

## Елена Владимировна Жаравович

Обобщённая оценка проводится для любой ЧС. Во всех случаях для проведения оценки должны быть известны:

1. Исходные данные
2. Критерии оценки
3. Величины и параметры, которые необходимо определить:
  - а. Величину социального риска и ущерба
  - б. Величину экономического риска и ущерба
  - в. Величину экологического риска и ущерба

*Риск* – отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за их определённый период.

$$\text{Риск} = \text{Опасность} * \text{Уязвимость}$$

*Опасность* – явления, процессы или объекты, способные в определённых условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно.

*Уязвимость* – незащищённость, которая включает в себя неподготовленность и отсутствие ресурсов. Уязвимость можно рассматривать и как степень потерь (людских и материальных), определяемых типом и масштабом ЧС и способностью им противостоять.

- а. Уязвимость объектов – степень подверженности их разрушениям, повреждениям в результате воздействия поражающих факторов ЧС.
- б. Уязвимость людей – степень неподготовленности и неспособности противостоять ЧС.

Уязвимость зависит также от степени урбанизации, образа жизни населения, уровня развития экономики и внедрения безопасных технологий (флюорография, ЭКГ), демографической ситуации, уровня образования, социальной обстановки, уровня подготовки населения и государственных структур действиям в ЧС и выживанию в них.

### Основные функции риска:

1. Защитная (для субъекта, объекта экономики риск – нормальное состояние, поэтому должно вырабатываться рациональное отношение к неудачам)
2. Аналитическая (наличие риска предполагает необходимость выбора одного из возможных вариантов «правильного решения»)
3. Инновационная (проявляется в стимулировании поиска нетрадиционных решений проблем)
4. Регулятивная (имеет противоречивый характер и выступает в 2-ух формах: конструктивной и деструктивной)

### Методы определения риска:

1. Инженерный
2. Социальный

3. Экспертный (расспрашивают экспертов о вероятности риска)

4. Модельный (строится модель)

Цена жизни (критерий – вклад в труд страны)

В психологии термин «риск» связан с 3 направлениями деятельности:

1. Риск как мера ожидаемой неудачи в деятельности = произведение вероятности неуспеха на степень неблагоприятных последствий.

2. Риск как действие, грозящее субъекту определёнными потерями

а. Мотивированный риск

б. Немотивированный риск

в. Оправданный риск

г. Неоправданный риск

3. Риск как ситуация выбора

Оценка риска:

1. Для оценки технологий и техники:  $R = (N_{\text{чс}}/N_0) \leq R_{\text{доп}}$

$R_{\text{доп}}$  – принятое допустимое значение риска.

$N_{\text{чс}}$  – число ЧС в год.

$N_0$  – общее число событий в год.

$2,5 \cdot 10^{-6}$  в год – степень риска в техногенной сфере.

Критерии риска:

Величина допустимого риска, величина приемлемого риска, величина недопустимого риска.

Используют приемлемый риск.

Рис. 1 –

$P$  – вероятность гибели человека за год

$D$  – затраты на технические системы безопасности

$T$  – средняя продолжительность жизни

Кривая 1 – Технический риск

Кривая 2 – социально-экономический риск

Кривая 3 – суммарный риск

Денежные средства, имеющиеся у предприятия, могут быть полностью потрачены на технические средства безопасности. Тогда вероятность возникновения аварий и гибель человека будет мала.

Так как нет денег на зарплату, то будет падать продолжительность жизни. В обратном случае вероятность гибели увеличивается, а продолжительность жизни увеличивается. Оптимум – минимум кривой 3.

*Социальный риск* – риск для здоровья человека или риск для жизни людей. Поэтому социальный риск для здоровья человека:  $R=n/N$

$n$  – число несчастных случаев людей на данной территории.

$N$  – общее число людей на данной территории.

### 3

Основные мероприятия по предупреждению техногенных ЧС:

На потенциально-опасных объектах:

1. Размещение потенциально-опасных на удалении от спальных районов.
2. Разработка, производство и применение надёжных потенциально-опасных промышленных установок.
3. Внедрение автоматических и автоматизированных систем контроля безопасности производства.
4. Повышение надёжности самих систем контроля.
5. Своевременная замена устаревшего оборудования?
6. Своевременная профилактика и техническое обслуживание техники и оборудования.
7. Соблюдение обслуживающим персоналом правил эксплуатации оборудования.
8. Совершенствование противопожарной защиты и систем пожаротушения.
9. Снижение опасных веществ на объектах до необходимого количества.
10. Соблюдение правил безопасности при транспортировке опасных веществ.
11. Использование результатов прогнозирования ЧС для совершенствования систем безопасности.

Основные мероприятия по предупреждению биолого-социальных ЧС:

1. Комплекс санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий среди населения при угрозе инфекционных заболеваний.
2. Совершенствуется медицинское оборудование и методики диагностирования.
3. Проводится вакцинация, синтез новых лекарств и препаратов, разъяснительные работы среди населения.
4. Объявляется карантин или обсервация.

**24.11 - срок сдачи РГЗ №2.**

**В тетрадь либо в электронном виде.**

### Таблица 3 – исходные данные (с 30 в обратную сторону по номерам)

Основные мероприятия по предупреждению экологической ЧС:

1. Экологическая экспертиза всех видов деятельности.
2. Проведение экологических аудитов.
3. Рациональное размещение объектов, имеющих источники вредных выбросов в атмосферу, гидросферу, почву.
4. Установление санитарно-защитных зон вокруг некоторых промышленных объектов.
5. Принятие правовых актов по защите природной среды.
6. Принятие мер организационного, правового и технического характера по снижению загрязнения природной среды транспортом.
7. Проведение комплекса мероприятий по сохранению здоровья и продолжительности жизни человека в условиях экологических загрязнений.
8. Выполнение международных соглашений по экологическим проблемам.

