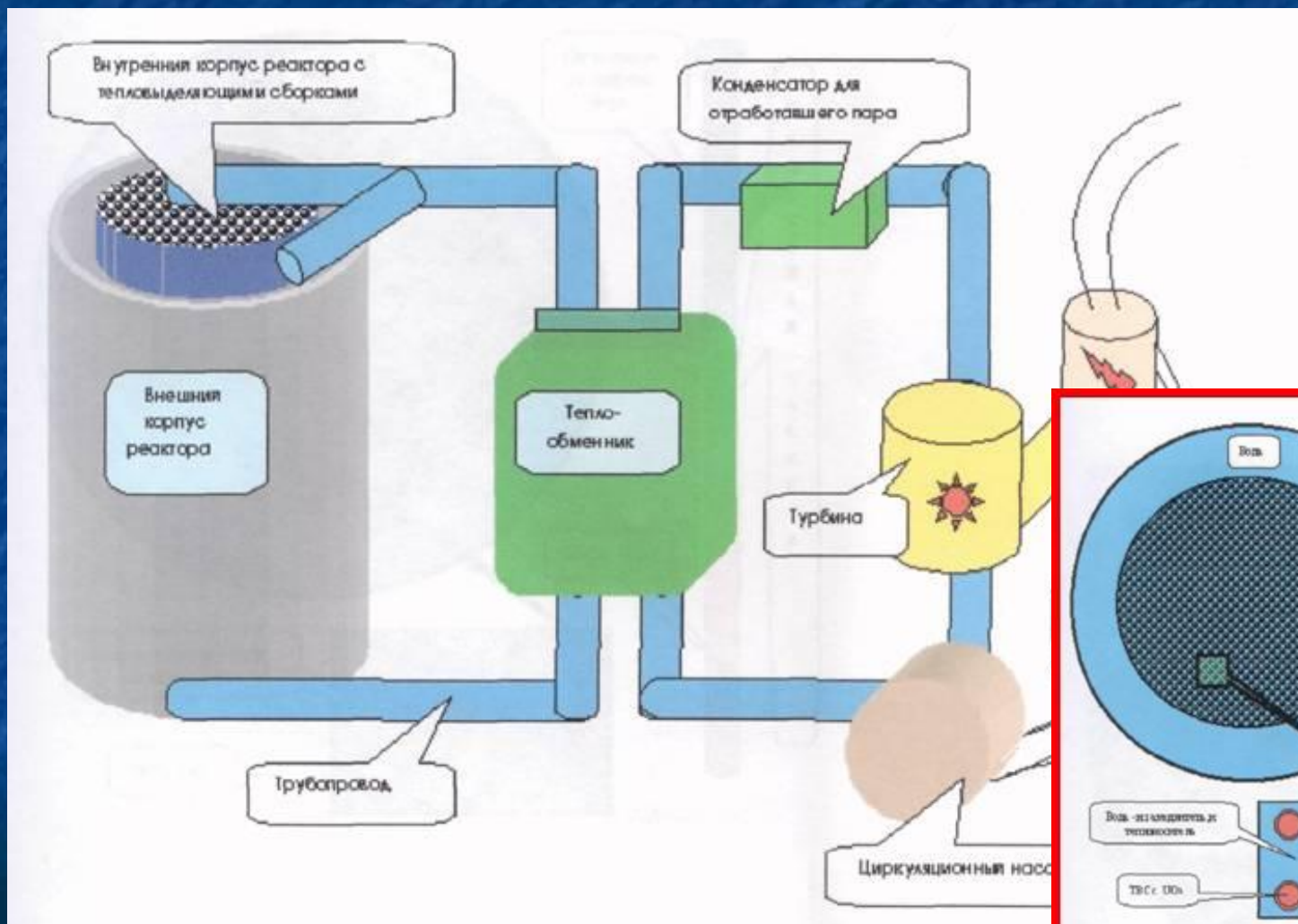
Урана примерно в 1000 раз больше, чем золота, в 30 раз больше, чем серебра, и почти столько же, сколько цинка и свинца.

Известно около 200 урановых и урансодержащих минералов.

