

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Л. М. Стригун**

**ПРОМЫШЛЕННАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность.

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО КГТУ  
2025

УДК 614.876:621.039

Рецензент

канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н.Р. Ахмедова

**Стригун, Л. М.**

Промышленная и радиационная безопасность. Раздел 2. Радиационная безопасность: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / Л. М. Стригун. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 68 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, задания к лабораторным занятиям и методические рекомендации по их выполнению, рекомендуемую литературу. В пособии изложены методические рекомендации по изучению дисциплины, указаны оценочные средства и критерии оценивания.

Список лит. – 18 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «14» февраля 2025 г., протокол № 2

УДК 614.876:621.039

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Калининградский  
государственный технический  
университет», 2025 г.  
© Стригун Л.М., 2025 г.

## Оглавление

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                | 4  |
| 1. Тематический план .....                                                    | 8  |
| 2. Типовые вопросы для защиты лабораторных работ .....                        | 62 |
| 3. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов ..... | 64 |
| Заключение .....                                                              | 65 |
| Рекомендуемая литература .....                                                | 66 |

## Введение

Раздел *Радиационная безопасность* входит в состав модуля *Промышленная и радиационная безопасность* основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (профиль «Безопасность и природообустройство»).

При изучении раздела *Радиационная безопасность* используются знания и навыки, полученные при освоении дисциплины *Безопасность жизнедеятельности*. Данный раздел модуля является базой для получения знаний, умений и навыков при изучении таких дисциплин (модулей), как *Производственная безопасность, Защита в чрезвычайных ситуациях*.

Целью изучения данного раздела является освоение компетенций в соответствии с образовательной программой.

В результате освоения раздела *Радиационная безопасность* модуля *Промышленная и радиационная безопасность* студент должен:

**знать:**

- источники, свойства различных видов ионизирующих излучений, нормы радиационной безопасности;
- характеристики радиационно-опасных объектов и возможные радиационные аварии;
- силы и средства, привлекаемые для ликвидации последствий радиационных аварий;

**уметь:**

- определить необходимый комплекс мероприятий по предупреждению радиационных аварий и ликвидации их последствий, по радиационной защите персонала и населения;

**владеть:**

- навыками радиационного контроля;
- навыками реализации мер радиационной безопасности применительно к персоналу и населению, организации ликвидации последствий радиационных аварий, включая дезактивационные работы.

При изучении раздела наибольшее внимание следует уделить изучению основных принципов организации работы по защите людей при радиационном заражении местности.

Особое место в изучении данного раздела модуля *Промышленная и радиационная безопасность* занимают вопросы ликвидации последствий радиационного заражения местности в мирное и военное время, а также вопросы устойчивости функционирования объектов экономики при радиационном заражении местности.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации относятся:

- экзаменационные задания по модулю, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

Критерии оценки результатов освоения модуля

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

| Система оценок<br>Критерий                                           | 2                                                                                                                                                               | 3                                                                                           | 4                                                                               | 5                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                                      | 0-40%                                                                                                                                                           | 41-60%                                                                                      | 61-80 %                                                                         | 81-100 %                                                        |
|                                                                      | «неудовлетворительно»                                                                                                                                           | «удовлетворительно»                                                                         | «хорошо»                                                                        | «отлично»                                                       |
|                                                                      | «не зачтено»                                                                                                                                                    | «зачтено»                                                                                   |                                                                                 |                                                                 |
| <b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b> | Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой) | Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект |

| Система оценок<br><br>Критерий                                          | 2                                                                                                                                                  | 3                                                                            | 4                                                                                                                                                        | 5                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | 0-40%                                                                                                                                              | 41-60%                                                                       | 61-80 %                                                                                                                                                  | 81-100 %                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                         | «неудовлетворительно»                                                                                                                              | «удовлетворительно»                                                          | «хорошо»                                                                                                                                                 | «отлично»                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                         | «не зачтено»                                                                                                                                       | «зачтено»                                                                    |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>2 Работа с информацией</b>                                           | Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи              | Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи              | Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи                                                    | Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи                                                                      |
| <b>3.Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>       | Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений | В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации | В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные | В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи |
| <b>4.Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b> | В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки    | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом  | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма                                     | Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи                                                                                                      |

Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100 % правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» - менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» -

от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – от 61 до 80 % правильных ответов; оценка «отлично» – от 81 до 100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/ не зачтено». Оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

В соответствии с учебным планом по разделу *Радиационная безопасность* предусмотрены лабораторные работы.

Перед началом выполнения лабораторных работ, обучающиеся изучают задание, и после методических указаний преподавателя приступают к их выполнению. Защита лабораторных работ проводится либо на очередном лабораторном занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя.

Условия допуска к экзамену для студентов:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме лабораторные работы, предусмотренные программой.

3. Выполненный на оценку «зачтено» тест.

Порядок и правила выставления экзамена по модулю преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

## 1. Тематический план

### Тема 1. Общая характеристика ионизирующих излучений

#### *Ключевые вопросы темы*

- 1) Виды ионизирующих излучений, активность радионуклидов.
- 2) Единицы измерения ионизирующих излучений.
- 3) Особенности воздействия радиации на человека.

#### *Методические рекомендации и справочный материал по теме*

В начале изучения дисциплины «Радиационная безопасность» следует понять ее цели и задачи, место в структуре образовательной программы, планируемые результаты освоения. Далее необходимо ознакомиться с такими ключевыми понятиями, как «*модель строения ядра*», «*нуклиды*», «*изотопы*», «*изобары*», «*радиоактивность*», «*активность радионуклидов*», «*период полураспада*».

По виду частиц, входящих в состав ионизирующих излучений (ИИ), различают три основных вида радиоактивного излучения:

Альфа-излучение – представляет собой поток положительно заряженных альфа-частиц, испускаемых при распаде тяжелых ядер с порядковым номером больше 82, например, урана или радия. При внешнем облучении человека серьезной опасности не представляют.

Бета-излучение – представляет собой поток отрицательно заряженных частиц (электронов) или положительно заряженных частиц (позитронов), который задерживается оконным стеклом, одеждой или другими материалами толщиной 1–2 см. При внутреннем облучении человека бета-излучения особо опасны;

Гамма-излучение – коротковолновые электромагнитные излучения, проникающие через все вещества. Тело человека они проходят насквозь. Полную защиту от этих излучений обеспечить трудно. В практической деятельности для защиты используются экраны с большой атомной массой (свинец, вольфрам) или более дешевые материалы (сталь, чугун), а также стационарные экраны из



бетона. Высокая проникающая способность гамма-излучений делает их одинаково опасными как при внутреннем, так и при внешнем расположении источника излучения.

Кроме выше указанных ИИ, опасность для человека могут представлять рентгеновские излучения – вид электромагнитных излучений. Однако в медицине, как правило, используются излучения с низкой энергией и кратковременно, и поэтому они нашли широкое применение в диагностике различных заболеваний.

Чтобы можно было оценить характер воздействия ионизирующих излучений на различные материалы, и в первую очередь на биологические объекты, введено понятие дозы, определяющее то количество энергии, которое передано излучением единице массы облучаемого вещества (табл.1.1). Для этого в системе СИ используют такой показатель как поглощенная доза (D), за единицу которой принята величина поглощенной энергии ионизирующей радиации (независимо от ее вида и энергии), равная одному джоулю (1Дж) в одном килограмме вещества (Дж/кг) и имеющая название Грей.

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ за единицу поглощенной дозы принят грей (Гр): 1 Гр = 1 Дж/кг.

Внесистемной единицей, которую часто используют на практике, является рад (радиоактивная адсорбированная доза): 1 рад = 0,01 Гр = 100 эрг/г. Поглощенная доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью поглощенной дозы, которая измеряется в Гр/с, Гр/ч, рад/с, рад/ч.

**Таблица 1.1 – Основные радиологические величины и единицы**

| Величина                | Наименование и обозначение единицы измерения |                        | Соотношения между единицами                                                        |
|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Внесистемные                                 | СИ                     |                                                                                    |
| Активность нуклида, А   | Кюри (Ки, Ci)                                | Беккерель (Бк, Bq)     | 1Ки= 3,7 * 10 <sup>10</sup> Бк<br>1Бк = 1расп./с<br>1Бк = 2.7*10 <sup>-11</sup> Ки |
| Экспозиционная доза, De | Рентген (Р, R)                               | Кулон/кг (Кл,кг; C/kg) | 1Р = 2,58*10 <sup>-4</sup> Кл/кг<br>1Кл/кг = 3.88*10 <sup>3</sup> Р                |
| Поглощенная доза, D     | Рад (рад,rad)                                | Грей (Гр, Gy)          | 1 рад = 10 <sup>-2</sup> Гр<br>1 Гр=1Дж/кг                                         |
| Эквивалентная доза, Dэ  | Бэр (бэр, rem)                               | Зиверт (Зв, Sv)        | 1 бэр = 10 <sup>-2</sup> Зв<br>1Зв = 100 бэр                                       |

Для оценки биологического воздействия ионизирующих излучений введена еще одна дозовая единица – *эквивалентная доза (Н)*, которая учитывает специфику взаимодействия различных видов излучения с биологической тканью (табл.1.2).

Последняя учитывается понятием *относительной биологической эффективности (ОБЭ)*, определяющим качественную характеристику излучения.

*Эквивалентная доза (Н)* представляет собой произведение поглощенной дозы (Д) в органе или ткани (Т) на соответствующий взвешивающий коэффициент  $W_R$  для данного вида излучения (табл. 1.3.):

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot W_{R..} \quad (1.1)$$

Эквивалентная доза в системе СИ измеряется в *зивертах (Зв)*.

1 Зв = Дж/кг. Вне системной единицы служит *бэр* (биологический эквивалент рентгена):

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \cdot W_R = 100 \text{ рад} \cdot W_R = 100 \text{ бэр}.$$

Эквивалентная доза, отнесенная к единице времени, называется *мощностью эквивалентной дозы*, которая измеряется в Зв/с, Зв/ч, бэр/с, бэр/ч.

**Таблица 1.2 – Основные единицы измерения ионизирующего излучения**

| Оценка действия радиации на неживые объекты      | Оценка влияния радиации на вещество (неживые ткани) | Оценки влияния радиации на живые ткани      |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Активность радиоактивного источника, (Ки или Бк) | Поглощенная доза, (Грей или Рад)                    | Эквивалентная доза (Зв или бэр)             |
| Плотность потока энергии (Вт/м <sup>2</sup> )    | Экспозиционная доза (Кл/кг или Рентген)             | Эффективная эквивалентная доза (Зв или бэр) |

Для определения меры риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов, имеющих различную радиочувствительность, используют *эффективную эквивалентную дозу (Нэф)*, представляющую собой сумму произведений эквивалентной дозы в органе или ткани (Т) на соответствующий взвешивающий коэффициент ( $W_T$ ) для данного органа или ткани:

$$H_{эф} = \sum H_{тТ} \cdot W_T, \quad (1.2)$$

где  $H_{\text{т}}$  – эквивалентная доза в органе или ткани Т за время t.

**Таблица 1.3 – Значения коэффициента  $W_{\text{т}}$**

| Органы, ткани организма | $W_{\text{т}}$ | Органы, ткани организма              | $W_{\text{т}}$ |
|-------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| 1. Гонады               | 0,20           | 8. Печень                            | 0,05           |
| 2. Костный мозг         | 0,12           | 9. Пищевод                           | 0,05           |
| 3. Толстый кишечник     | 0,12           | 10. Щитовидная железа                | 0,05           |
| 4. Легкие               | 0,12           | 11. Кожа                             | 0,01           |
| 5. Желудок              | 0,12           | 12. Клетки костных по-<br>верхностей | 0,01           |
| 6. Мочевой пузырь       | 0,05           | 13. Остальное                        | 0,05           |
| 7. Грудная клетка       | 0,05           |                                      |                |

Для оценки эквивалентной дозы, полученной группой людей (персонал объекта экономики, жители населенного пункта и т.п.), используется *коллективная эквивалентная доза*. Определяют коллективную эквивалентную дозу как сумму индивидуальных эффективных доз:

$$S = \sum E_i * N_i, \quad (1.3)$$

где  $E_i$  – средняя эффективная эквивалентная доза i-й подгруппы людей,

$N_i$  – число людей в подгруппе.

Единица измерения такой дозы – *человеко-зиверт* (чел-Зв).

*Радиоактивные частицы*, обладая огромной энергией, при прохождении через любое вещество сталкиваются с атомами и молекулами этого вещества и *приводят к их разрушению, ионизации, к образованию реакционноспособных частиц* – осколков молекул: *ионов и свободных радикалов*.

*В результате воздействия ИИИ на организм человека в тканях могут происходить сложные физические, химические и биологические процессы.*

В зависимости от величины поглощенной дозы излучения и от индивидуальных возможностей организма вызванные в живой ткани изменения могут быть обратимыми и необратимыми.

При небольших дозах пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Большие дозы при длительном воздействии могут вызывать необратимые поражения отдельных органов или всего организма.