## 4

### 4.1 Категория опасных производственных объектов

### 4.2 Паспорт безопасности территорий

#### 4.1

К категории опасных производственных объектов относятся:

1. Предприятия, на которых производятся, получают, перерабатываются, используются, хранятся, транспортируются и уничтожаются следующие опасные вещества:
  - а. *Воспламеняющиеся вещества* - вещества, газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися, и температура кипения при нормальном давлении не превышает 20 градусов.
  - б. *Окисляющие вещества* – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение или способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции.
  - в. *Горючие вещества* – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также загораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его горения.
  - г. *Взрывчатые вещества* – вещества, которые при определённых видах внешнего воздействия способны на очень быстрое само распространяющееся химическое превращение с образованием тепла и газов.
  - д. *Токсичные вещества* – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели, имеющей следующие характеристики:

LD50 при введении в желудок – от 15 мг/кг до 200 мг/кг

е. Высоко токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели, имеющей следующие характеристики:

LD50 при введении в желудок – не более 15 мг/кг

ж. *Вещества, представляющие опасность для окружающей среды* – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

LD50 при ингаляционном воздействии на рыбу в течении 96 ч – не более 10 мг/л

2. Объекты, где используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°.

3. Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, фуникулёры.

4. Предприятия, где получают расплавы чёрных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов.

5. Ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, работы в подземных условиях.

## 4.2

Основным документом, который характеризует полноту и качество управления промышленной безопасностью на территории является паспорт безопасности территории. Разработку паспорта безопасности территории организует исполнительный и распорядительный орган административно-территориальной единицы.

Паспорт безопасности территории используется для следующих задач:

1. Определение возможности возникновения ЧС.
2. Оценка возможных последствий ЧС.
3. Оценка деятельности комиссии по ЧС.
4. Разработки и применения экономических механизмов управления субъектов хозяйствования, стимулирующих их деятельность.
5. Осуществление компенсационных мер.

ПБТ составляется по состоянию на 1 января текущего года и корректируется по надобности, переоформляется через 5 лет.

Структура и состав ПБТ:

ПБТ содержит информацию о:

1. Возможности возникновения ЧС и их последствия для населения и территории.
2. О мерах по предупреждению, снижению тяжести и подготовленности к ликвидации ЧС.
3. Характеристика возможных потенциальных опасностей:

3.1. Общих опасностей техногенного характера.

3.2. Последствий опасных природных явлений, имеющих место на данной территории.

3.3. Последствия крупных аварий, имеющих место на объектах, расположенных на данной территории.

3.4. Последствия экологических ЧС, имеющих место на территории.

3.5. Последствия биолого-социальных ЧС, имеющих место на территории.

3.6. Уровней радиоактивного заражения местности.

В разделе «Характеристика работы территориальных органов по предупреждению ЧС» описывают состояние работ по:

1. Информированию населения о возможных источниках ЧС и подготовке его к действиям в условиях ЧС.
2. К защите населения и его жизнеобеспечения в условиях ЧС.
3. Локализация зон воздействия поражающих факторов.
4. Подготовке объектов экономики и систем жизнеобеспечения к работе в условиях ЧС.
5. Подготовке системы управления, сил и средств к ликвидации ЧС.

## 5

*Объект народного хозяйства* – сложный инженерно-технический комплекс, включающий в себя здания, сооружения, энергосистемы, оборудование, автоматизированные системы, приборы, аппаратуру и т.д..

*Устойчивость работы объекта народного хозяйства* – способность объекта выпускать установленные виды продукции в необходимых объёмах и номенклатуре (для объектов, не производящих материальных ценностей – выполнять свои функции) в условиях ЧС мирного или военного времени, а также приспособленность объекта к восстановлению в случае повреждения.

Факторы, которые могут оказать воздействие на устойчивость работы объектов:

### 1. Внутренние:

1. Защищённость производственного персонала от поражения при воздействии поражающих факторов источников ЧС.
2. Устойчивость инженерно-технического комплекса к поражающим факторам источника ЧС.
3. Планировка и застройка территории объекта.
4. Надёжность и производительность технологического оборудования, степень его изношенности.
5. Размеры территории и характер объекта.
6. Наличие своих источников энергоснабжения.
7. Виды выпускаемой продукции.
8. Система безопасности производства.

9. Уровень применяемой технологии.
  10. Численность и профессиональные навыки рабочих и служащих.
  11. Заработная плата и текучесть кадров.
  12. Система производственного менеджмента, маркетинга и их надёжности.
  13. Трудовая и производственная дисциплина.
  14. Обученность производственного персонала действиям в ЧС.
  15. Возможность работы объекта в аварийных режимах.
  16. Готовность объекта к восстановлению производства в случае его нарушения поражающими факторами источника ЧС.
2. Внешние:

### Ядерная

Устойчивость атомного ядра обусловлена действующими между нуклонами ядерными силами притяжения. Особенность этих сил в том, что они очень высоки на крайне коротких расстояниях ( $10^{-13}$  см) и во многом превосходят кулоновские силы отталкивания, действующие между одноимёнными частицами, входящими в состав ядра. Элементы с зарядовым числом  $Z > 82$  неустойчивы. *Радиоактивность* – самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер.

### Виды радиоактивности:

1. Естественная (у естественных изотопов)
2. Искусственная (у искусственно произведённых изотопов)

*Радиоактивный распад* – процесс естественного самопроизвольного-происходящего радиоактивного превращения. *Радионуклиды* – ядра, испытывающие распад. Исходное атомное ядро - материнское ядро, второе – дочернее.