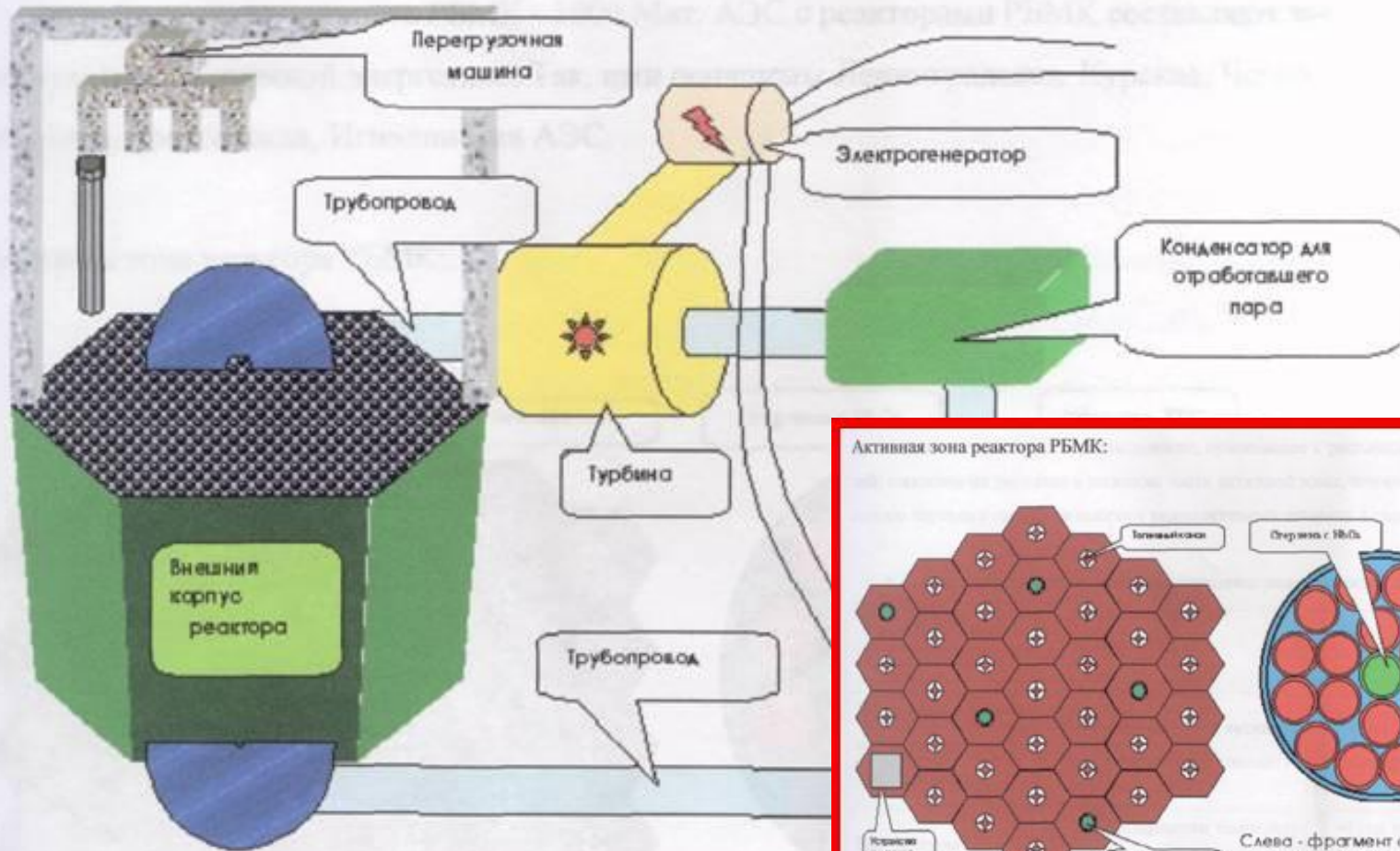
# АЭС



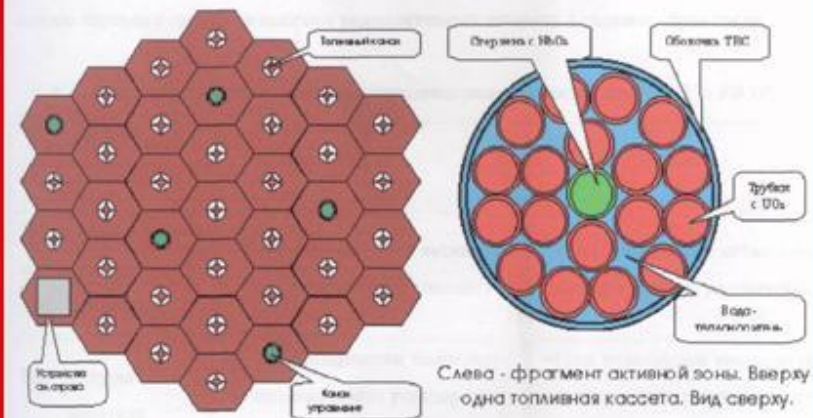
# ВВЭР



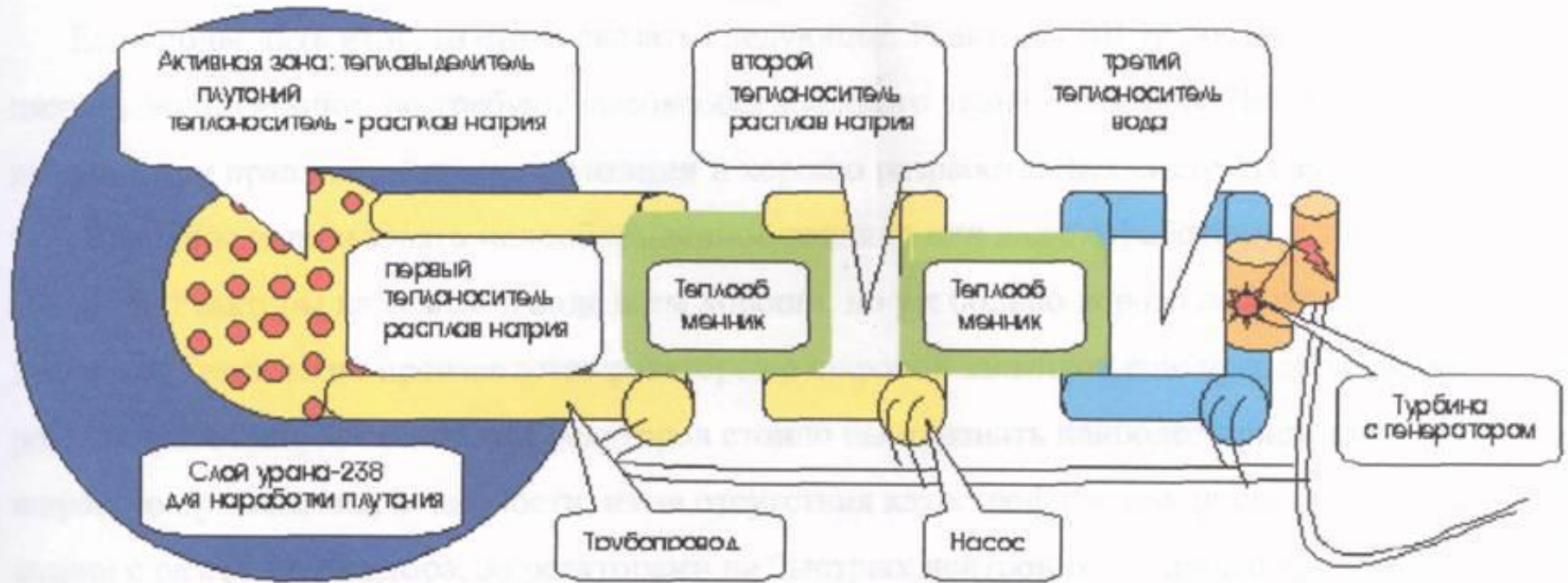
# РБМК



Активная зона реактора РБМК:



# Реактор на быстрых нейтронах



Основными источниками радиационной опасности являются:

- реактор;
- бассейны выдержки;
- отработавшее топливо;
- трубопроводы и оборудование КМПЦ (насосы ГЦН, барабан-сепараторы, задвижки и т.д.);
- аппараты системы спецводоочистки и ее оборудование;
- хранилище жидких и твердых отходов;
- воздухопроводы и оборудование спецвентсистем;
- детали и механизмы СУЗ, датчики КИП и РК, связанные с измерением параметров воды КМПЦ;
- оборудование газового контура и УПАК.