Биологическое действие радиации на живой организм является результатом следующих друг за другом *нескольких этапов*:

- *поглощение* энергии излучения клетками и тканями организма;
- *образование* свободных радикалов и окислителей;
- *нарушение* биохимических процессов;
- *нарушение* физиологических процессов.

Полученные в процессе радиолиза воды *свободные радикалы*, обладая высокой химической активностью, *вступают в химические реакции* с молекулами белка, ферментов и других структурных элементов биологической ткани, что приводит к изменению биохимических процессов в организме.

В результате нарушаются обменные процессы, подавляется активность ферментных систем, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные организму, – токсины. Это приводит к нарушению жизнедеятельности отдельных функций или систем организма в целом.

Подробно вопросы оценки воздействия радиации на человека рассмотрены в следующих работах:

1. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 18.03.2023) "О радиационной безопасности населения".

3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Москва: Минстрой: Роспотребнадзор, 2010. – 83 с.

4. Федеральный закон РФ от «О радиационной безопасности населения». (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 08.12.2020 N 429-ФЗ, от 11.06.2021 N 170-ФЗ).

5. Радиационная безопасность / Л.М. Стригун. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 124 с.

#### *Вопросы для самопроверки по теме*

1. Дать определение модели строения атома.
2. Дать определение понятию радиоактивности.
3. Способы защиты от альфа-излучения.
4. Назовите способы защиты от бета-излучения.

5. Способы защиты от гамма-излучения.
6. Назовите основную характеристику активности вещества.
7. Дать определение понятию дозы.
8. Назовите этапы биологического действия радиации на живой организм.

## **Тема 2. Источники ионизирующих излучений**

### *Ключевые вопросы темы*

1) Природная радиация. Уровни земной радиации. Радионуклиды урано-радиевого семейства.

2) Техногенные источники излучений. Радиоактивные осадки после взрыва ядерного оружия. *Группы* естественных радионуклидов.

### *Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «*Природная радиация*», «*Техногенные источники излучений*», «*Земная радиация*», «*Космическая радиация*».

К *природным источникам ионизирующих излучений* относятся земная и космическая радиация. *Земная радиация* представляет собой совокупность излучения радионуклидов, содержащихся в горных породах, почве, воде, воздухе. Наибольшее их содержание в гранитных породах и вулканических образованиях.

Естественные радионуклиды делятся на *четыре группы*:

- долгоживущие (уран-238, уран-235, торий-232);
- короткоживущие (радий, радон);
- долгоживущие одиночные (не образующие семейств) – калий-40;
- радионуклиды, возникающие в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14).

Уровни земной радиации неодинаковы и зависят от концентрации радионуклидов в том или ином месте.

По данным исследований [10] примерно 95 % населения планеты проживает в местах, где мощность дозы облучения составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год.

В то же время в горных районах Алтайского края она может составлять 10–20 мЗв, а в местах расположения радоновых ключей в Иране – до 400 мЗв.

Самыми распространенными и опасными являются радионуклиды *урано-радиевого семейства*: *радий, радон и продукты распада, радиоактивный свинец и полоний*. Наибольший вклад в облучение человека вносит *радон* – в среднем 55 % годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы.

Радон – тяжелый газ без вкуса и запаха. В природе встречается в двух основных формах: *радон-222* (продукт распада урана-238) и *радон-220* (продукт распада тория-132). Период его полураспада – 3,8 суток.

Радон является излучателем альфа-частиц, представляющих опасность при внутреннем облучении. Вдыхая в помещении обогащенный радоном воздух, человек облучает органы дыхания, особенно легкие. Содержание радона в легких на 20–40 % больше, чем в других органах. *Основную часть дозы облучения* люди получают, находясь *в закрытом, непрветриваемом помещении*, где повышена его концентрация. По данным медицинских источников, среди причин возникновения рака легких радон занимает второе место после курения.

Опасен не сам радон, а продукты его распада: полоний-218, висмут-214, свинец-214. Газ радон *выделяется* из почв, содержащих уран и торий, и накапливается в подвальных помещениях (если не была предусмотрена достаточная изоляция), а затем поднимается по первому и второму этажам зданий (рис. 2.1).

Кроме того, он может выделяться из *строительных материалов*, которые использовались при строительстве зданий – пемзы, некоторых марок бетона, глинозема, литоидного туфа и др.

Высокое содержание радона образуется в ванных комнатах, где радон, испаряясь из горячей воды, попадает в организм человека. Концентрация радона в помещениях зданий создается за счет поступления газа из следующих источников: – почвы под зданием – 70 %; – наружного воздуха – 13 %; – строительных материалов – 7 %; – воды – 5 %; – природного газа в доме – 4 %; – других источников – 1 %.

При плохой естественной и искусственной вентиляции жилых, общественных и производственных зданий концентрация радона может увеличиваться до  $740 \text{ Бк/м}^3$  и более. Человек, находящийся в таких помещениях, подвергается значительному облучению.

*Космические излучения составляют три источника:*

- галактическая радиация;
- радиационные пояса Земли;
- солнечная радиация.

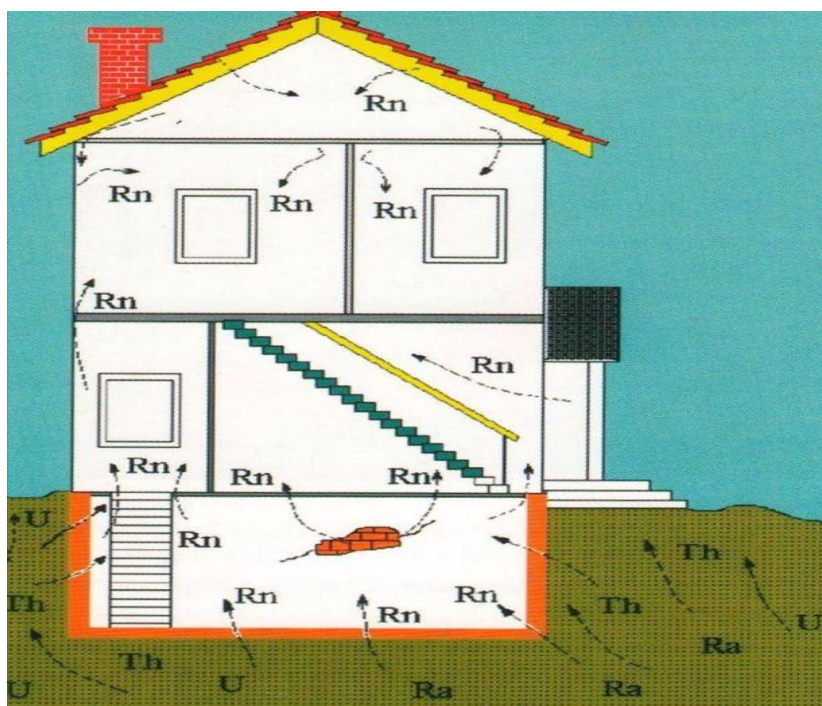


Рисунок 2.1. Пути поступления радона в жилище из почвы и строительных конструкций

*Галактическая радиация*, поступающая из межзвездного пространства, задерживается в магнитных слоях вокруг Земли (*радиационных поясах Земли*). Галактическая радиация и радиационные пояса Земли являются источниками опасности при космических полетах, а для живущих на Земле неопасны.

*Солнечная радиация* – электромагнитное и корпускулярное излучения, особая активность которых наблюдается во время вспышек на Солнце по одиннадцатилетним циклам. Каждая такая вспышка влияет на человека.

По данным наблюдений [10], *вспышки на Солнце могут вызывать следующие негативные последствия:*

- *в несколько раз увеличивать случаи* убийств, самоубийств, приступов эпилепсии;

- *вызывать до 80 %* всех внезапных смертей (смертность от инфаркта миокарда возрастает в 11–16 раз, в четыре раза чаще происходят автокатастрофы и т.п.);

- *способствовать развитию реакции*, аналогичной той, которая бывает после рентгеновского облучения (уменьшается число лейкоцитов в крови и снижается гемоглобин на 10–20 %),

- *вызывать на Земле стихийные бедствия* (ураганы, бури, тайфуны).

*Годовая эффективная доза*, получаемая жителями Земли от космического излучения, в среднем составляет 0,4 мЗв, хотя в зависимости от высоты над уровнем моря она может меняться от 0,3 до 1 мЗв. Эта доза составляет примерно 17 % суммарной дозы, получаемой людьми от всех естественных источников радиации.

По оценкам Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН средние годовые дозы, полученные людьми во всем мире от естественного фонового излучения, составляют 2,4 мЗв, а типичный диапазон этих доз 1–10 мЗв.

Таким образом, накопленные дозы от естественного излучения в течение жизни составят 100–700 мЗв.

Дозы облучения человека считаются *низкими*, если они сравнимы с уровнями естественного фона излучения, составляющими *несколько* мЗв в год.

*Техногенные источники ионизирующих излучений.* К техногенным источникам ионизирующих излучений относятся *медицинская аппаратура, последствия испытаний ядерного оружия, аварии на радиационных опасных объектах, сжигание органического топлива на ТЭС и потребительские товары, содержащие радионуклиды.*



Медицинская аппаратура, использующая радиоизотопы для диагностики и лечения заболеваний, дает до половины от всех техногенных излучений.

Вместе с тем, они вносят относительно небольшой вклад в дозу облучения людей – около 15 %. Их доля постоянно снижается, потому что в настоящее время интенсивно внедряется более современная диагностическая аппаратура.

Так, цифровые рентгенографы и флюорографы позволяют снизить дозу в несколько раз по сравнению с пленочными аппаратами.

Последствия испытаний ядерного оружия. Со второй половины 20 века на планете проведены тысячи экспериментов, связанных с испытаниями ядерного и термоядерного оружия. Со второй половины 20 века на планете проведены тысячи экспериментов, связанных с испытаниями ядерного и термоядерного оружия. В результате взрывов *часть радиоактивных веществ задерживалась в атмосфере* и стратосфере и затем перемещалась ветром на большие расстояния, постепенно осаждаясь на землю и оставаясь там на продолжительное время.

Радиоактивные осадки содержат большое количество различных радионуклидов, из которых наибольшую роль в загрязнении местности играют цирконий-95, цезий-137, стронций 90 и углерод-14.

Индивидуальные дозы, получаемые населением Земли от испытаний ядерного оружия в среднем, составляют:

*при внешнем облучении* – 0,37 мЗв (Цезий-137) и 0,31 мЗв (короткоживущие радионуклиды);

*при внутреннем облучении* – 1,9 мЗв (красный костный мозг), 0,99 мЗв (гонады).

По некоторым оценкам суммарная ожидаемая коллективная эффективная эквивалентная доза от всех ядерных взрывов в атмосфере, произведенных к настоящему времени, составляет 30 000 000 чел-Зв.

Человечество уже получило примерно 20 % этой дозы, остальную часть оно будет получать еще миллионы лет.

Аварии на радиационных опасных объектах. Аварии на АЭС и других объектах ядерно-топливного цикла вносят свой вклад в осложнение радиационной обстановки на Земле.

*Ядерный топливный цикл* начинается с:

- добычи и обогащения урановой руды,
- затем производится само ядерное топливо,
- после отработки топлива на АЭС возможно вторичное его использование через извлечение из него урана и плутония.
- завершающей стадией цикла является захоронение радиоактивных отходов.

На каждом этапе происходит выделение в окружающую среду радиоактивных веществ, объем которых может варьироваться в зависимости от конструкции реактора и других условий.

*Серьезной проблемой является захоронение радиоактивных отходов*, которые еще на протяжении тысяч и миллионов лет будут продолжать служить источником загрязнения окружающей среды. Из продуктов деятельности ядерных объектов наибольшую опасность представляет *третий*. Благодаря своей способности хорошо растворяться в воде и интенсивно испаряться, третий накапливается в использованной в процессе производства воде и затем поступает в водоемы, подземные воды, приземный слой атмосферы. Период полураспада трития – 3,82 суток. Распад его сопровождается альфа-излучением. Повышенное содержание трития зафиксировано в природных средах многих АЭС.

При нормальной работе объектов ядерной энергетики загрязнение природной среды незначительно, однако, при авариях на них люди могут получить значительные дозы облучения и заражению могут подвергнуться обширные территории.

Сжигание органического топлива на ТЭС (теплоэлектростанциях)

В России сегодня работают около 350 ТЭС на органическом топливе (угле, мазуте, газе). Мощная ТЭС сжигает в сутки 10–20 тыс. т угля, а все станции вместе потребляют в год 3 млн т угля и выбрасывают 100 тыс. т золы в воздух.

Рассеиваясь в атмосфере вместе с золой, радионуклиды становятся источником дополнительного облучения населения, проживающего вблизи ТЭС.

При этом основная доля в облучении легких приходится на *торий-232* и продукты его распада, в облучении костного мозга – *полоний-210*, в облучении всего тела – *калий-40*.

ТЭС мощностью 2 ГВт в результате сжигания органического топлива и выброса радионуклидов в десятки и даже сотни раз превосходит нормально работающую АЭС такой же мощности.