*Период полураспада (T)* – время, за которое число радиоактивных ядер в среднем уменьшается в двое.

$U_{92}^{238}$  –  $T=4.5$  млрд. лет

$Rn_{86}^{222}$  –  $T=3.8$  сут

$Ra_{88}^{226}$  –  $T=1630$  лет

$Ra_{88}^{219}$  –  $T=0.001$ с

$$N = N_0 * e^{-\lambda t}$$

$N_0$  – при  $t=0$

$N$  – спустя  $t$  (количество нераспавшихся ядер)

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 * (1 - e^{-\lambda t})$$

$$T = \ln 2 / \lambda$$

Среднее время жизни радионуклида ( $\tau$ ) –  $\tau = 1/\lambda$

$$\tau = T / \ln 2$$

$T$  (для йода) = 8.05 сут  $\tau$  = 11.62 сут

Виды излучений:

### 1. Волновое (квантовое)

#### 1. Рентгеновское

Источником является солнце.

#### 2. Гамма-излучение

Сопровождает альфа и бета распад.

### 2. Корпускулярное

#### 1. Излучение заряженных частиц (протон, электрон, альфа частицы)

#### 2. Излучение незаряженных частиц (нейтрон)

### **Взаимодействие различных видов излучений с веществом**

#### 1. Взаимодействие альфа излучения с веществом.

Альфа частицы – это атомы гелия.



Скорость альфа частиц –  $1,4 - 2 \cdot 10^7$  м/с ( $1,4 \cdot 10^7$  – для энергий 4 МэВ, другая для 8,8 МэВ)

Альфа частицы образуются в момент радиоактивного распада ядра при встрече движущихся внутри ядра двух протонов и двух нейтронов за время взаимодействия  $t = 10^{-21}$  с.

*Удельная ионизация* – количество пар ионов, которые образуются в одном сантиметре пути пробега частицы.

Ионизирующая способность альфа частицы – 100000 – 300000 пар ионов.

В воздухе – 2-9 см

Биологические ткани – 0,06 мм

0,1 мм защищает от альфа частиц (лист бумаги).

#### 2. Взаимодействие бета излучения с веществом.

Выписать из тетради.

В воздухе – 1-1,8 метра

В биологической ткани – 0,3-0,5 см. Максимум 2,5 см



Для защиты глаз – стекло толщиной 6 мм.

Ионизирующая способность – 1000-50000 пар ионов.

3. Взаимодействие гамма излучения с веществом.

Гамма излучение испускается дочерним ядром. Дочернее ядро в момент своего образования оказывается возбуждённым и за время  $t=10^{-13} - 10^{-14}$  оно переходит в основное состояние с испусканием гамма излучения.

$J_0$  – интенсивность гамма пучка на входе в слой вещества

$X$  – толщина слоя вещества

$J$  – интенсивность пучка гамма квантов на выходе

$\mu$  – коэффициент поглощения, зависящий от слоя вещества и энергии гамма квантов.

Основные процессы, сопровождающие прохождение гамма излучения через вещество:

1. Фотоэффект

*Фотоэффект* – процесс, при котором атом поглощает гамма квант и испускает электрон.

Энергия гамма кванта – 100-200 кэВ

2. Комптоновское рассеивание

Комптоновское рассеивание – процесс, при котором гамма квант взаимодействуя со слабо связанным электроном атома передаёт ему энергию и отклоняется на некий угол, а электрон покидает атом.

Энергия гамма кванта – 200 кэВ до 100 МэВ

3. Рождение электронно-позитронной пары – процесс, при котором гамма квант превращается в пару частиц в результате взаимодействия с электрическим полем ядра или электрона.

Схема 1

Гамма излучение распространяется со скоростью света в вакууме. Гамма квант с энергией 1 МэВ в воздухе проходит расстояние 122 метра, а в биологической ткани 14 см. Необходима бетонная стена, толщиной 1,5-2 метра или же материал с большим коэффициентом ослабления.

### **Дозиметрические величины и единицы измерения.**

**1. Активность и её единицы измерения.**

**2. Экспозиционная доза, её мощность и единицы измерения.**

**3. Поглощённая доза -//-**

**4. Эквивалентная доза -//-**

**5. Эффективная эквивалентная доза -//-**

## 6. Коллективная эффективная эквивалентная доза -//-

## 7. Операционные дозиметрические величины

### 1

*Активность радионуклидов* – количество их ядер, которые распадаются за единицу времени.

$$A = N/t \text{ (Беккерель (Бк))}$$

1 Беккерель – это такая активность радиоактивного вещества, при которой за 1 секунду распадается 1 ядро.

Кюри (Ки) – внесистемная единица измерения активности.

1 Кюри – приблизительно соответствует активности 1 г чистого радия, в котором за 1 секунду распадается  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядер.

$$1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$$

*Объёмная активность (Аоб)* – отношение активности радионуклида, содержащегося в образце, к его объёму. Бк/м<sup>3</sup> или Ки/л

*Поверхностная активность (Апов)* - отношение активности радионуклида, содержащегося на поверхности, к поверхности. Бк/м<sup>2</sup> или Ки/км<sup>2</sup>

*Удельная активность (Ауд)* - отношение активности радионуклида, содержащегося в образце, к массе образца. Бк/кг или Ки/г (Ки/кг)

### 2

*Рентген* - такая доза облучения рентгеновским излучением, что в 1 см<sup>3</sup> образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов.

$$1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$$

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

Мощность экспозиционной дозы

$$P = X/t \text{ А/кг или Р/ч}$$

### 3

*Поглощённая доза (Д<sub>пол</sub>)* – это количество энергии любого вида излучения, поглощённая единицей массы облучённого тела.