Процесс получения электроэнергии на АС основан на использовании ядерного топлива (уран-235, плутоний-239), при делении которого в реакторах более 80% освобождающейся энергии выделяется в виде кинетической энергии осколков деления и 20% - в виде энергии нейтрино и ионизирующих излучений: нейтронов, гамма-квантов, бета-частиц.

Основными источниками  
нейтронов являются работающие  
реакторы

При работе реакторов потоки  
нейтронов могут наблюдаться в  
центральных залах и прилежащих  
к реактору помещениях.

Источниками бета-излучения являются детали, извлекаемые из реакторов, технологическое оборудование, контурные и дренажные воды, радиоактивные газы и аэрозоли.

Источниками радиоактивных газов являются реакторы, вода КМПЦ, межреакторное пространство, газовые и маслосистемы оборудования КМПЦ, система охлаждения биологической защиты реактора.

*Гамма-излучение продуктов деления урана-235 представляет наибольшую опасность для персонала из-за их высокой активности.*

*Активность облученного топлива за счет продуктов деления после извлечения его из реактора может составлять несколько десятков тысяч и даже сотен тысяч кюри.*

При разгерметизации ТВЭЛов в теплоноситель поступают летучие и твердые продукты деления, так как при длительной работе реакторов на номинальной мощности давление радиоактивных газов в ТВЭЛах достигает несколько десятков кг/см<sup>2</sup>. Осколки деления могут дать существенный вклад в остаточную активность воды КМПЦ.

Источниками радиоактивных аэрозолей и поверхностных загрязнений являются технологическое оборудование при нарушении его герметичности (протечки, свищи) или при разборке, фильтры вытяжных вентсистем, извлекаемые из реактора предметы, радиоактивные отходы, газообразные продукты деления.

Для защиты персонала Курской АЭС от ионизирующего излучения предусмотрены различные **средства биологической защиты**. Основные из них:

- а) создание массивных бетонных конструкций вокруг радиоактивного оборудования (стационарная биологическая защита в местах высоких мощностей доз нейтронного и гамма-излучения);
- б) использование защитных экранов при ремонтах и обслуживании высокорadioактивного оборудования;
- в) дезактивация технологических систем, помещений и отдельных видов оборудования;
- г) герметизация помещений, в воздухе которых возможно появление радиоактивных газов и аэрозолей выше установленных допустимых среднегодовых активностей;
- д) специальные технологические вентиляционные устройства и местные отсосы при ремонте оборудования, загрязненного радиоактивными веществами;
- е) временные и постоянные хранилища твердых радиоактивных отходов и предусмотренные маршруты их транспортировки к месту погрузки, хранения и утилизации (прессование, сжигание и др.);
- ж) хранилище демонтированного радиоактивного оборудования и отдельных деталей.

Помещения в зданиях и сооружениях, относящихся к ЗКД, разделяются на три категории:

I категория - необслуживаемые помещения, где размещается технологическое оборудование и коммуникации, условия эксплуатации которых и радиационная обстановка при работе АС на мощности не допускают пребывания в них персонала;

II категория - периодически обслуживаемые помещения, в которых условия эксплуатации и радиационная обстановка при работе АС на мощности допускают ограниченное во времени пребывание в них персонала;

III категория - помещения постоянного пребывания персонала, где радиационная обстановка допускает возможность постоянного пребывания персонала в течение всего рабочего времени.