#### Потребительские товары, содержащие радионуклиды

К этим товарам можно отнести:

- *продукты питания*, полученные на загрязненных территориях (особенно ягоды и грибы, собранные в запрещенных зонах);
- *бытовые приборы*: часы со светящимся циферблатом (радий), которые дают человеку годовую дозу в 4 раза большую, чем утечка радиации на АЭС;
- *телефонные диски*;
- *антистатические щетки* для удаления пыли, основанные на испускании альфа-частиц;
- *светящиеся* указатели, оптические прицелы, стрелки компаса;
- *сканеры* в таможенных терминалах, в аэропортах, на вокзалах и т.п.

*Среднегодовая доза*, обусловленная использованием изделий, содержащих радионуклиды, составляет примерно 0,01 мЗв.

Источниками рентгеновских излучений являются *цветные телевизоры* и *компьютеры*. Они также создают дополнительное облучение около 0,01 мЗв в год.

Примерную структуру природных и техногенных источников ИИ, формирующих годовую дозу облучения населения России, можно представить следующим образом (рис.2.2) [13]:

- 54 % – радон, содержащийся в жилище и атмосфере;
- 14 % – медицинская радиология;
- 11 % – излучения от вдыхаемого воздуха, потребления пищи и воды;

- 8 % – горные породы и почвы;
- 8 % – космические излучения;
- 3 % – антропогенные источники;
- 2 % – ядерные испытания.

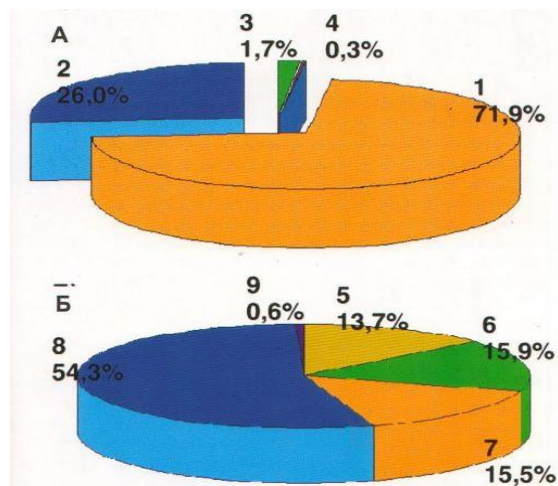


Рисунок 2.2. Вклад различных источников ионизирующего излучения в общую дозовую нагрузку населения

**а) от всех источников:** 1 – естественные источники; 2 – медицинские процедуры; 3 – радиоактивные осадки, последствия ядерных взрывов в атмосфере; 4 – атомная энергетика;

**б) только от естественных источников:** 5 – космическое излучение; 6 – излучение горных пород и материалов; 7 – излучение продуктов питания и напитков; 8 – радон и продукты его распада; 9 – прочие источники.

Более подробные сведения об источниках ионизирующих излучений можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск: Высш. шк., 2011. – 224 с.

2. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности [Текст]: учеб. пособие / В.Ф. Ластовкин; Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 143 с. ISBN 978-5-528-0020

3. Федеральный закон РФ от «О радиационной безопасности населения». (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 08.12.2020 N 429-ФЗ, от 11.06.2021 N 170-ФЗ).

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. Какие источники ИИ создают природный радиационный фон?
2. Какой уровень радиации (*радиационный фон*) определен по рекомендации МКРЗ и ВОЗ?
3. Какие химические элементы относятся к долгоживущим естественным радионуклидам?
4. Основные формы радона в природе.
5. Какие негативные последствия могут вызывать вспышки на Солнце?
6. Какие индивидуальные дозы, получаемые населением Земли от испытаний ядерного оружия в среднем, составляют при *внешнем и внутреннем облучении*?
7. Какая среднегодовая доза, обусловленная использованием потребительских изделий, содержащих радионуклиды?

### **Тема 3. Характеристика объектов ядерной энергетики.**

*Ключевые вопросы темы*

1. Классификация радиационно-опасных объектов.
  - 1.1 Атомные станции – основной источник радиационной опасности.
  - 1.2 Атомный гражданский и военный флот.
2. Радиационные аварии и их последствия.
  - 2.1. Основные сведения о радиационных авариях.
  - 2.2. Последствия Чернобыльской катастрофы.
  - 2.3. Особенности аварий на АЭС.

*Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «*ядерно-опасные объекты*», «*радиационно-опасные объекты*», «*ядерный топливный цикл*», «*ядерная энергетическая установка – реактор*».

*Классификация радиационно-опасных объектов*

Все объекты, имеющие отношение к атомной отрасли экономики, принято подразделять на *ядерно-опасные и радиационно-опасные*.

Ядерно-опасные объекты (ЯОО) – объекты, на которых имеются значительные количества ядерных делящихся материалов в различных физических состояниях и формах.

К ядерно-опасным объектам относятся:

- объекты ядерного топливного цикла:
- атомные станции различного назначения, предприятия по регенерации отработанного топлива и временному хранению радиоактивных отходов;
- научно-исследовательские организации, имеющие опытные реакторы или ускорители частиц;
- морские суда с ядерными энергетическими установками;
- хранилища ядерных боеприпасов и полигоны, где проводятся испытания ядерных зарядов.

К радиационно-опасным объектам (РОО) относятся предприятия, использующие радиоактивные вещества в небольших количествах и изделия на их основе, в том числе приборы, аппараты и установки, не представляющие ядерной опасности.

В соответствии с [6] установлены 4 категории объектов:

- 1-й категории – объекты, при аварии на которых возможно радиационное воздействие на население, в связи с чем могут потребоваться меры по его защите;
- 2-й категории – объекты, при аварии на которых радиационное воздействие ограничивается территорией санитарно-защитной зоны (СЗЗ);
- 3-й категории – объекты, при аварии на которых радиационное воздействие ограничивается территорией объекта;
- 4-й категории – объекты, радиационное воздействие от которых при аварии ограничивается помещениями с ИИИ.

Ядерный топливный цикл (ЯТЦ) - это цепочка производств, обеспечивающих ядерный реактор АЭС топливом и определяющая его судьбу, после использования в энергетическом реакторе. Поскольку реакторы могут работать на разных видах топлива (уран, уран + плутоний и др.), соответственно, различают

и циклы (урановый, уран-плутониевый и т.п). Наибольшее распространение получил топливно-энергетический цикл урана, который может быть:

*замкнутым (закрытым)*, т.е. предусматривающим достаточно полную переработку отработанного топлива и других отходов предприятий атомно-промышленного комплекса с целью выделения ценных элементов;

*разомкнутым (открытым)*, исключающим переработку отработанного ядерного топлива и предусматривающим захоронение и его, и радиоактивных отходов. Естественно, что начальные этапы обоих ЯТЦ одинаковы.

В основе выбора того или иного варианта ЯТЦ заложены *пять критериев*:

*степень риска* для здоровья людей и окружающей среды;

*стоимость переработки* ОЯТ, строительства хранилищ и т. п.;

*соответствие законодательству* страны по ввозу ОЯТ из-за рубежа;

*соответствие целям* нераспространения ядерного оружия и ядерных материалов;

*информированность* населения.

*Атомные станции – основной источник радиационной опасности. Главным элементом атомной станции является ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) – реактор. На атомных станциях устанавливаются следующие реакторы:*

РБМК – реактор большой мощности канальный;

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор;

ЭГП-8 (12) – реактор энергетический графитовый на тепловых нейтронах мощностью 8 (12) мВт;

БН-800 – самый мощный *реактор на быстрых нейтронах*. Запущен в 2015 г. на Белоярской АЭС.

*На атомных станциях в качестве теплоносителя используется жидкий металл – натрий (в реакторах БН) и очищенная вода (в реакторах на тепловых нейтронах). Замкнутый контур, в котором циркулирует теплоноситель, называют первым контуром. В первом контуре, где обеспечивается давление 7кПа,*

вода остается в жидком состоянии даже при температуре 330°C и, проходя через теплообменник (парогенератор), отдает тепло воде *второго контура*.

Первый и второй контуры реактора надежно изолированы друг от друга. *Второй замкнутый контур* – контур рабочего тела. «Рабочее тело» – очищенная вода, которая в виде пара высокого давления вращает турбину генератора, вырабатывающего электроэнергию.

Радиоактивные продукты распада, содержащиеся в активной зоне реактора, являются основными источниками ионизирующих излучений. Их активность может достигать многих миллиардов кюри.

Вне активной зоны реактора источниками излучения являются трубопроводы и оборудование контура теплоносителя.

Атомные станции *по виду вырабатываемой энергии различают*: электрические (АЭС), тепловые (АСТ), теплоэлектроцентрали (АТЭЦ). Наибольшее распространение получили АЭС.

Во второй половине 20 века широкое применение на судах многих флотов мира нашли ЯЭУ. Сегодня они эксплуатируются на 250 судах, а общее их количество превышает 400 [13].

В РФ ядерные реакторы используются в гражданском и военном флоте. Атомный гражданский флот представлен ледоколами. Корабельные реакторы отличаются от реакторов АЭС тем, что в них используется более обогащенный уран, а также сравнительно малыми размерами и высокой степенью защиты (40–60 кг/см – для подводных лодок и 10–20 кг/см – для надводных кораблей).

*Таким образом*, в настоящее время в РФ функционируют несколько тысяч радиационно-опасных объектов, наибольшую опасность из которых представляют атомные станции и другие предприятия ядерного топливного цикла.

- *Радиационные аварии и их последствия*

Опыт эксплуатации ядерных энергетических установок показал, что в условиях безаварийной работы они могут быть *самыми экономичными и экологически чистыми источниками получения энергии*. Вместе с тем, в ядерной энергетике заложена огромная опасность для окружающей среды и людей.



Свидетельство тому – ряд крупных аварий, основные последствия которых приведены в [1,11].

*Чернобыльская катастрофа занимает особое место среди всех случившихся аварий (апрель 1986 г.). Чернобыльская катастрофа – крупнейшая за всю историю атомной энергетики как по количеству погибших и пострадавших людей, так и по экономическому ущербу. Из 30-километровой зоны АЭС в 1986 г. было эвакуировано более 115 тыс. человек, а в последующие годы переселены с загрязненных территорий еще 220 тыс. человек. Из сельхоза оборота выведено около 5 млн га земель. Захоронены (закопаны тяжелой техникой) сотни мелких населенных пунктов. В ликвидации последствий аварии приняли участие более 600 тыс. человек.*

По данным [13] в аварийном реакторе было около 200 т топлива (диоксида урана) и большое количество графита. После аварии в атмосферу было выброшено 120 т топлива (долгоживущих радионуклидов) и 700 т радиоактивного реакторного графита, т.е. в окружающую среду поступило в 600 раз больше радиоактивных веществ, чем после взрыва ядерной бомбы в Хиросиме в 1945 г. Основным поражающим фактором аварии стало радиоактивное заражение местности. Как показали исследования [13], в первые недели наибольшую опасность для населения представлял *радиоактивный йод* (период полураспада 8 дней), а в последующем – изотопы стронция и цезия с периодом полураспада примерно 30 лет.

По данным [11] средние дозы облучения указанных категорий граждан представлены в табл. 3.3; 3.4.

**Таблица 3.3 – Радиоактивное заражение от Чернобыльской аварии**

| Страна    | Площадь территории, км <sup>2</sup> , с уровнем загрязненности цезием-137 |                         |                          |                                                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
|           | 1–5 Ки/км <sup>2</sup> > 37 кБк/км <sup>2</sup>                           | 5–15 Ки/км <sup>2</sup> | 15–40 Ки/км <sup>2</sup> | Свыше > 1480 кБк/км <sup>2</sup><br>40 Ки/км <sup>2</sup> |
| Россия    | 46800                                                                     | 5700                    | 2100                     | 300                                                       |
| Беларусь  | 29900                                                                     | 10200                   | 4200                     | 2200                                                      |
| Украина   | 37200                                                                     | 3200                    | 900                      | 600                                                       |
| Швеция    | 12000                                                                     |                         |                          |                                                           |
| Финляндия | 11500                                                                     |                         |                          |                                                           |
| Австрия   | 8600                                                                      |                         |                          |                                                           |

|           |      |  |  |  |
|-----------|------|--|--|--|
| Норвегия  | 5200 |  |  |  |
| Болгария  | 4800 |  |  |  |
| Швейцария | 1300 |  |  |  |
| Греция    | 1200 |  |  |  |
| Словения  | 300  |  |  |  |
| Италия    | 300  |  |  |  |
| Молдавия  | 60   |  |  |  |

**Таблица 3.4 – Средние накопленные дозы у лиц, подвергшихся воздействию радиации от Чернобыльской аварии**

| Категория лиц                                                       | Численность, чел. | Средняя доза, мЗв |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Ликвидаторы (1986–1989 гг.)                                         | 600 000           | ≈ 100             |
| Эвакуированные из наиболее загрязненных территорий (1986 г.)        | 116 000           | 33                |
| Жители территорий «строгого радиационного контроля» (1986–2005 гг.) | 270 000           | 50                |
| Жители других загрязненных территорий (1986–2005 гг.)               | 5 000 000         | 10–20             |

**Примечание.** Для сравнения: за те же 20 лет, прошедшие после Чернобыльской катастрофы, жители некоторых регионов Земли с повышенным естественным фоном (Бразилия, Индия, Иран, Китай и др.) получили 100–200 мЗв.