В СИ – Грей (Гр)

1 Гр – такая поглощённая доза излучения, при которой массе облучённого вещества в 1 кг передаётся энергия излучения в 1 Дж.

Внесистемная – Рад (радиационная абсорбционная доза)

1 Рад – соответствует энергии в 100 Эрг, поглощённой массой в 1 г.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

1 рад = 1 сГр

#### 4

*Эквивалентная доза (Нэкв)* – поглощённая доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность излучения данного вида повреждать ткани организма.

В СИ – Зиверт (Зв)

Внесистемная – Бэр (биологический эквивалент рентгена)

1Р прибл = 1 Бэр

1 Зв = 100 Бэр

1 Бэр = 0.01 Зв

Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) – во сколько раз данный вид излучения более биологически опасен, чем гамма излучение, при одной и той же дозе.

Стандартное излучение – рентгеновской излучение с  $E = 188-200$  кЭв

Стандартизированные значения ОБЭ, установленные для контроля степени радиационной безопасности при хроническом облучении, называются *коэффициентами качества*.

Вид излучения	Коэффициент качества
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Бета-излучение	1
Протоны с $E < 10$ МэВ	10
Альфа-излучения	20

$H_{\text{экв}} = K \cdot D_{\text{погл.}}$

МЭД – мощность эквивалентной дозы.

$R_{\text{погл}} = D_{\text{погл}}/t$  Гр/с или Рад/ч

$R_{\text{экв}} = H_{\text{экв}}/t$  Зв/с или Бэр/ч

#### 5

Нэф.экв (ЭЭД)

$W_i$  – коэффициент радиационного риска

Различные органы и ткани	$W_i$
Красный костный мозг	0,12
Кости	0,01
Щитовидная железа	0.05
Лёгкие	0,12
Репродуктивные органы	0,2
Суммарное	1

$H_{\text{эф.экв}} = \sum_{i=1}^n H_{\text{экв}} \cdot W_i$

В год не более 1мЗв/год.

В СИ - Зв

Внесистемная – Бэр.

## 6

*Коллективная эффективная эквивалентная доза* – это сумма эффективных эквивалентных (индивидуальных) доз данной группе людей за данный промежуток времени.

Рассчитывают – умножают среднюю эффективную эквивалентную дозу на количество людей, под облучением.

В СИ – Чел-Зв = 100 Чел-Бэр

Внесистемная – Чел-Бэр

## 7

*Операционная величина* – величина, однозначно определяемая через физические характеристики поля излучения в точке, максимально возможно приближенная в стандартных условиях облучения к нормируемой величине и предназначенная для консервативной оценки этой величины при дозиметрическом контроле.

Схема2

Определение операционных величин внешнего облучения используется *эквивалент дозы (H)*

$H = K \cdot D$

В СИ – Зв

Внесистемная – Бэр

*Индивидуальный эквивалент дозы ( $H_p(d)$ )* – является операционной величиной внешнего облучения для индивидуального контроля облучения.

Эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине  $d$  (мм) под рассматриваемой точкой на поверхности плоского фантома или тела человека.

В СИ – Зв

*Амбиентный эквивалент дозы ( $H^*(d)$ )* – операционная величина внешнего облучения для контроля радиационной обстановки.

В СИ – Зв.

Мощность амбиентного эквивалента дозы ( $\dot{H}^*(d)$ ) - используется для контроля радиационной обстановки и на рабочих местах с целью группового дозиметрического контроля персонала.

## Источники ионизирующих излучений

### 1. Естественные источники радиации

### 2. Искусственные источники радиации

# 1

*Естественные радиоактивные вещества* – вещества, образовавшиеся и воздействующие на человека без его участия.

Источники:

## 1. Космическое излучение.

Источники космического излучения:

1. Галактическое излучение, сопровождающее выброс материи при звёздных взрывах и образовании сверхновых звёзд.
2. Солнечное излучение с 11 летним циклом.
3. Излучение заряженных частиц, захваченных магнитным полем Земли.

Космическое излучение:

### 1. Первичное космическое излучение

- 1.1. Высокоэнергетические потоки (протоны) 90-92%
- 1.2. Альфа-частицы 7-9%
- 1.3. Ядра лёгких элементов (нейтроны, фотоны) 1%

Рисунок 1 – Радиационные пояса Земли

1-ый пояс (внутренний) – заканчивается за 3-4 тысячи км до земной поверхности (протоны высоких энергий  $E > 10$  МэВ)

2-ой пояс – пояс протонов с малой энергией ( $E < 10$  МэВ)

Зелёный пояс – зона перемешивания 2-го и 3-го поясов

3-ий (внешний) пояс – электроны с  $E$  до 100 кэВ и  $t = 10^5 - 10^7$  секунды.

4-ый пояс – зона квазизахвата

2. Вторичное космическое излучение – излучение, взаимодействуя с ядрами кислорода, водорода и т.д. вызывают их распад и образование множества новых элементарных частиц (более 200) - пи-мезоны, мю-мезоны и т.д.

Люди у моря – 300 мкЗв в год.

В горах – больше.

## 2. Радионуклиды земного происхождения.

Главный источник земной радиации – радиоактивные элементы в горных породах, вулканических образованиях.

$10^2 - 10^3$  Бк/кг

1. Элементы средней части таблицы (калий 40, кальций 48, индий, цирконий, рубидий 87)
  2. Члены 3-ёх радиоактивных семейств
    - 2.1 Семейство урана 238
    - 2.2 Семейство тория 232
    - 2.3 Семейство актиния 227
- Всего их 82 радионуклида.