- При проведении работ в зоне контролируемого доступа персонал обязан выполнять следующие основные требования:
- - быть предельно внимательным к звуковым, световым и другим сигналам и знать их назначение;
- - выполнять требования и указания работников отдела РБ, касающиеся обеспечения радиационной безопасности;
- - иметь при себе индивидуальный дозиметр. Не допускать радиоактивного загрязнения средств индивидуального дозиметрического контроля, их повреждения или утери. В случае утери или их повреждения необходимо немедленно прекратить работу и поставить в известность непосредственного руководителя и начальника смены ОРБ;
- - выполнять требования плакатов и знаков безопасности;
- - следовать к месту выполнения работ по установленным маршрутам;
- - заранее определять порядок предстоящей работы в зоне с повышенными уровнями излучений, выполнять ее быстро и четко;
- - следить за загрязнением рабочих инструментов и своевременно проводить их дезактивацию;
- - производить уборку рабочего места после окончания работ;
- - при работах в необслуживаемых и периодически обслуживаемых помещениях в использовать СИЗ назначенный п.7 дозиметрического наряда и дополнительными оперативными дозиметрами, выполнять требования, касающиеся условий и времени проведения работ, указанные в дозиметрическом наряде (наряде-допуске);
- - следить за тем, чтобы на рабочих местах находились только лица, непосредственно выполняющие работы в данный момент;
- - отдых и обсуждение результатов работы проводить в местах с минимальным уровнем излучения или в помещениях III-й категории.



- Для получения оперативной информации о состоянии радиационной обстановки на Курской АЭС, в пределах СЗЗ и зоны наблюдения радиационный контроль делится на:
  - радиационный технологический контроль;
  - радиационный дозиметрический контроль;
  - радиационный контроль помещений и промплощадки;
  - радиационный контроль за нераспространением радиоактивных загрязнений;
  - радиационный контроль окружающей среды.



# Методология ALARA

- При планировании, подготовке и выполнении радиационно-опасных работ на Курской АЭС используется методология ALARA, которая предусматривает:
  - создание условий для раскрытия и реализации возможностей (знаний, навыков, опыта) каждого работника;
  - обоснованный выбор и предварительное планирование работ, выполнение которых обеспечивает повышение безопасности АС;
  - подготовку к выполнению работ;
  - анализ и оценку работ, учет полученного опыта.



# Принцип ALARA

*никакая практическая деятельность, связанная с облучением, не должна приниматься, если польза от нее для облученных лиц или общества в целом не превышает ущерба от вызванного ею облучения*

# Принцип ALARA

*для любого отдельного источника в рамках данной практической деятельности значения индивидуальных доз, число облученных лиц и возможность подвергнуться облучениям, которые необязательно случатся, должны поддерживаться на столь низких уровнях, какие только могут быть разумно достигнуты с учетом экономических и социальных факторов*

# Принцип ALARA

*облучение отдельных лиц от сочетания всех соответствующих видов практической деятельности должно ограничиваться пределами дозы или контролем риска в случае потенциального облучения*

*В ноябре 1990 года  
Международная Комиссия по  
радиологической защите (МКРЗ)  
выпустила рекомендации, в  
которых были определены три  
фундаментальные принципа,  
лежащие в основе современной  
системы радиационной защиты*



*Балансирование между достоинствами (выгода) и недостатками (ущерб), - к этому неявно сводится ход мышления каждого при принятии решения.*

Но все же его основная направленность - решение проблем радиационной защиты на практике.



Считается, что хороший работник должен сам участвовать в деле снижения дозовых затрат, выполняя работу качественно и с низкими дозовыми затратами. Работник, обученный ALARA-мышлению, избегает облучения автоматически, постоянно и при любых обстоятельствах..

*Персонал должен автоматически применять меры и способы*

*защиты от ионизирующих излучений, такие как*

*-защита расстоянием;*

*-защита временем (быстрая работа);*

*-использовать средства защиты (всех видов);*

*-вне работы находиться вдали от источников излучений;*

*- поддерживать чистоту на рабочем месте;*

*поддерживать в процессе работы необходимые контакты со смежниками (исключение задержек):*

*-участвовать в совершенствовании работы ( новые инструменты и приспособления, методы проведения работ).*

Важна правильная организация таких подготовительных работ как

- установка временных ограждений;
- установка (разборка) лесов и подмостей;
- наладка режима вентиляции, включая местные отсосы;
- предварительная (и по окончании) дезактивация оборудования (рабочих мест);
- снятие и установка теплоизоляции;
- использование временных защитных экранов (свинцовый лист в полиэтилене, свинцовая дробь в резине и др.).