Наиболее пагубное воздействие на окружающую среду могут оказывать чрезвычайные происшествия на атомных станциях. На АЭС *предусматриваются* различные системы безопасности, предназначенные для предупреждения аварий и ограничения их последствий.

При нормальной работе АЭС основной вклад в дозу облучения населения (свыше 98%) *вносят инертные газы* (аргон, криптон, ксенон) и *радионуклиды*: йод-131, углерод-60, цезий-137, цезий-134, а также натрий-24 – для реакторов типа БН-600.

Наибольшую опасность для персонала и населения, проживающего вблизи АЭС, представляет *авария с разрушением активной зоны*, при которой происходит массовый выброс радиоактивных веществ во внешнюю среду. Анализ последствий аварий на радиационно-опасных объектах позволяет совершенствовать способы защиты населения и окружающей среды от воздействия радиации.

Более подробные сведения об объектах атомной энергетики можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. О радиационной безопасности населения [Электронный ресурс]: ФЗ РФ от 09.01.1996 № 3-ФЗ: [ред. от 19.07.2011] –Режим доступа: Консультант Плюс. Законодательство. Версия Проф.

2.Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции (НП-015-12) [Электронный ресурс]: утв. Ростехнадзором 18.09.2012. № 518.

3. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск: Высш. шк., 2011. – 224 с.

4. Наследие Чернобыля: медицинские, экологические и социально-экономические последствия, (Чернобыльский форум: 2003-2005) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://un.by/pdf/Chenobyl%20Legacy-Rus.pdf>.

5. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности [Текст]: учеб. пособие / В.Ф. Ластовкин;– Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 143 с. ISBN 978-5-528-0020

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. Какие источники ИИ создают природный радиационный фон?
2. Какой уровень радиации (*радиационный фон*) определен по рекомендации МКРЗ и ВОЗ?
3. Какие химические элементы относятся к долгоживущим естественным радионуклидам?
4. Основные формы радона в природе.
5. Какие негативные последствия могут вызывать вспышки на Солнце?
6. Какие индивидуальные дозы, получаемые населением Земли от испытаний ядерного оружия в среднем, составляют при *внешнем и внутреннем облучении*?
7. Какая среднегодовая доза, обусловленная использованием потребительских изделий, содержащих радионуклиды?

#### **Тема 4. Требования к обеспечению радиационной безопасности населения**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.
2. Контроль техногенного облучения населения.
3. Контроль природного облучения населения

##### *Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «*Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ)*», «*Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)*», «*Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ)*», «*принципы обеспечения радиационной безопасности населения*».

##### *Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.*

Проблема защиты населения от действия ИИ носит глобальный характер, поэтому соответствующие мероприятия разрабатываются не только в отдельных странах, но и в международном масштабе. В 1928 г. на 2-м Международном радиологическом конгрессе в Стокгольме был создан специальный Комитет по защите от рентгеновских лучей и радия, который в 1950 г. был реорганизован в Международную комиссию по радиационной защите (МКРЗ). МКРЗ анализирует и обобщает все достижения в области защиты от ИИ и разрабатывает соответствующие рекомендации. МКРЗ тесно сотрудничает с Международной комиссией по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ), а также с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

В 1955 г. Генеральная Ассамблея ООН основала Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР), осуществляющий сбор и анализ международной информации о различных аспектах действия ионизирующих излучений на живые организмы.

Существует еще одна организация – Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), созданная в 1955 г. в соответствии с решением ООН. В ее состав входит более 100 стран. Ежегодно МАГАТЭ представляет Генеральной Ассамблее ООН доклад о своей деятельности. МАГАТЭ курирует во-

просы, связанные с радиационной безопасностью на всех этапах работ по мирному использованию атомной энергии.

В соответствии с российским законодательством [1] граждане нашей страны *имеют право на радиационную безопасность*.

*Радиационная безопасность* – состояние защищенности настоящего и последующего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующих излучений. *Радиационная безопасность* считается надежной, если соблюдены требования защиты населения, которые установлены законами РФ, нормами радиационной безопасности и санитарными правилами.

*Радиационная безопасность населения обеспечивается:*

- созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям норм и правил;
- установлением квот (допустимых пределов) на облучение от различных источников;
- организацией радиационного контроля;
- эффективностью планирования и проведения мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и в случае радиационной аварии;
- организацией системы информирования о радиационной обстановке.

*Основные принципы* обеспечения радиационной безопасности населения при нормальной работе объектов ядерной энергетики [3]:

- *Принцип нормирования* – не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения;
- *Принцип обоснования* – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;
- *Принцип оптимизации* – поддержание на возможно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облученных лиц при использовании любого источника излучения.

Контроль за состоянием радиоактивного загрязнения окружающей среды осуществляется Федеральной службой РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а за уровнем радиационной безопасности населения – органами Санэпиднадзора.

В России создана база единой информационной системы по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения, которая объединяет информационные системы МЧС РФ, Росгидромета, Роспотребнадзора и Российской академии наук.

*Основные ее задачи:*

- информирование населения о режимах природопользования, безопасном проживании и хозяйственной деятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- информирование о радиационной обстановке и мерах по обеспечению безопасности людей;
- пропаганда в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС;
- популяризация знаний в области обеспечения радиационной безопасности. Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от основных видов облучения – техногенных и природных.

• *Контроль техногенного облучения населения*

Для контроля техногенного облучения установлены две категории лиц.

- 1) *Персонал* радиационно-опасных объектов (группы А и Б).
- 2) *Население*, включая лиц из персонала вне их производственной деятельности.

Основные пределы доз их облучения установлены нормативными документами [6] и представлены в табл. 4.1.

**Таблица 4.1 – Основные пределы доз**

| Нормируемая величина                                                                         | Пределы доз                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              | Персонал (группа А)                                                                                                                                                                            | население                                                                                                        |
| <b>Эффективная доза</b>                                                                      | <b>20 мЗв (2 бэр)</b> в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более <b>50 мЗв</b> в год                                                                                         | <b>1 мЗв (0,1 бэр)</b> в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более <b>5 мЗв (0,5 бэр)</b> в год |
| <b>Эквивалентная доза за год:</b><br>– в хрусталике глаза<br>– в коже<br>– в кистях и стопах | <b>150 мЗв (15 бэр)</b><br><b>500 мЗв (50 бэр)</b><br><b>500 мЗв (50 бэр)</b>                                                                                                                  | <b>15 мЗв (1,5бэр)</b><br><b>50 мЗв (5бэр)</b><br><b>50 мЗв (5бэр)</b>                                           |
| <b>Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе</b>                                   | До <b>100 мЗв (10 бэр)</b> в год допускается с разрешения территориальных органов Госсанэпиднадзора<br>До <b>200 мЗв (20 бэр)</b> в год допускается только с разрешением Госсанэпиднадзора РФ. |                                                                                                                  |

**Примечания.** 1. Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также радиационных аварий. 2. Основные пределы доз персонала группы Б составляют ¼ значений для персонала группы А. 3. Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение, годовые дозы не должны превышать значения, установленные для персонала группы Б.

Эффективная доза для персонала *не должна превышать* за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв (100 бэр), а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв (7 бэр).

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (табл. 4.1) может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения при ликвидации последствий аварии.

Разрешение на выполнение опасных работ может представляться мужчинам старше 30 лет при их добровольном письменном согласии после информирования о возможных дозах облучения и риске для их здоровья.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в год рассматривается как *потенциально опасное*.

Облучение населения техногенными источниками излучения необходимо минимизировать путем обеспечения сохранности источников излучения, контроля технологических процессов и ограничения выбросов радионуклидов в

окружающую среду, а также другими мероприятиями на стадии проектирования, эксплуатации и утилизации источников излучения.

Свой вклад в облучение населения от технических источников вносят медицинские процедуры, которые не включены в дозовые пределы.

Эффективные эквивалентные дозы от медицинских и других технических источников излучений представлены в табл. 4.2

**Таблица 4.2 – Эффективные эквивалентные дозы от технических источников излучений**

| № п/п | Вид облучения                                                           | Эффективная эквивалентная доза (облучение всего тела), мЗв |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1     | Флюорография                                                            | 0,1–0,5                                                    |
| 2     | Рентгеноскопия грудной клетки                                           | 2–4                                                        |
| 3     | Рентгенография одного зуба                                              | 0,03–0,3                                                   |
| 4     | Рентгеновская томография                                                | 5–10                                                       |
| 5     | Рентгеноскопия желудка, кишечника                                       | 0,1–0,25                                                   |
| 6     | Лучевая гамма-терапия после операции                                    | 0,2–0,25                                                   |
| 7     | Прием радоновой ванны                                                   | 0,01–1                                                     |
| 8     | Облучение за счет радиоактивных выбросов вблизи АЭС (за год)            | 0,2–1 9                                                    |
| 9     | Облучение за счет дымовых выбросов теплоэлектростанций на угле (за год) | 2–5                                                        |
| 10    | Просмотр кинофильма по цветному телевизору на расстоянии 2 м от экрана  | 0,01                                                       |
| 11    | Ежедневные 3-часовые просмотры телепрограмм (в течение года)            | 0,5–7                                                      |
| 12    | Полет в течение 1 часа на сверхзвуковом самолете на высоте 20 км        | 10–30                                                      |
| 13    | Перелет по маршруту Москва – Нью-Йорк                                   | 50                                                         |

*Радиационная защита* пациентов при медицинском облучении должна быть основана на необходимости получения полезной диагностической информации или терапевтического эффекта от медицинских процедур при наименьших возможных уровнях облучения.

При проведении обоснованных рентгенорадиологических обследований практически здоровых лиц, не получающих прямой пользы для своего здоровья



от процедур, связанных с облучением, годовая эффективная доза *не должна превышать 1 мЗв*.

*Персонал рентгенорадиологических отделений не должен подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год.*

Дозы облучения населения и персонала медицинских учреждений зависят от качества диагностической аппаратуры и методов лечения.

Так, данные проводившихся исследований свидетельствуют о том, что средняя годовая доза облучения персонала рентгенографических кабинетов составляла: в 1960 г. – 80 мЗв, в 1965 – 25 мЗв, в 1975 – 9 мЗв, в 1980 – 5 мЗв, в настоящее время – 2 мЗв. За последние 40–50 лет доза облучения снизилась в 30 и более раз.

При проведении процедур, связанных с облучением в учреждениях здравоохранения, должны регистрироваться дозы у всех лиц, подвергающихся медицинскому облучению.

#### *Контроль природного облучения населения*

*Требования радиационной безопасности распространяются на все природные источники излучения:*

- изотопы радона и продукты их распада в воздухе помещений;
- гамма-излучение природных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах;
- природные радионуклиды в питьевой воде, в удобрениях и полезных ископаемых.

Более подробные сведения о требованиях к обеспечению радиационной безопасности населения можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 18.03.2023) "О радиационной безопасности населения".
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Москва: Минстрой: Роспотребнадзор, 2010. – 83 с.

3.Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции (НП-015-12) [Электронный ресурс]: утв. Ростехнадзором 18.09.2012. № 518.

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.
2. Организация контроля техногенного облучения населения.
3. Категории лиц для контроля техногенного облучения.
4. Организация радиационной защиты населения.
5. Организация контроля природного облучения населения.
6. Какая эффективная доза облучения персонал (группа А) в год?
7. Какая эффективная доза облучения персонал (группа Б) в год?
8. Какая эффективная доза облучения населения в год?

## **Тема 5. Организация противорадиационной защиты населения**

*Ключевые вопросы темы*

1. Управленческие решения по защите населения в условиях нормальной радиационной обстановки
  - 1.1. Планирование защиты персонала АЭС и населения.
  - 1.2. Создание оперативной локальной системы оповещения.
  - 1.3. Инженерно-технические мероприятия по обеспечению безопасной работы АЭС.
  - 1.4. Подготовка защитных сооружений для укрытия персонала и населения в случае аварии на АЭС.
  - 1.5. Обеспечение персонала АЭС и населения средствами индивидуальной защиты.
  - 1.6. Строительство дорожной сети в зоне АЭС.
  - 1.7. Создание вокруг АЭС зон безопасности.
  - 1.8. Создание и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации последствий аварии.
  - 1.9. Подготовка персонала объекта и населения к действиям

в условиях радиационного загрязнения.

#### 1.10. Контроль радиационной обстановки

2. Управленческие решения по защите населения при радиационной аварии.

2.1. Действия органов управления при аварии на АЭС.

2.2. Оперативное прогнозирование последствий аварии и принятие решений по защите населения.

*Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «защиты персонала АЭС и населения», «оперативная локальная система оповещения», «защитные сооружения для укрытия персонала и населения», «зоны безопасности вокруг АЭС», «контроль радиационной обстановки», «оперативное прогнозирование», «уровни вмешательства».

*Планирование защиты персонала АЭС и населения*

Эффективная защита населения на загрязненной территории после аварии на АЭС предполагает заблаговременное выполнение комплекса различных организационных, инженерно-технических, санитарно-гигиенических и других мероприятий, осуществляемых до аварии в условиях нормальной радиационной обстановки.