Основной дозообразующий элемент на территории РБ – калий 40 ( $T = 1,32 \cdot 10^9$  лет) – 180 мкЗв в год.

Радиоактивен также радон ( $T = 3,8$  суток), излучает альфа. После альфа переходит в полоний ( $T = 3$  минуты) с последующим альфа распадом. После других распадов получается стабильный изотоп свинца.

Основной источник радона:

1. Микротрещины в фундаменте.
2. Природный газ.
3. Строительные материалы (гранит, пемза).
4. Вода.

НРБ-200 - 100 Бк/м<sup>3</sup>

Меры защиты:

1. Проветривать помещения более 5 часов в сутки.
2. Кипятить воду.
3. Заделывать трещины в фундаменте.
4. Не использовать строительные материалы без радона.

От радона – 1мЗв в год.

### **Технологически повышенный естественный радиационный фон (ТПЕРФ).**

1. Полёты на самолёте.
2. Продукты горения на теплоэлектростанциях.
3. Фосфорные удобрения.

Вклад от бытовых приборов с радиоактивными элементами – 1 мбэр.

## 2

1. Излучения в медицине - 51,5 % от всех искусственных источников радиации.

1.1. Использование излучения в медицинских целях.

Флюорография – от 2 до 8 бэр.

Зубы – 5 бэр.

1.2. Введение радиоактивных изотопов в тело человека.

Доза – 20 мкЗв на человека.

1.3. Использование ионизирующего излучения для борьбы со злокачественными опухолями.

Йод-125, радий-226, кобальт-60.

Доза – 1 мЗв в год на всех жителей Земли.

2. Ядерные испытания.

После взрыва радиоактивные вещества обогнут Землю, выпадет больше всего на 30-50 градусы широты.

30 миллионов человекоЗв.

Углерод-14, цезий-137, церий-144, стронций-90, рутений-106, цирконий-95, тритий, йод-135.

3. Атомная энергетика.

*Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)* – комплекс производственных процессов, которые периодически повторяются и основной их целью является получение тепла или электричества на основе использования атомной энергии.

1. Добыча урановой руды ( $3 \cdot 10^{-4}$ % в почве урана).

2. Обогащение руды.

3. Переработка на заводе в ядерное топливо.

4. Отправка на АЭС.

5. Регенерация (выделяется уран, плутоний и они используются для различных нужд).

6. Утилизация.

7. Транспортировка.

Годовая доза – 200 000 человекоЗв (без учёта ядерных аварий).

Если работает нормально, то около 1% от естественного облучения.

### **Применение излучений и изотопов в технике.**

1. Рентгеноструктурный анализ

Основан на исследовании дифракционной картины, возникающей при прохождении рентгеновского излучения через кристаллы и позволяет получить информацию о строении металла, сплавов, полупроводников, определить размеры элементарной ячейки, деформацию решётки и т.д..

2. Метод рентгеновской топографии.

Для оценки качества полупроводниковых кристаллов.

3. Рентгеноспектральный анализ.

Широко используется для качественного и количественного элементарного анализа исследуемых препаратов, определение фазового состава металлических срезов, изучение процессов диффузии.

4. Радиационная дефектоскопия.

Позволяет установить наличие, местонахождение, форму и размеры внутренних дефектов в металлах и изделиях, выявить внутреннюю структуру контролируемого объекта без его разрушения.

## **Биологическое действие ионизирующих излучений.**

**1. Основные стадии действия ионизирующих излучений на биологические объекты.**

**2. Воздействие ионизирующих излучений на воду, на клетку, на ДНК.**

**3. Внутреннее и внешнее облучение.**

**4. Радиочувствительность органов и систем человека.**

**5. Возможные последствия облучения большими и малыми дозами.**

### **1**

*Биологическое воздействие ионизирующих излучений* – связанная с облучением совокупность морфологических и функциональных изменений в живом организме.

Стадии действия ионизирующих излучений:

1. Физический этап – поглощение энергии различных видов излучения (от  $10^{-24}$  до  $10^{-4}$  секунды).
2. Физический и химический этапы (физико-химические повреждения) – перераспределение энергии за счёт ионизации (от  $10^{-12}$  до  $10^{-8}$  секунды).
3. Химические повреждения – образование свободных радикалов, возбуждённых молекул (от  $10^{-7}$  секунд до нескольких часов).

*Свободный радикал* – атом или молекула с неспаренным электроном на внешней оболочке. Они весьма реакционноспособны.

*Прямое действие радиации* – непосредственное воздействие ионизирующей радиации на молекулы различных биологических структур, которые могут вызвать различные физико-химические сдвиги в организме.



*Косвенное действие радиации* – обусловлено вредным воздействием на биологические структуры организма продуктов радиолиза воды.

4. Био-молекулярные повреждения – повреждения белков, нуклеиновых кислот (от нескольких мкс до нескольких часов).
5. Ранние биологические эффекты – гибель клеток, органов, всего организма (от нескольких часов до нескольких недель).
6. Отдалённые биологические эффекты – возникновение опухолей, генетические нарушения, сокращение продолжительности жизни (годы, десятилетия).

## 2

### Схема 2

Пероксидные вещества обладают высокими окислительными и токсичными свойствами. Вступая в соединения с органическими веществами и молекулами, получившими высокую химическую активность в результате ионизации или возбуждения, пероксидные вещества вызывают значительные изменения в клетках и тканях, что приводит к:

1. Депопулиризации нуклеиновых кислот.
2. Нарушению проницаемости клеточных мембран.
3. Повышению проницаемости стенок кровеносных сосудов, сопровождающееся кровоизлиянием и кровотечениями.