При организации работ следует также учитывать влияние условий труда и микроклимата на увеличение времени выполнения работ:

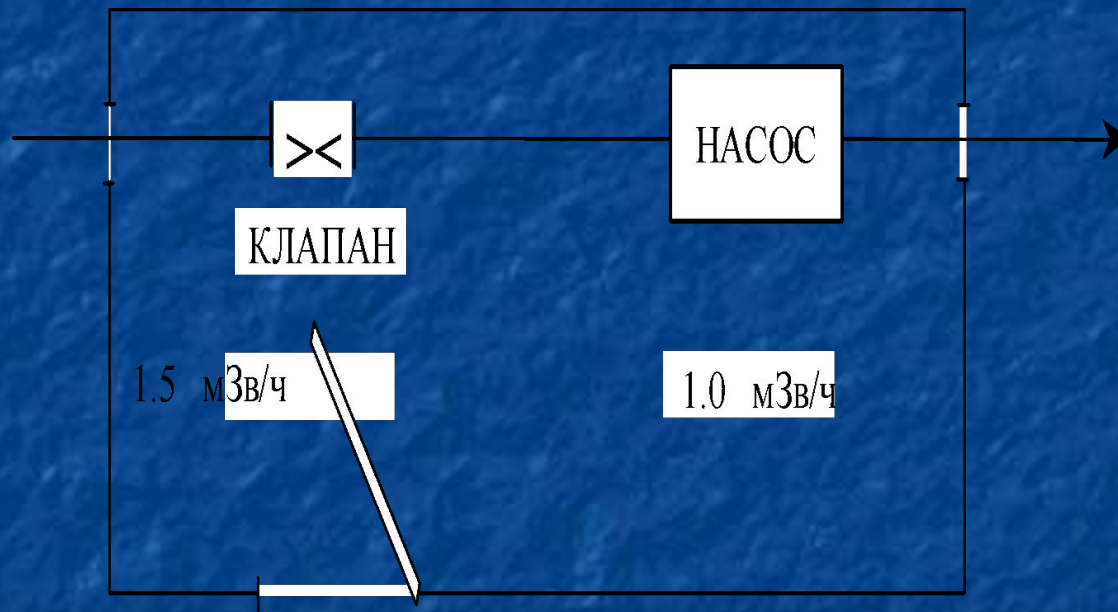
- слабая освещенность - 20%
- защитные маски без переговорных устройств - 20%
- стесненные условия - 20%
- сильно стесненные условия - 40%

*«Никогда не хватает  
времени, чтобы сделать  
работу хорошо сразу, но  
всегда найдется время  
сделать эту работу  
дважды»,.....*

*Оптимальная численность  
бригады - это минимальное  
число рабочих способных  
выполнить работу  
вовремя.*

"базовый случай", "нулевой уровень защиты" или "вариант нулевой защиты").