При планировании защитных мероприятий на случай аварии *устанавливаются уровни вмешательства* (дозы и мощности доз облучения, уровни радиоактивного загрязнения) применительно к АЭС и условиям ее размещения с учетом вероятных типов аварии, сценариев развития аварийной ситуации и складывающейся радиационной обстановки.

Начальным этапом планирования *является выработка мероприятий*, обеспечивающих нормальную радиационную обстановку в зоне АЭС, а также прогнозирование последствий вероятных аварий на станции:

- *определение* возможных зон загрязнения и режимов защиты персонала и населения;
- *организация* упреждающей и экстренной эвакуации населения;

- *расчет* состава сил и средств для ликвидации последствий ЧС и другие мероприятия.

Различают *заблаговременное* и *оперативное* прогнозирование последствий аварий. *Заблаговременное* прогнозирование осуществляется с целью получения качественной и количественной информации о возможной ЧС, в том числе о времени и месте ее возникновения, характере и степени связанных с ней опасностей, возможных социально-экономических последствиях, для предупреждения ЧС и планирования мероприятий по ее локализации и ликвидации [3]. По итогам заблаговременного прогнозирования *определяются границы зон* возможной опасности, характеристика которых дана в СП 165.1325800.2014 [5] и представлена в табл. 5.1. Для уменьшения воздействия радиации на людей, оказавшихся в зоне радиоактивного загрязнения, заблаговременно *разрабатываются режимы* радиационной защиты. Режимы устанавливаются для населения и персонала с целью защиты от вредного воздействия ионизирующих излучений и радиоактивных веществ на загрязненной местности.

*Режим радиационной защиты предусматривает:*

- *допустимое время* пребывания персонала и населения в зонах загрязнения;
- *продолжительность* приема препаратов стабильного йода;
- *продолжительность* использования защитных свойств зданий, техники, транспорта;
- *время пребывания* на открытой местности в средствах индивидуальной защиты;
- *порядок эвакуации* из зоны загрязнения.

**Таблица 5.1 – Характеристика границ зон возможной опасности объектов атомной энергетики**

| № п/п | Объекты атомной энергетики                                                                                                  | Границы зон возможной опасности                                                                                                                                                     |                                                                |                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                             | Возможных сильных разрушений* при воздействии обычных средств поражения                                                                                                             | Возможных сильных разрушений при техногенных взрывах           | Возможного радиоактивного заражения                                                         |
| 1     | АЭС мощностью до 4 ГВт (включительно)                                                                                       | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                                                                                                         | —                                                              | Границы возможных сильных разрушений объекта и прилегающая к этой зоне полоса шириной 20 км |
| 2     | АЭС мощностью более 4 ГВт                                                                                                   | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                                                                                                         | —                                                              | Границы возможных сильных разрушений объекта и прилегающая к этой зоне полоса шириной 40 км |
| 3     | Объекты использования атомной энергии (за исключением АЭС), отнесенные к категориям по ГО, но не являющиеся взрывоопасными  | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                                                                                                         | —                                                              | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                 |
| 4     | Объекты использования атомной энергии (за исключением АЭС), не отнесенные к категориям по ГО, но являющиеся взрывоопасными  | —                                                                                                                                                                                   | Границы определяются в соответствии с нормативными документами | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                 |
| 5     | Объекты использования атомной энергии (за исключением АЭС), отнесенные к категориям по ГО и являющиеся взрывоопасными       | Границы принимаются максимальными из границ зоны возможных сильных разрушений, определяемых при воздействии обычных средств поражения или в соответствии с нормативными документами | —                                                              | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                 |
| 6     | Объекты использования атомной энергии (за исключением АЭС), не отнесенные к категориям по ГО и не являющиеся взрывоопасными | —                                                                                                                                                                                   | —                                                              | Границы проектной застройки объекта и примыкающая к ним СЗЗ                                 |

\* Зона возможных сильных разрушений – территория, в пределах которой в результате воздействия обычных средств поражения здания и сооружения могут быть сильно или полностью разрушены с образованием завалов.

Планирование защиты населения в районах возможного загрязнения осуществляется соответствующими органами управления РСЧС различных уровней. Основным планирующим документом является *«План действий по предупреждению и ликвидации аварии на АЭС»*.

Типовое содержание плана определено Госатомнадзором России [6].

План предусматривает объем, сроки и порядок выполнения мероприятий по защите персонала атомной станции при угрозе и возникновении ЧС природного и техногенного характера, по организации и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ (АС и ДНР), а также определяет привлекаемые силы и средства. План разрабатывается администрацией станции для наиболее тяжелой запроектной аварии.

План состоит из *текстовой части и приложений*.

Текстовая часть включает:

общие положения;

краткую географическую и социально-экономическую характеристику района размещения АЭС;

краткую оценку возможной обстановки на станции при возникновении ЧС;

основные критерии введения режимов «Повышенная готовность» или «Чрезвычайная ситуация»;

организацию оповещения, связи и информационного обмена;

порядок приведения в готовность и развертывания органов управления РСЧС;

мероприятия по защите персонала при введении режимов «Повышенная готовность» или «Чрезвычайная ситуация» и другие разделы.

Основу плана составляет решение руководителя объекта на организацию и проведение важнейших мероприятий.

План *подписывается* директором АЭС, *согласовывается* с руководством территориальных органов МЧС, ФСБ, МВД, ФМБА России, Росгидромета, организацией – разработчиком проекта станции и утверждается руководством Росэнергоатома.

Приложения к плану:

- карта (схема) возможной обстановки при возникновении ЧС;
- расчет зон радиоактивного заражения, доз внутреннего и внешнего облучения при запроектной аварии;
- схема оповещения при угрозе и возникновении аварии на АЭС;
- схема организации связи и передачи информации при возникновении аварии;
- план-график приведения в готовность органов управления, сил наблюдения и контроля, сил ликвидации ЧС;
- схема управления силами и средствами ликвидации ЧС и другие документы.

План действий по предупреждению и ликвидации ЧС систематически корректируется в целях учета изменившихся условий обстановки *не реже одного раза в год*.

- *Создание оперативной локальной системы оповещения.*

*Оперативная локальная система оповещения создается на АЭС с радиусом действия 5 км в зоне упреждающей эвакуации. В районах возможного радиоактивного загрязнения организуется система оповещения на общих основаниях. Оповещение населения в этих районах осуществляется с помощью радио и телевизионных средств (СМИ).*

Для привлечения внимания населения *включаются сирены* системы гражданской обороны, дублируемые прерывистыми гудками предприятий и транспорта. Речевая информация оповещения *должна содержать* сообщение о случившемся (о характере ЧС, фактической обстановке, прогнозе ее развития) и рекомендации по действиям населения.

На АЭС разрабатывается *схема оповещения*, которая является одним из приложений «Плана действий по предупреждению и ликвидации аварии». Оповещение персонала АЭС на промплощадке, в санитарно-защитной зоне, в городке энергетиков *производится диспетчерской службой станции*.

Оповещение населения в других районах возможного радиоактивного загрязнения осуществляется органами управления РСЧС различных уровней после информации, полученной с АЭС.

- *Инженерно-технические мероприятия по обеспечению безопасной работы АЭС.*

Главным требованием при проектировании, сооружении и эксплуатации атомной станции является *обеспечение радиационной безопасности* как персонала объекта, так и проживающего вблизи его населения. Проектирование АЭС осуществляется с учетом оценки рисков ЧС в результате возможной аварии. При этом индивидуальный риск населения вблизи станции должен быть в 10 раз меньше, чем персонала объекта [4].

Площадка размещения АЭС должна располагаться на незатапливаемой территории при любом уровне паводковых вод, а уровень грунтовых вод должен быть *не менее чем на 1,5 м* ниже дна подземных емкостей радиоактивных отходов. Площадка АЭС проектируется с подветренной стороны по отношению к городку энергетиков. Численность городка энергетиков *не должна превышать 50 тыс. чел*, а удаление его от станции – *не менее 8 км*. В радиусе 25 км от АЭС средняя плотность проживающего там населения не должна превышать 100 чел/км<sup>2</sup>.

Расстояние от АЭС до объектов, которые могут стать источниками взрывов, а также объектов хранения АХОВ предусматривается не менее 5 км, а от складов боеприпасов – 10 км. Удаление от АЭС аэропортов – не менее 12 км, предприятий химической и металлургической промышленности – 25 км.

Нормативные расстояния от АЭС до ближайших городов зависят от мощности реакторов станции и численности населения (табл. 5.2).



**Таблица 5.2 – Нормативные расстояния от АЭС до населенных пунктов**

| Количество населения города | Расстояние от АЭС при мощности энергоблоков, км |             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|-------------|
|                             | До 4 гвт                                        | Более 4 гвт |
| От 100 до 500 000 чел.      | 25                                              | 25          |
| От 500 тыс. до 1 млн чел    | 30                                              | 30          |
| От 1 млн до 1,5 млн чел     | 35                                              | 40          |
| От 1,5 млн до 2 млн чел     | 40                                              | 50          |
| Более 2 млн чел             | 100                                             | 100         |

- *Подготовка защитных сооружений для укрытия персонала и населения в случае аварии на АЭС*

Проектирование, строительство и размещение защитных сооружений гражданской обороны (убежищ и ПРУ) осуществляется в соответствии с нормативными документами СП 88.13330.2014 и СП 165.1325800.2014.

Защита наибольшей работающей смены АЭС осуществляется в убежище, расположенном в границах проектной застройки станции.

Убежище обеспечивает защиту укрываемых от:

- расчетного воздействия поражающих факторов ядерного оружия и обычных средств поражения;
- биологических средств, боевых отравляющих веществ и химически опасных веществ;
- радиоактивных веществ при разрушении ядерных реакторов, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных отходов;
- высоких температур и продуктов горения при пожарах.

Убежище рассчитывается на избыточное давление во фронте ударной волны, равное 200 кПа (2кгс/см<sup>2</sup>), и степень ослабления проникающей радиации ограждающими конструкциями, равную 5000.

Системы жизнеобеспечения сооружения рассчитываются на 5-суточное пребывание в них укрываемых.

Убежище содержится в готовности к немедленному приему укрываемых.

Защита населения, проживающего за границей проектной застройки АЭС, но в пределах возможного радиоактивного загрязнения, осуществляется в про-

тиворадиационных укрытиях (ПРУ) со степенью ослабления радиации, равной 500.

Системы жизнеобеспечения ПРУ должны быть рассчитаны на 2-суточное пребывание укрываемых.

Защита больных, медицинского и обслуживающего персонала учреждений здравоохранения, расположенных в зоне возможного радиоактивного загрязнения, предусматривается также в ПРУ.

Если для защиты населения от радиации планируется использование простейших защитных сооружений (подвальных, цокольных и первых этажей зданий), *должна предусматриваться* дополнительная защита ограждающих конструкций от проникающей радиации со степенью ослабления излучений, равной 500.

- *Обеспечение персонала АЭС и населения средствами индивидуальной защиты*

На персонал атомной станции и население (особенно в 30-километровой зоне) заблаговременно создается запас средств индивидуальной защиты (СИЗ): *специальной одежды и обуви, противогазов, респираторов, йодных препаратов* и другого имущества. Персонал АЭС *обеспечивается СИЗ на своих рабочих местах*, а население – *по месту жительства из складов их хранения*. Особое внимание уделяется средствам защиты персонала, работающего в зоне контролируемого доступа (ЗКД) атомной станции.

Для обеспечения персонала в этой зоне *используется:*

- спец. одежда основная (комбинезоны, костюмы, халаты, береты или шлемы);
- СИЗ органов дыхания (респираторы, противогазы, пневмомаски, пневмошлемы, пневмокуртки);
- *изолирующие костюмы* (пневмокостюмы, костюмы из прорезиненной ткани);

- *спец. обувь основная* (обувь специального назначения с верхом из лавсановой или пропиленовой ткани, обувь кожаная) и *дополнительная* (резиновые сапоги, пластиковые чулки, бахилы и др.);

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

- *средства защиты глаз и лица* (защитные очки, щитки);

- *средства защиты органов слуха* (противошумные вкладыши, наушники и др.).

Кроме этого, персоналу в ЗКД *выдаются*:

- *нательное белье, носки, носовые платки разового использования из марли или отбеленной бязи, а в санпропускнике: – сандалии, – полотенца, – мыло, – мочалки.* Более надежную защиту *от внутреннего облучения радиоактивными газами и аэрозолями*, составляющими значительную долю выбросов при аварии, дает противогаз ГП-7 (7 ВМ), а также ГП-5, -4 и детские противогазы ПДФ-Ш (2Д). Изолирующими противогазами (ИП-46,-4,-5) *обеспечиваются только формирования сил РСЧС* для ведения разведки местности, загрязненной радиоактивными веществами, и для проведения спасательных работ. Для защиты органов дыхания населения в зоне загрязнения, как правило, используются респираторы.