### Схема3

Наличие свободных радикалов приводит:

1. К образованию биологических опасных продуктов (перекись, высшая перекись, гидроперекись).
2. К образованию биологически повреждённых продуктов.
3. К цепным химическим реакциям.

### Схема 4

Хроматин – содержит хромосомы.

1	А (аденин)
2	Г (гуанин)
3	Т (тимин)
4	Ц (цитозин)

Если воздействует излучение более 1 Гр, то клетка под микроскопом будет выглядеть, как при действии высокой температуры или яда (повреждается целостность оболочки, разрушается цитоплазма, ядро разрушается либо разжижается). При дозе в 1 Гр повреждаются до 5000 азотистых оснований в каждой клетке, до 1000 одиночных разрывов, от 10 до 100 двойных

разрывов ДНК. При повреждении мембраны (под воздействием радикалов воды) нарушается функционирование клеток.

Клетка способна к репарации.

Виды репарации:

1. Безошибочная репарация – удаляется повреждённый участок ДНК и он заменяется новым.
2. Ошибочная репарация – приводят к потере или изменению части генетического кода.
3. Неполная репарация – непрерывность нитей ДНК не восстанавливаются -> возникают мутации.

### 3

Внешнее облучение:

1. От источника вне организма. В основном от гамма-излучения, поражающая способность которого зависит от:

- 1.1 Энергия излучения.
- 1.2 Расстояние от источника излучения от объекта.
- 1.3 Время воздействия излучения на объект.
- 1.4 Степень защиты объекта.

Внутренне облучение:

1. Через желудочно-кишечный тракт (еда, вода).
2. Через повреждения на коже.
3. Через органы дыхания.

### 4

Установлено что:

1. Ткани, клетки которых активно делятся, более подвержены действию радиации, чем ткани с неделящимися клетками.

Мышцы, мозг, соединительные ткани у взрослого устойчивы.

Наиболее слабые: клетки костного мозга, зародышевые клетки, клетки слизистой оболочки кишечника.

Для ребёнка наиболее опасны 8-15 недели развития в утробе матери.

2. Радиочувствительность тканей обратно пропорциональна степени специализации клеток, из которых она состоит.

Нервная ткань наиболее радиочувствительная, так как самая ранняя реакция организма на облучение проявляется в расстройстве подвижности и координации.

Облучение женщин в дозе 3 Гр приводит к стойкому бесплодию. Для мужчин доза в 2 Гр может вызвать временную стерильность (1-2 Гр), но при дозе 4-6 Гр наступает постоянная стерильность.

Радиочувствительность органов пищеварения (по уменьшению радиочувствительности):

Печень

Поджелудочная железа

Кишечник

Желудок

Пищевод

Слюнные железы

Полость рта

3-4 Гр – выпадают волосы (в течение 2-3 недель), но восстанавливаются. При дозе 7 Гр волосы выпадают навсегда.

## 5

Действие больших доз радиации на человека. Лучевая болезнь.

Система органов, играющая решающую роль в гибели человека, называется *критической системой*.

Сочетание признаков, характерных для течения болезни, называется *синдромом*.

При общем облучении организма в зависимости от полученной эквивалентной дозы может преобладать один из синдромов, связанных с критическими системами:

1. Костно-мозговой или кроветворный синдром.
2. Желудочно-кишечный синдром.
3. Церебральный синдром.

Облучение организма дозой от 1 до 10 Зв приводят к лучевой болезни.

1. Лёгкая степень (от 1 до 2 Зв)
2. Средняя (от 2 до 4 Зв)
3. Тяжёлая (от 4 до 6 Зв)
4. Крайне тяжёлая (от 6 до 10 Зв).

При облучении всего организма дозой от 3 до 5 Зв 50% облучённых людей погибнут в течение месяца, если им не будет оказана помощь.

1. Первичная реакция (наблюдается общая слабость, головная боль, тошнота, уменьшение количества лимфоцитов и увеличение количество лейкоцитов). Длится несколько суток.
2. Период мнимого благополучия (нарушения в организме возрастают, разрушается костный мозг, развиваются изменения в коже и кишечнике, выпадают волосы, но общее состояние удовлетворительное). От 2 до 5 недель.
3. Период разгара болезни (расстройство функции кишечника, нарушение проницаемости сосудов (кровотечения, кровоизлияния), глубокое поражение кроветворной и иммунной систем, развитие инфекционных осложнений).

4. Период восстановления при благополучном исходе (на 2-5 месяце от облучения). Нормализуется кроветворение, уменьшение кровотечений, восстановление двигательной активности и аппетита.

От 6 до 10 Зв развивается костно-кроветворная форма болезни.

От 10 до 50 Зв развивается желудочно-кишечная форма болезни. Смерть наступает на 8 сутки.

От 50 до 100 Зв – церебральная форма (на 1-3 сутки).

Более 100 Зв – гибель в течение часа.

При однократном облучении малыми дозами радиации лучевые болезни не возникают, но они стимулируют развитие различных заболеваний. Длительное воздействие может привести к хронической форме лучевой болезни (через 1,5 – 3 года) без ярко выраженных периодов развития болезни.

*Стохастические эффекты*- эффекты, вероятность которых при малых дозах пропорциональна дозе. Подобные эффекты признаются без пороговыми (даже самая малая доза не является бесследной). Достаточно облучения даже одной клетки. Раковые заболевания, изменение генома, сокращение продолжительности жизни.

Не стохастические эффекты – эффекты, имеющие пороговую дозу и тяжесть которых зависит от дозы. Возникают в результате изменений большого количества тканей. Катаракта, снижение костно-мозгового течения, не злокачественные повреждения кожи.

### Катастрофа на ЧАЭС и её последствия.

1. Принцип действия ядерного реактора.
2. Причины аварии на ЧАЭС.
3. Особенности радиоактивного загрязнения местности после аварии на ЧАЭС.
4. Основные типы радионуклидов, накапливающихся в теле человека. Особенности их воздействия.
5. Миграция радионуклидов при производстве сельскохозяйственной продукции.
6. Влияние последствий аварии на здоровье населения РБ.

### 1

*Ядерный реактор* – устройство, в котором осуществляется управляемая реакция деления ядер. Условием существования самоподдерживающейся цепной ядерной реакции является наличие достаточного количества вторичных (свободных) нейтронов, возникающих в процессе деления

тяжёлого ядра на более лёгкие и имеющих способность участвовать в дальнейшем процессе деления тяжёлых ядер.

Ядерное топливо:

Уран 238 – 99,27%

Уран 235 – 0,72%

Уран 233 – 0,01%

Картина 1

Если  $E = 2$  МэВ – быстрые нейтроны. Если  $E = 0,5 - 0,7$  эВ – тепловые нейтроны.

Обогащают уран, чтобы урана 235 стало 1,5-2%. Также замедляют нейтроны до  $E < 0,02$  эВ с помощью замедлителей.

Уран 238 92 + нейтрон 1 0 = уран 239 92 -> - бета распад (23 минуты)-> нептуний 239 93-> - бета распад (2,3 суток) -> плутоний 239 94.

1954 г. – первая АЭС на тепловых нейтронах с графитовыми замедлителями (Обнинск).

Принцип работы РБМК (реактор большой мощности канальный):

Загружают от 190 до 200 т ядерного топлива. Замедлитель – графит. Урана 235 - 3,4 т. Цилиндр диаметром 11,8 м, высотой 7 метров. Туда загружают ТВЭЛы 1670 штук. В ТВЭЛах всего 3,5 кг урана. Диаметр ТВЭЛа – 13,5 мм, толщина стенки 0,9 мм, высота – 3,5 м. Оболочка из циркониево-ниобиевого сплава. Для управления и остановки используются регулирующие стержни 179 штук из бора и кадмия. Отражатели отражают нейтроны обратно в рабочую зону. Их делают из бериллия. В активной зоне реактора делится много ядер, выделяется много тепла. Подается теплоноситель, вода нагревается до 284 градусов, превращается в пар и крутит паровую турбину. Для прекращения цепной реакции и для регулирования реакции используются регулирующие стержни. Если все стержни опущены, то реакция оканчивается.

+ РБМК:

1. Возможность замены ТВЭЛов без остановки реактора.
2. Возможность по каналного контроля состояния реактора.

- РБМК:

1. Низкая стабильность работы на малых уровнях мощности.
2. Недостаточное быстродействие системы «управление-защита».
3. Использование одноконтурной схемы (возможно проникновение радиации вне).

Принципиальная схема активной зоны РБМК:

Принципиальная схема одноконтурной АЭС с РБМК:

## 2

1. Землетрясение.
2. Электростатический разряд из-за пролетавшего над энергоблоком метеорита.
3. Чёрная дыра.
4. Паровой взрыв.

При аварии из радиоактивности миллион Кюри было выброшено 250 млн Кюри или около  $9,98 \cdot 10^{18}$  Бк.

## 3

1 тип загрязнения характерен для 30 км зоны и примыкающих к ней районов. Он определялся значительной долей трудно растворимых частиц топливных композиций и оплавленных силикатных, карбонатных, графитовых, битумных частиц с включёнными в них продуктами ядерного горючего – горячие частицы.

2-ой тип – загрязнение дальней зоны аварии выпадениями, сконденсировавшими на пыли легко и средне летучих радионуклидов выпавших на почву. Это цезий, йод, ксенон, криптон. Есть в во всех областях, кроме Витебской.

Загрязнения территории РБ основными типами радионуклидов.

Виды радионуклидов	Уровень загрязнения	Площадь, км <sup>2</sup>	Процент загрязнённой территории от всей	Примечания
Цезий 137 – бета и гамма излучение	>37 кБк/м <sup>2</sup>	47,7 тыс. км <sup>2</sup>	23%	
Стронций 90 – оба бета распада	>5,5 кБк/м <sup>2</sup>	21,2 тыс. км <sup>2</sup>	10%	
Плутоний 239 – альфа излучение	>0,37 кБк/м <sup>2</sup>	4000 км <sup>2</sup>	2%	

Пострадало 2,2 миллиона людей, 3668 населённых пунктов.

Экономический ущерб РБ от ЧАЭС: 235 миллиардов \$.

## 4

1. Растения (овощи) – человек.
2. Растения – животные – мясо – человек.
3. Растения – животные – молоко – человек.

### Дописать

Нормируемые величины	ОПД	
	Для группы А	Для населения
Эффективная (эквивалентная) доза	20 мЗв/г 5 лет по не более 5 мЗв/г	1 мЗв/г 5 лет по не более 5 мЗв/г
Эквивалентная доза для хрусталика	150 мЗв	15 мЗв
кожи	500 мЗв	50 мЗв
кисти и стопы	500 мЗв	50 мЗв

Для персонала группы Б дозы облучения и другие производные уровни установлены равными  $\frac{1}{4}$  от группы А. Для женщин до 45 лет, работающих с источниками ионизирующих излучений, вводятся дополнительные ограничения:

1. Эквивалентная доза на коже, на поверхности нижней части живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм не должно превышать за год  $\frac{1}{20}$  предела годового поступления для персонала.
2. При наступлении беременности нужно информировать начальство и сменить место работы.

Ограничения для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящие обучение с источниками ионизирующего излучения, а также лиц, привлекаемых для проведения аварийных и спасательных работ. Дозы не должны превышать  $\frac{1}{4}$  дозы, установленной для персонала (группа А).