■ РИС.№ 1



# Свинцовая перегородка

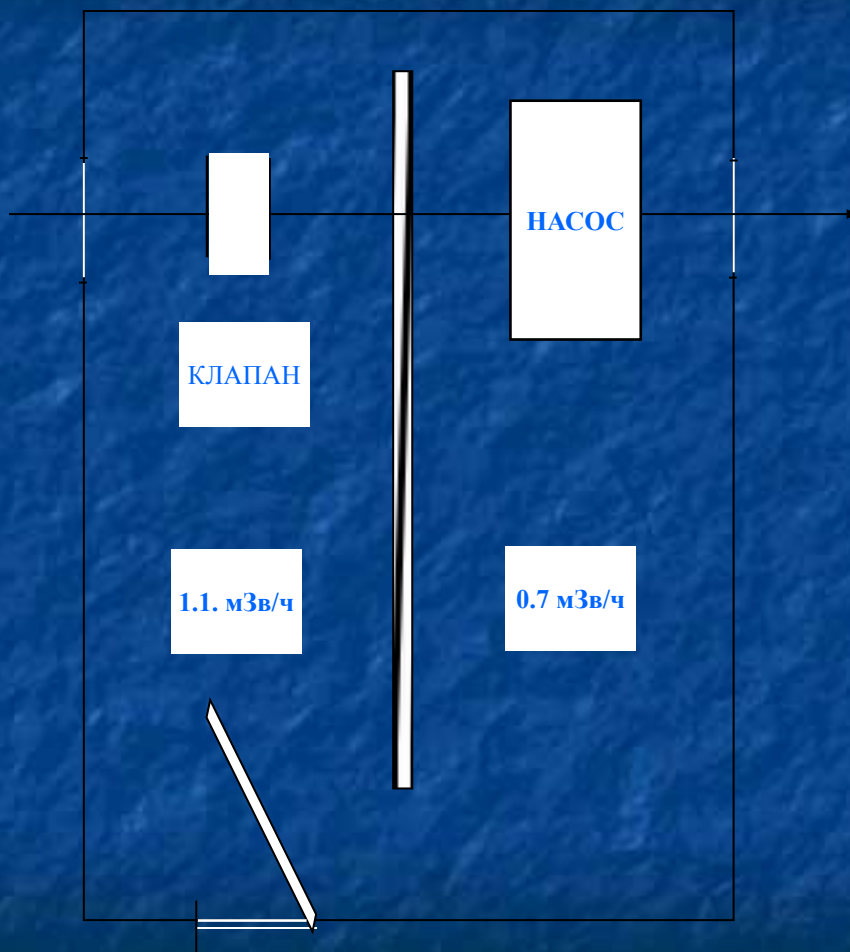


РИС. № 2



# Две возможные схемы ограждения. Стена

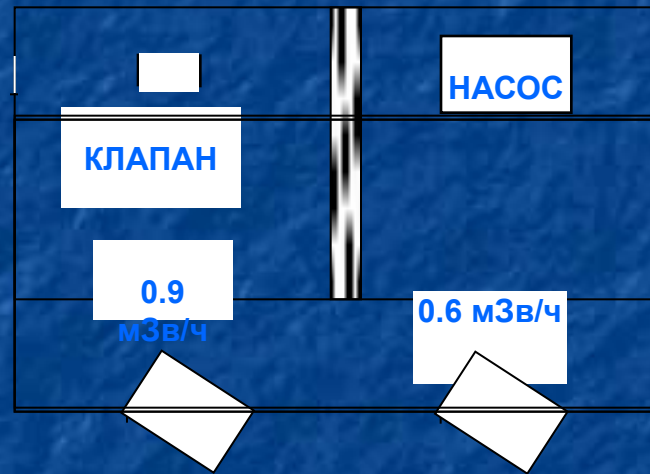


РИС. № 3

## Возможные варианты:

(а) Не предпринимать вообще никаких действий и оставить существующую схему, показанную на рис. 1. (Этот вариант часто называется "базовым случаем", "нулевым уровнем защиты" или "вариантом нулевой защиты").

(б) Поставить свинцовую перегородку так, как показано на рис. 2. Теперь рабочий, управляющий клапаном, защищен некоторым образом от насоса и аналогично, рабочий, обслуживающий насос, лучше защищен от клапана.

(в) Поставить разделяющую стену между клапаном и насосом, получая две отдельные комнаты, каждую со своей входной дверью, как показано на рис. 3. Мощность дозы в обеих комнатах становится теперь еще ниже.

*Персонал должен понимать,  
что он принимает ALARA для  
своей собственной  
Безопасности - нет  
«безопасных» доз облучения.  
и пользы предприятия - а  
значит, и  
своей собственной.*

ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ МОЖНО  
ИЗБЕЖАТЬ, ЕСЛИ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ  
ВЫПОЛНЕНИЯ КАКОЙ-ТО РАБОТЫ-  
ИЗ ЧЕГО СЛУДУЕТ ПРИНЦИП

ПННН

ПРЕКРАСНО, НО НЕТ  
НЕОБХОДИМОСТИ

*«настолько низко  
насколько  
разумно  
ДОСТИЖИМО»*