Время действия любого фильтрующего средства индивидуальной защиты в зоне загрязнения радиоактивными веществами *ограничено 5–6 ч.*, так как фильтр насыщается радиоактивной пылью и сам становится источником излучения. Для защиты ног может применяться резиновая обувь, а в случае ее отсутствия – обувь из других материалов, обернутая плотной бумагой и поверх ее тканью. Для защиты рук используются все виды резиновых и кожаных перчаток.

Простейшими средствами защиты органов дыхания могут быть противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) и ватно-марлевые повязки. Они изготавливаются силами населения и способны снизить облучение в несколько раз.

Для защиты кожных покровов от радиоактивной пыли в комплекте со средствами защиты органов дыхания могут использоваться населением подручные средства: непромокаемые плащи и накидки, пальто, ватные куртки и т.п. Для защиты рук используются все виды резиновых и кожаных перчаток.

Более подробные сведения о требованиях к организации противорадиационной защиты населения можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) [Электронный ресурс]: утв. Правительством РФ 28.04.2015.

2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Москва: Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.

3. СП 165.1325800.2014. Свод правил. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 12.11.2014 N 705/пр)

4. Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции (НП-015-12) [Электронный ресурс]: утв. Ростехнадзором 18.09.2012. № 518.

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. В каких случаях устанавливаются уровни вмешательства применительно к АЭС и условиям ее размещения?

2. С какой целью осуществляется заблаговременное прогнозирование последствий аварий?

3. Что предусматривает режим радиационной защиты?

4. Что является основным планирующим документом защиты населения?

5. Что включает текстовая часть плана действий по предупреждению и ликвидации аварии на АЭС?

6. В каком документе разрабатывается схема оповещения при угрозе и возникновении аварии на АЭС?

7. Какое главное требование при проектировании, сооружении и эксплуатации атомной станции?
8. Основные требования к площадке размещения АЭС?
9. Требования к проектированию, строительству и размещению защитных сооружений.
10. Какими СИЗ обеспечивается персонал АЭС на своих рабочих местах?

## **Тема 6. Особенности специальной обработки в зоне радиоактивного загрязнения.**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Дезактивация. Методы дезактивации территории. Дезактивация зданий и сооружений.
2. Санитарная обработка людей. Пункты специальной обработки.

### *Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «специальная обработка», «обеззараживание», «дезактивация зданий и сооружений», «частичная обработка», «контроль радиационной обстановки», «полная дезактивация».

*Специальная обработка* является составной частью ликвидации последствий радиационной аварии. Необходимость ее проведения возникает в случае загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами сверх допустимых норм. По содержанию специальная обработка представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью восстановления готовности объектов, техники, транспорта, имущества, людей к безопасной жизнедеятельности. Она включает в себя *обеззараживание* и *санитарную обработку людей* [15].

*Обеззараживание* применительно к зоне радиоактивного заражения заключается в дезактивации. При необходимости выполняются и другие виды обеззараживания: дегазация, дезинфекция и дератизация.

Специальная обработка может быть *общей* и *частичной*.

*Частичная* проводится в зоне заражения или за ее пределами без привлечения формирований гражданской обороны, т.е. своими силами.

*Полная спецобработка* осуществляется на стационарных или временных пунктах обеззараживания и санобработки с участием специальных подразделений гражданской обороны.

На пункте *развертываются не менее двух постов* дозиметрического контроля (один на входе, другой на выходе). Время прохождения санитарной обработки первым потоком принимается 30 минут, последующими – по 20 минут.

На этой основе производится расчет пропускной способности пункта (П) по формуле:

$$П = 6 N_{дс} (T_{см} - 0,2), \text{ чел.}, \quad (6.1)$$

где  $N_{дс}$  – количество душевых сеток, шт.;  
 $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены (принимается 10 часов).

После помывки люди проходят медицинский осмотр и повторный дозиметрический контроль. Если результаты контроля не соответствуют нормам, то люди возвращаются в душевую для повторной помывки.

В помещении для одевания люди, прошедшие санитарную обработку, одевают свою обеззараженную одежду и покидают СОП, не встречаясь с потоком людей, направляющихся на санобработку.

#### • *Дезактивация*

*Дезактивация* – удаление радиоактивных веществ с зараженной территории, с поверхности зданий, сооружений, техники, одежды, средств индивидуальной защиты, продовольствия, воды. Она может проводиться различными способами и методами.

*Для дезактивации территории применяются следующие методы:*

- смывание радиоактивных веществ водой или водным раствором ПАВ поливомоечными машинами;
- смывание радиоактивных веществ и всасывание их в бункер вакуумной машиной с последующим вывозом и захоронением опасных отходов;
- снятие верхнего слоя зараженного грунта на глубину 10-15 см дорожно-строительной техникой и замена его новым;

- сгребание радиоактивно-загрязненного снега машинами, имеющими спецоборудование.

*Дезактивация зданий и сооружений* может осуществляться:

- смыванием радиоактивных веществ водой при помощи машин и мото-помп;
- разборкой крыш зданий и их захоронением;
- обработкой отдельных участков сооружений обдирочными и абразивными материалами при помощи пескоструйных агрегатов;

*Порядок дезактивации строений:*

1. Вокруг строения на расстоянии 1–1,5 м от наружной стены устраивается траншея глубиной 50 см и шириной 25 см с отводом в низкое место двора, где оборудуется сточная яма глубиной до 70 см.

2. Здание обрабатывается дезактивирующим раствором на основе порошка СФ-2у (4 кг порошка на одну зарядку машины ПМ-130 или АРС-14) с последующей обработкой чистой водой.

3. Обработка строения начинается с крыши. Деревянные и шиферные крыши не дезактивируются, они демонтируются и утилизируются.

4. Если уровни радиации после обработки превышают установленные нормы, проводится повторная дезактивация.

Дезактивация дорог с твердым покрытием осуществляется их обработкой 0,01% раствором порошка СФ-2у один раз через 2–3 суток. Нормы расхода раствора – 3–5 л/м<sup>2</sup> дороги. Обочины и кюветы также обеззараживаются и укрепляются асфальтом или цементным раствором. Грунтовые дороги перед дезактивацией поливают водой, затем снимают верхний слой влажного грунта на глубину 2–5 см, насыпают слой гравия высотой 5–6 см и при необходимости укрепляют полимерным составом для препятствия пылеобразования.

Дезактивация транспортных средств и техники может быть *частичная* и *полная*.

Частичная обработка производится водителем и обслуживающим персоналом. При этом обрабатываются те места и узлы машин, с которыми люди соприкасаются в процессе их эксплуатации.

Полная дезактивация проводится за пределами зоны заражения на пунктах специальной обработки (ПуСО) или на приспособленных для этой цели станциях и площадках обеззараживания.

Частичная дезактивация одежды, обуви и средств индивидуальной защиты проводится простыми способами: – обметанием, вытряхиванием, выколачиванием или обтиранием влажной ветошью.

Полная дезактивация одежды и средств индивидуальной защиты осуществляется на ПуСО или на станциях (пунктах) обеззараживания одежды, разворачиваемых на базе прачечных, бань и других учреждений, имеющих специальные дезактивационные камеры (бучильники).

- *Санитарная обработка людей*

Санитарную обработку проводят для предупреждения или максимально возможного ослабления поражения людей в тех случаях, когда степень заражения поверхности тела превышает допустимые уровни. Санобработка, как правило, совмещается с дезактивацией одежды, обуви и средств индивидуальной защиты. В зависимости от условий, характера радиоактивного загрязнения и наличия соответствующих средств санобработка может быть *частичной и полной*. *Частичная санитарная обработка* проводится после выхода людей из зоны заражения.

*Полную санитарную обработку* должны проходить все люди, находившиеся на зараженной территории. Она проводится в стационарных санитарных обмывочных пунктах или на специально разворачиваемых для этой цели площадках (ПуСО) с использованием технических средств.

Как правило, санитарные обмывочные пункты (СОП) устраиваются на объектах коммунально-бытового назначения (банях, душевых, котельных).



Более подробные сведения об особенностях специальной обработки в зоне радиоактивного загрязнения можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. СП 165.1325800.2014. Свод правил. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 12.11.2014 N 705/пр)

2. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск: Высш. шк., 2011. – 224 с.

3. Радиационная безопасность: Л.М. Стригун. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. - 124 с

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. Что включает специальная обработка?
2. Какие применяются виды обеззараживания?
3. Порядок дезактивации строений.
4. Дезактивация дорог с твердым покрытием.
5. Порядок проведения полной дезактивации одежды.
6. Порядок проведения частичной санитарной обработки.
7. Требования к полной санитарной обработке.

## **Тема 7. Технические средства контроля радиационной обстановки (ТСКРО)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Предназначение технических ТСКРО. Методы обнаружения ионизирующих излучений. Классы измерения источников ИИ.

2. Системы контроля радиационной обстановки.

2.1. Системы радиационного мониторинга окружающей среды.

2.2. Системы контроля радиационной безопасности жилых и служебных помещений.

2.3. Системы контроля радиационной безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок.

3. Приборы радиационного контроля.

### *Методические рекомендации и справочный материал по теме*

Ключевые понятия данной темы – «ионизационный метод», «фотографический метод», «дозиметрический контроль», «автоматизированная система контроля», «система мобильного мониторинга», «индикаторы – сигнализаторы», «дозиметры».

Требования к ТСКРО определены ГОСТ Р 22.9.12-2014. В работе ТСКРО используются различные методы обнаружения ионизирующих излучений: *ионизационный, фотографический, сцинтилляционный, классический и люминесцентный.*

В зависимости от измеряемых параметров источников ионизирующих излучений измерения *делятся* на три класса:

- *радиометрические* – измерение величин, характеризующих активность радионуклидов (радиометрия);
- *дозиметрические* – измерение поглощенной энергии ионизирующего излучения объектами окружающей среды (дозиметрия);
- *спектрометрические* – измерение энергии частиц (спектрометрия).

С учетом специфики конструкции и сферы применения ТСКРО можно условно *разделить* на системы, приборы и средства для контроля радиационной обстановки и приборы для дозиметрического контроля облучения населения.

Кроме того, они могут быть переносными, стационарными и передвижными (бортовыми), базирующимися на различных видах транспорта.

- *Системы радиационного мониторинга окружающей среды:*

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АС-КРО) *предназначена* для своевременного обнаружения факта радиационной аварии в районах расположения ядерно- и радиационно-опасных объектов.

Автоматизированная система гибридного радиационного мониторинга для АЭС (АСГК РО) обеспечивает:

*непрерывное измерение* мощности экспозиционной дозы (МЭД) на промплощадке АЭС и объемной активности в вентиляционных трубах АЭС;

*расчет и прогнозирование* в реальном времени возможного распространения радионуклидов, дозовых нагрузок;

*непрерывное измерение* МЭД в 30-километровой зоне вокруг АЭС.

Система мобильного мониторинга (СММ) используется на мобильных комплексах МЧС и аварийно-технических центров Росатома. Система *предназначена* для:

организации временного мониторинга радиационной обстановки в зоне ЧС (в радиусе до 5 км от места расположения мобильного комплекса),

разведки и оперативного определения степени опасности очагов радиоактивного заражения и автоматической передачи параметров мониторинга в радиусе до 100 км.

Система территориального радиационного контроля (СТРК) способна непрерывно *определять* радиационный фон на контролируемой территории, оповещать органы управления РСЧС и население о превышении контрольных уровней мощности дозы.

Подвижная лаборатория радиационной разведки (ПЛРР) позволяет измерять мощность дозы, производить отбор проб аэрозолей, почвы, воды.

- *Системы контроля радиационной безопасности жилых и служебных помещений*

*Система радиационного контроля помещений «Виконт» – обеспечивает* непрерывный контроль по уровню гамма-излучения, контроль несанкционированных перемещений радиоактивных источников, экспресс-анализ радиоактивных загрязнений предметов и проб окружающей среды.

*Комплект оборудования для радиозэкологического контроля состояния жилья и производственных помещений «РЭКС-АЛЬФА» позволяет* измерять значения эквивалентной равновесной концентрации радона в исследуемом воздухе, находить источники гамма- и бета-излучения, измерять эквивалентную мощность дозы фотонного излучения и т.п.

- *Системы контроля радиационной безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок:*

*Система радиационного контроля* СРК (АКРБ-08) осуществляет контроль активности в технологических средах, контроль выбросов и сбросов, контроль радиационной обстановки на промышленной площадке объекта.

*Аппаратура защиты по технологическим параметрам* (АЗТП) позволяет оповещать с помощью аварийных сигналов при отклонении значений технологических параметров реактора за допустимые пределы и т.п.

- *Приборы радиационного контроля*

Для обнаружения и измерения радиоактивных излучений *используются* различные дозиметрические приборы, которые *обеспечивают*:

- проведение радиационной разведки – определение уровня загрязнения радионуклидами местности и объектов окружающей среды;
- контроль радиоактивного загрязнения продовольствия, воды, техники, оборудования и т.п.;
- определение наведенной радиоактивности в облученных нейтронными потоками предметах, технических средствах, грунте;
- контроль облучения людей – измерение поглощенной или экспозиционной дозы излучения, полученной людьми.

Приборы радиационного контроля *можно разделить* на индикаторы – сигнализаторы, радиометры, спектрометры, дозиметры.