При ликвидации аварий, требующих спасения жизни людей, предотвращения дальнейшего её развития, облучения большого количества людей может быть разрешено излучение в дозе не более 100 мЗв/г, а в особых случаях не более 200 мЗв/г. Планируемое повышенное облучение разрешено только для мужчин старше 30 лет с их письменного согласия после информирования о возможных дозах облучения и возможных рисках для здоровья.

Численное значение радиационных факторов при монофакторном воздействии в производственных условиях при радиоактивном равновесии радионуклидов уранового и ториевого семейств не должны превышать:

1. Среднегодовая мощность дозы гамма-облучения на рабочем месте - 3,8 мкЗв/ч.

2. Среднегодовая объёмная активность радона<sup>222</sup> в воздухе зоны дыхания не должно превышать 310 Бк/м<sup>3</sup>
3. Среднегодовая объёмная активность газа торона – 68 Бк/м<sup>3</sup>.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения среднегодовая объёмная активность изотопов радона <sup>222</sup> и <sup>220</sup> в воздухе помещения не должна превышать 100 Бк/м<sup>3</sup>, а мощность дозы гамма-облучения в помещении мощности дозы, на открытой местности не более 0,2 мЗв/ч.

В эксплуатируемых зданиях средняя объёмная активность изотопов радона в воздухе не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>. При её превышении проводятся мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух и улучшение вентиляции в помещении.

При значениях средне годовой объёмной активности изотопов радона 400 Бк/м<sup>3</sup> и выше или при превышении мощности дозы гамма-излучения в помещении над открытой местностью свыше на 0,6 мЗв/ч и невозможности снижения их решается вопрос о переселении жильцов, перепрофилировании помещений или сносе здания.

Эффективная доза засчёт естественных радионуклидов в питьевой воде не должно превышать 0,2 мЗв/г.

Облучение при проведении профилактических медицинских и рентгенологических исследований годовая эквивалентная доза облучения не должна превышать 1 мЗв. Лица, не являющиеся работниками рентгенологического отделения, оказывающие помощь при оказании процедур не должны получать дозу более 5 мЗв/г. Мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 0,1 м от пациента, которому с терапевтической или диагностической целью введены радиопрепараты не должна превышать 3мкЗв/ч.

#### Допустимые уровни загрязнения мест, одежды

Объект загрязнения	Альфа активные радионуклиды		Бета активные радионуклиды
	Отдельные	Прочие	
Поверхность помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000
	Частицы/мин*см <sup>2</sup>		

### Мероприятия по ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС на территории РБ



**1. Основные (долгосрочные) государственные мероприятия, направленные на защиту населения от радиации в настоящее время. Система радиационного мониторинга и контроля продуктов питания.**

**2. Срочные меры радиационных защитных мероприятий. Регламент организации проведения йодной профилактики.**

**3. Радиопротекторы.**

**4. Использование препаратов и продуктов питания, содержащих микроэлементы для восстановления работы систем организма.**

**5. Роль витаминов**

## **1**

1. Дозиметрический контроль радиационной обстановки на территории РБ и её прогнозирование.
2. Оповещение населения об радиационной обстановке.
3. Постоянное снижение устанавливаемых дозовых нагрузок на население.
4. Дезактивация территории, объектов, техники и продуктов питания.
5. Захоронение, образовавшихся в результате дезактивационных мероприятий отходов, отходов промышленного и сельскохозяйственного производства с повышенным содержанием радионуклидов.
6. Ограничение свободного доступа населения на территории с высокими уровнями радиоактивного загрязнения и прекращение сельскохозяйственной деятельности.
7. Перепрофилирование в лесном и сельском хозяйстве и обеспечение радиационно безопасных условий труда.
8. Комплекс лечебно-профилактических мероприятий.
9. Комплекс санитарно-гигиенических мероприятий.
10. Пропаганда рационального питания.
11. Контроль за переработкой и распространением загрязнённых радионуклидами продуктов.
12. Компенсация ущерба: социального, экономического.
13. Предотвращение распространения радионуклидов.
14. Реабилитация сельскохозяйственных угодий.
15. Благоустройство населённых пунктов.
16. Развитие и совершенствование системы медицинской диспансеризации населения, пострадавшего от ЧАЭС.
17. Реализация защитных мероприятий на наиболее загрязнённых территориях Гомельской, Могилёвской, Брестской областей.

18. Получение достоверной информации об загрязнении объектов, окружающей среды и уровнях радиоактивного воздействия на население. Деление пострадавшей территории на зоны с учётом эффективной дозы облучения и доз облучения щитовидной железы.
19. Производство сельхоз продукции с учётом РДУ 2001.
20. Проведение научных исследований последствий для населения от постоянного (хронического) воздействия малых доз радиации и разработка мер противорадиационной защиты.
21. Проведение мероприятий по социальной защите граждан и снижению социально-психологических последствий катастрофы.
22. Международное сотрудничество по проблемам катастрофы.

Радиационный мониторинг включает:

1. Радиационный мониторинг радиоактивного загрязнения воздуха.
2. Радиационный мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных вод.
3. Радиационный мониторинг радиоактивного загрязнения почв.
4. Радиационный мониторинг радиоактивного загрязнения продуктов питания.

Он обеспечивается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерством лесного хозяйства, Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды, ГОСкомгидромед.

Для продукции – все предприятия продукции.

Прогнозирование величины эквивалентной дозы – Министерство здравоохранения.

Раз в 4 года проводится повторный мониторинг территорий, создание карт.



## **Литература**

1. Дорожко, Раевич – Защита населения. Радиационная опасность (3 части)