*Индикаторы – сигнализаторы* – простейшие измерительно-сигнальные устройства, позволяющие обнаружить радиоактивное загрязнение различных поверхностей (кожи человека, обуви, одежды и т.п.) и примерно оценить некоторые характеристики излучений.

*Радиометры* – измерители радиоактивности с газоразрядными, сцинтилляционными или другими детекторами, *предназначенные* для обнаружения и определения степени загрязнения поверхностей объектов, оборудования, транспорта, кожных покровов человека.

*Рентгенометры* – разновидность радиометров, служащих для измерения мощности гамма-излучения.

Рентгенометры – радиометры используют для определения уровня радиации на местности и загрязненности радионуклидами различных поверхностей и объемов.

*Спектрометры* – приборы, предназначенные для измерения и регистрации энергетического спектра ионизирующих излучений. Они классифицируются по виду излучений (альфа-, бета-, гамма-, нейтронные спектрометры), по принципу действия и по конструктивным особенностям.

*Дозиметры* – приборы для измерения дозы (мощности дозы) ионизирующего излучения или энергии, передаваемой облучаемому объекту.

Оценку радиоактивного загрязнения (удельной или объемной активности) проводят методом прямого измерения на расстоянии 1–5 см от поверхности исследуемого объекта массой не менее 1 кг или объемом не менее 1 литра по разности результатов измерений объекта и радиационного фона.

Для удобства пользования дозиметрическими приборами разработана единая система условных обозначений (табл.7.1) и правила их образования [16].

**Таблица 7.1 – Условные обозначения дозиметрических приборов**

| Первый элемент буквенного обозначения (назначение прибора)                                                            | Второй элемент обозначения (измеряемая величина) | Третий элемент обозначения (вид излучения) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Д – дозиметры</b>                                                                                                  | Д – поглощенная доза                             | А – альфа                                  |
| <b>Р – радиометры</b>                                                                                                 | М – мощность поглощенной дозы                    | Б – бета                                   |
| <b>С – спектрометры</b>                                                                                               | Э – экспозиционная доза фотонного излучения      | Г – гамма                                  |
| <b>УД – устройство детектирования</b>                                                                                 | В – эквивалентная доза излучения                 | Н – нейтронное                             |
|                                                                                                                       | Б – мощность эквивалентной дозы                  | П – протонное                              |
| <b>М – комбинированные средства измерений (дозиметры радиометры, дозиметры-спектрометры, радиометры-спектрометры)</b> | Ф – поток энергии ионизирующих частиц            | Т – тяжелые частицы                        |
|                                                                                                                       | Н – плотность потока энергии ионизирующих частиц | С – смешанное излучение                    |
|                                                                                                                       | Т – перенос энергии ионизирующих частиц          | Х – прочие излучения                       |
|                                                                                                                       | И – активность радионуклида в источнике          |                                            |
|                                                                                                                       | У – удельная активность радионуклида             |                                            |
|                                                                                                                       | Г – объемная активность РН в газе                |                                            |
|                                                                                                                       | Ж – объемная активность РН в жидкости            |                                            |
|                                                                                                                       | А – объемная активность аэрозоля                 |                                            |

|  |                                                     |  |
|--|-----------------------------------------------------|--|
|  | З – поверхностная активность РН                     |  |
|  | С – перенос ионизирующих частиц                     |  |
|  | Ч – временное распределение ионизирующего излучения |  |
|  | К – две и более физических величин                  |  |

Примеры обозначения приборов:

ДДБ – дозиметр поглощенной дозы бета-излучения;

БДУГ – блок детектирования удельной активности гамма-излучения;

ДРГ – дозиметр мощности экспозиционной дозы;

МКС – дозиметр-радиометр эквивалентной дозы рентгеновского и гамма-излучения, плотности потока альфа-, бета-частиц.

В настоящее время, с развитием технического процесса, появляются новые приборы, инструменты, оборудование для измерения различных физических величин – радиометрических дозиметрических и спектрометрических.

Более подробные сведения о технических средствах контроля радиационной обстановки можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. Радиационная безопасность: Л.М. Стригун. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. - 124 с.

2. ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические требования».

3. ГОСТ Р 22.9.12-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Технические средства радиационного контроля.

4. Ластовкин, В. Ф. Методические указания по разработке раздела «Гражданская оборона» в дипломных проектах студентов специальности «Архитектура» / В. Ф. Ластовкин, Н. Д. Чекмарев. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2001. – 32 с.

*Вопросы для самопроверки по теме:*

1. Классы измерения параметров источников ионизирующих излучений.

2. Системы радиационного мониторинга окружающей среды.

3. Предназначение система мобильного мониторинга.

4. Назначение аппаратуры защиты АЭС по технологическим параметрам.

5. Оценка характеристик излучений с помощью индикатора – сигнализатора.

6. Измеряемая величина дозиметрами.

7. Каким методом проводят оценку радиоактивного загрязнения (удельной или объемной активности)?

По вышеуказанным темам по учебному плану предусмотрено выполнение лабораторных работ (табл. 7.2)

**Таблица 7.2 – Варианты заданий к лабораторным работам № 1РБ-20РБ**

| № п/п | Содержание заданий к лабораторным работам                                                                                                                                                                       | Примечание                                                    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                                                                                               | 3                                                             |
| 1РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором «Белла», на рабочем месте, в лаборатории.                                                                                                                      | Смотри схему размещения рабочих мест в лаборатории (схема 1). |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{Sr}^{90}$ с $T_{0,5} = 29$ лет, $\text{U}^{235}$ с $T_{0,5} = 7 \times 10^8$ лет.                      | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 2РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором «Сосна», в коридоре 2-го этажа учебного корпуса.                                                                                                               | Смотри схему точек измерения (схема 2).                       |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{Pu}^{239}$ с $T_{0,5} = 2,4 \times 10^4$ лет, $\text{Cs}^{137}$ с $T_{0,5} = 33$ года.                 | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 3РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором МКС-01СА1М, в коридоре 3-го этажа учебного корпуса.                                                                                                            | Смотри схему точек измерения (Схема №2)                       |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{Cs}^{137}$ с $T_{0,5} = 33$ года, $\text{Sr}^{90}$ с $T_{0,5} = 29$ лет.                               | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 4РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором ДКГ-03Д «Грач», в коридоре 3-го этажа учебного корпуса.                                                                                                        | Смотри схему точек измерения (Схема №2)                       |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{U}^{235}$ с $T_{0,5} = 7 \times 10^8$ лет, $\text{Sr}^{90}$ с $T_{0,5} = 29$ лет.                      | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 5РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором «Квартекс», на рабочем месте, в лаборатории.                                                                                                                   | Смотри схему точек измерения (схема 1).                       |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью, на рабочем месте в лаборатории $\text{Na}^{22}$ с $T_{0,5} = 3$ года, $\text{S}^{35}$ с $T_{0,5} = 98$ суток. | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 6РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором «Сосна», на рабочем месте, в лаборатории.                                                                                                                      | Смотри схему точек измерения (схема 1).                       |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{Fe}^{59}$ с $T_{0,5} = 47$ суток, $\text{Cu}^{64}$ с $T_{0,5} = 13$ часов.                             | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 7РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором МКС-01СА1М, в коридоре 2-го этажа учебного корпуса.                                                                                                            | Смотри схему точек измерения (Схема №2).                      |
|       | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $\text{Ca}^{45}$ с $T_{0,5} = 180$ суток, $\text{P}^{32}$ с $T_{0,5} = 14,3$ суток.                           | Для проведения расчетов использовать методику 7.2             |
| 8РБ   | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором «Сосна», в коридоре 3-го этажа                                                                                                                                 | Смотри схему точек измерения                                  |

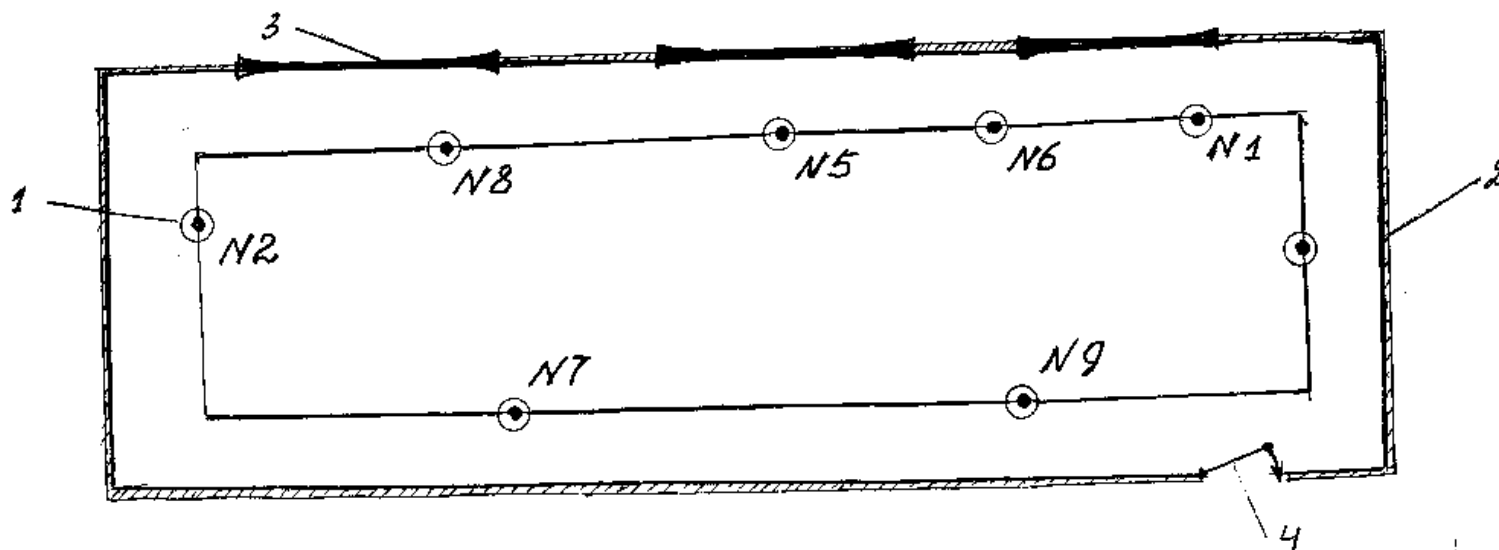


|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | учебного корпуса.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (Схема №2)                                                                                              |
|      | 2.Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 грамма, определить нуклид с большей активностью: $C^{14}$ с $T_{0,5}= 5100$ лет, $J^{131}$ с $T_{0,5}= 8$ суток.                                                                                                                                                    | Для проведения расчетов использовать методику 7.2                                                       |
| 9РБ  | 1.Обосновать пределы измерения дозиметра, прибора ДП «Сосна», ДП «Белла», ДП «Квартекс», ДКГ-03Д «Грач», МКС-01СА1М,                                                                                                                                                                                                 | Выполнить анализ возможностей дозиметров, инструкций их эксплуатации и обосновать их пределы измерения. |
| 10РБ | 1.Определить степень загрязнения поверхности образца бета радионуклидами по плотности потока прибором «Сосна»: алюминий, железо, пластик, дерево, фанера.                                                                                                                                                            | Изучить инструкцию прибора «Сосна», пределы его измерения по плотности потока.                          |
| 11РБ | 1.Оценить защитные свойства материала по гамма-излучению: железо, дерево, алюминий, фанера, пластик.                                                                                                                                                                                                                 | Использовать методику (7.7) и табл. 7                                                                   |
| 12РБ | 1.Рассчитать эффективную дозу (Е) поглощенную органом, тканью человека: печень ( $H_T=15$ мЗв); кожа ( $H_T=4$ мЗв); легкие ( $H_T=17$ мЗв); костный мозг ( $H_T=10$ мЗв); щитовидная железа ( $H_T=25$ мЗв).                                                                                                        | Использовать методику (1,2)                                                                             |
| 13РБ | 1.Рассчитать общий коэффициент ослабления $K_{общ}$ конструкции, состоящей из нескольких слоев различных материалов (бетон, сталь, свинец).                                                                                                                                                                          | Использовать методику 7,7 и табл.7,5                                                                    |
| 14РБ | 1.Плотность загрязнения территории цезием-137 составила $50 \text{ Ки/км}^2$ . Рассчитать необходимое время, чтобы активность данного радионуклида снизилась до $5 \text{ Ки/км}^2$ ?                                                                                                                                | Использовать методику 1.1 [16] и приложение 2 [16]                                                      |
| 15РБ | 1.Рассчитать эффективные эквивалентные дозы от технических источников излучений, если человек в течение года ежедневно смотрел телепрограммы (не менее 3-х часов), один раз сделал флюорографию и рентгеноскопию грудной клетки, и постоянно получал облучение за счет дымовых выбросов теплоэлектростанций на угле. | Использовать табл.4,2 [16]                                                                              |
| 16РБ | 1.Расположить, в необходимой последовательности овощи, по уровню накопления цезия-137 и стронция-90: <i>щавель, картофель, лук, капуста, томаты, огурцы, чеснок, морковь, свекла, редис, фасоль, горох.</i>                                                                                                          | Изучить п.3.3[16].                                                                                      |
| 17РБ | 1.Произвести расчет пропускной способности санитарного обмывочного пункта при проведении санитарной обработки работников предприятия. Численность работников 2700 человек. Продолжительность рабочей смены 10 часов.                                                                                                 | Для проведения расчетов использовать методику 6.1                                                       |
| 18РБ | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором МКС-05 «ТЕРРА», в коридоре 3-го этажа учебного корпуса.                                                                                                                                                                                                             | Смотри схему точек измерения (Схема №2)                                                                 |
|      | 2.Плотность загрязнения территории цезием-137 составила $30 \text{ Ки/км}^2$ . Рассчитать необ-                                                                                                                                                                                                                      | Использовать зависимость                                                                                |

|      |                                                                                                                                                                                         |                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|      | ходимое время, чтобы активность данного радионуклида снизилась до 5 Ки/км <sup>2</sup> ?                                                                                                | 1.1 [16] и приложение 2 [16]                          |
| 19РБ | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором ДКГ-02У«АРБИТР-М», в коридоре 2-го этажа учебного корпуса.                                                                             | Смотри схему точек измерения (Схема №2)               |
|      | 2.Плотность загрязнения территории цезием-137 составила 70 Ки/км <sup>2</sup> . Рассчитать необходимое время, чтобы активность данного радионуклида снизилась до 5 Ки/км <sup>2</sup> ? | Использовать зависимость 1.1 [16] и приложение 2 [16] |
| 20РБ | 1.Измерить мощность экспозиционной дозы прибором ДРГ-01Т1, на рабочем месте, в лаборатории.                                                                                             | Смотри схему точек измерения (Схема №2)               |
|      | 2.Плотность загрязнения территории цезием-137 составила 90 Ки/км <sup>2</sup> . Рассчитать необходимое время, чтобы активность данного радионуклида снизилась до 5 Ки/км <sup>2</sup> ? | Использовать зависимость 1.1 [16] и приложение 2 [16] |

## СХЕМА 1

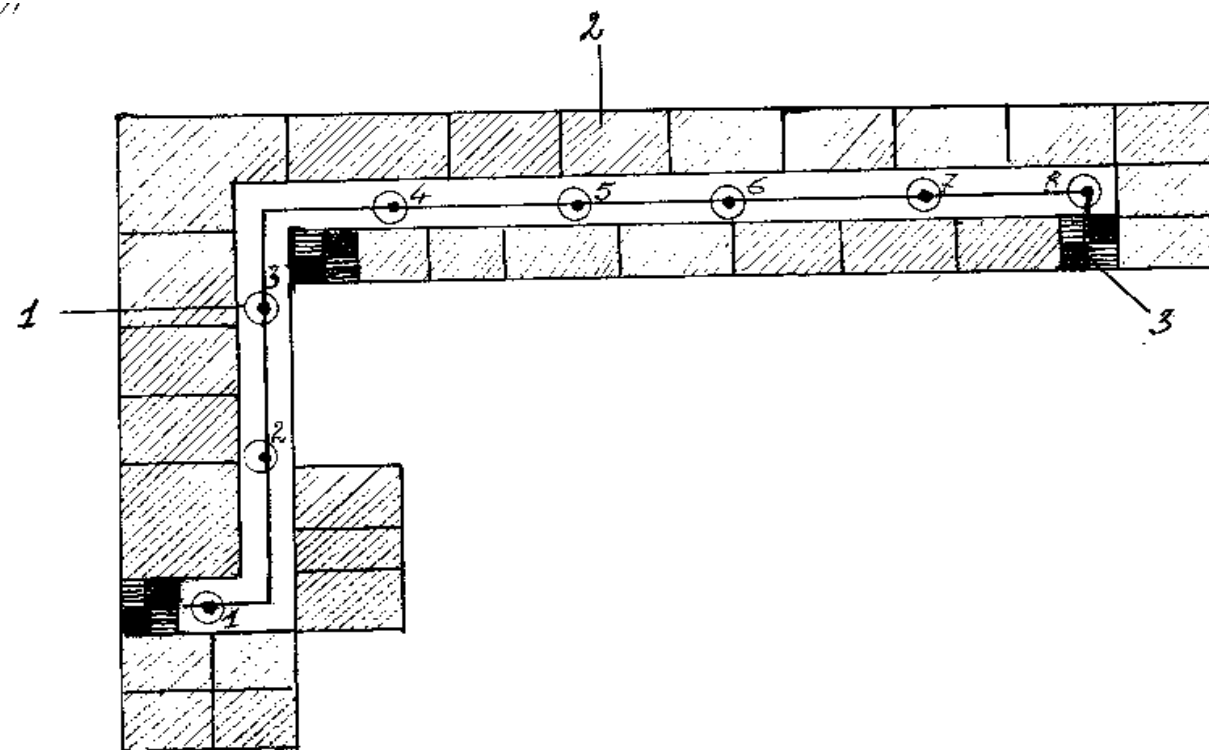
расположения рабочих мест в помещении лаборатории кафедры БЖД для проведения измерений мощности  
экспозиционной дозы



- 1 – место расположения рабочего места в помещении лаборатории кафедры БЖД;  
2 – стены помещения; 3 – оконные проемы; 4 – входная дверь лаборатории.

## СХЕМА 2

Расположения точек измерения мощности эквивалентной дозы ионизирующего излучения в коридоре второго и третьего этажей учебного корпуса КГТУ на Малом переулке.



1 – точки измерения; 2 – служебные, учебные помещения; 3 – лестничный марш.



## **2. Типовые вопросы для защиты лабораторных работ**

1. Как оценивается поражающее действие ионизирующих излучений?
2. Какие ИИ представляют для организма человека наибольшую опасность?
3. Какие ионизирующие излучения измеряются прибором «Квартекс»?
4. В каких единицах измерения оценивается степень лучевого поражения организма человека?
5. Как регламентируются дозовые пределы для различных групп населения?
6. Как определяется общий коэффициент ослабления ионизирующих излучений?
7. В каких единицах оценивается биологическое нарушение организма человека при воздействии на него ИИ?
8. Для каких целей введены взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучений, а также и органов, и тканей человека?
9. При какой мощности дозы гамма-излучения должны проводиться ограничительные защитные мероприятия?
10. В каких единицах оценивается степень радиоактивного заражения (загрязнения)?
11. Каковы основные режимы измерений прибора МКС-01СА1М?
12. Подготовка прибора «Белла» к работе и порядок работы с ним.
13. Основные режимы измерений прибора ДКГ-03Д «Грач».
14. Какие требования по обеспечению радиационной безопасности населения при потреблении питьевой воды?
15. Меры безопасности, необходимые при выполнении лабораторной работы.
16. Назвать источники ИИ.
17. Каковы основные принципы радиационной безопасности?
18. Почему ИИ опасны для человека?
19. Что такое эквивалентная и эффективная доза облучения?
20. Какие биологические нарушения возникают в организме человека при остром лучевом поражении?

21. В каких единицах оценивается степень загрязнения радионуклидами воды?
22. Каковы основные режимы измерений прибора «Сосна»?
23. Как проверить исправность и готовность к работе прибор «Сосна»?
24. Какие меры безопасности принимаются во время выполнения лабораторных работ?
25. Что такое естественный радиационный фон и его значение для Калининградского региона?
26. Для каких целей в быту может быть использован прибор «Белла»?
27. Какие приборы используются для измерения индивидуальных доз облучения, каковы пределы их измерения?
28. Каким показателем оцениваются защитные свойства веществ и материалов?
29. Назовите основные виды ионизирующих излучений.
30. Характеристика способов уменьшения воздействия радиации на организм человека.
31. Как проверить исправность и готовность к работе прибор ДКГ-03Д «Грач»?
32. Как проверить исправность и готовность к работе прибор МКС-01СА1М?
33. Какие потребительские товары, содержащие радионуклиды, и как они влияют на среднегодовую дозу?
34. Допустимые пределы облучения, загрязнения ИИ и радиоактивными веществами.
35. Каковы основные режимы измерений прибора МКС-05 «ТЕРРА»?
36. Для каких целей может быть использован прибор МКС-05 «ТЕРРА»?
37. Каковы основные режимы измерений прибора ДКГ-02У «АРБИТР-М»?
38. Для каких целей может быть использован прибор ДКГ-02У «АРБИТР-М»?
39. Каковы основные режимы измерений прибора ДРГ -01Т1?

40. Для каких целей может быть использован прибор ДРГ-01Т1?

### **3. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Качество самостоятельной работы студентов зависит прежде всего от их понимания самого процесса самостоятельной работы. Многие студенты понимают самостоятельную работу в упрощенном виде, а самостоятельная работа представляет собой целый комплекс видов деятельности студентов под руководством, или без него, во внеучебное время.

Самостоятельная работа, как форма учебной деятельности состоит из следующих этапов: повторение пройденной теории; формулировка главных вопросов тематики; выявление глубины и содержания знаний, составление тезисов по теме; выполнение упражнений, решение задач; приобретение навыков и умений.

Студентам в помощь при самостоятельной работе служат следующие средства обучения: методические материалы, обзорные конспекты, вопросы по лекциям, кино-, видеофильмы, тесты, сборники задач и пр.

Подготовка к лабораторным занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, справочной и нормативной документации в области радиационной безопасности.

После проработки теоретического материала, выполнения лабораторной работы нужно ответить на вопросы. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

Для самостоятельной работы по изучению тем необходимо использовать типовые тесты для проверки знаний (размещены в ФОС), конспект лекций и рекомендованную литературу [1-18].



## **Заключение**

Анализ сложившихся ситуаций в мире за последние годы показал, что система обеспечения радиационной безопасности требует усиления контроля за всеми процессами на радиационных опасных объектах, подготовки персонала объекта и населения к действиям в условиях радиационного загрязнения.

В настоящем учебно-методическом пособии изложен материал, освоение которого позволит студентам подготовиться к практическим решениям проблем при планировании мероприятий по радиационной безопасности.

Учебно-методическое пособие написано и построено таким образом, чтобы студент самостоятельно мог разобраться в терминах, понятиях, теории вопроса и других тонкостях дисциплины.

При грамотном и гармоничном использовании данных форм занятий в вузе становится возможным не только сформировать у студентов необходимые в их профессиональной деятельности знания, умения, навыки, но и развить у них способность к активному мышлению и выражению собственной позиции, научить общению и культуре ведения дискуссии, создать и стимулировать интерес к дальнейшей познавательной деятельности.

Кроме того, обучение, в том числе и вузовское, выступает одним из оптимальных способов социальной адаптации человека к современной жизни, поскольку средствами обучения можно передать и получить большой объём информации.

Поэтому использование различных сочетаний форм учебных занятий оказывает влияние на формирование личности студента, его гражданской позиции и морально-нравственных установок, и ценностей, что в настоящее время особенно важно при подготовке населения к защите нашей страны.

### Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 18.03.2023) "О радиационной безопасности населения".
2. Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) [Электронный ресурс]: утв. Правительством РФ 28.04.2015.
3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Москва: Минстрой: Роспотребнадзор, 2010. – 83 с.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Москва: Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.
5. СП 165.1325800.2014. Свод правил. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 12.11.2014 N 705/пр)
6. Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции (НП-015-12) [Электронный ресурс]: утв. Ростехнадзором 18.09.2012. № 518.
7. Методика расчета размеров зон наблюдения вокруг АЭС. – Москва: ВНИИФТРИ Госстандарта России, 2002.
8. Расчет и обоснование размеров санитарно-защитных зон и зон наблюдения вокруг АЭС: метод. указания (МУ 1.3.2. 06.027.0017-2010) [Электронный ресурс]: утв. ФМБА России 07.12.2007.
9. ГОСТ Р 42.4.42-2015. «Гражданская оборона. Режимы радиационной защиты на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению». – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 20 с.
10. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск: Высш. шк., 2011. – 224 с.
11. Наследие Чернобыля: медицинские, экологические и социально-экономические последствия, (Чернобыльский форум: 2003-2005) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://un.by/pdf/Chenobyl%20Legacy-Rus.pdf>.

12. Ефремов, С. В. Радиационная и химическая защита: учеб. пособие / С. В. Ефремов. – Санкт-Петербург: СПб ГПУ, 2005. – 218 с.
13. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности [Текст]: учеб. пособие / В.Ф. Ластовкин; – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017.
14. Федеральный закон РФ от «О радиационной безопасности населения». (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 08.12.2020 N 429-ФЗ, от 11.06.2021 N 170-ФЗ).
15. Радиационная безопасность: Л.М. Стригун. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. - 124 с.
16. ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические требования».
17. ГОСТ Р 22.9.12-2014 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Технические средства радиационного контроля».
18. Ластовкин, В. Ф. Методические указания по разработке раздела «Гражданская оборона» в дипломных проектах студентов специальности «Архитектура» / В. Ф. Ластовкин, Н. Д. Чекмарев;– Нижний Новгород: ННГАСУ, 2001. – 32 с.

Локальный электронный методический материал

Леонид Максимович Стригун

## **РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 3,7. Печ. л. 4,2.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект