

**ТЕМА 4.1 Биологическое воздействие
ионизирующего излучения. Нормы и
правила обращения с ДРМ и другими
товарами
с повышенным уровнем ионизирующего
излучения**



Изучаемые вопросы

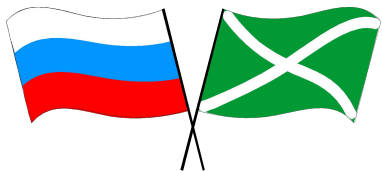
- Характер и механизм биологического воздействия ИИ на организм человека
- Основные нормы и правила обеспечения радиационной безопасности
- Допустимые дозы облучения персонала и населения
- Порядок проведения радиационного контроля
- Меры индивидуальной защиты и личной гигиены
- Требования, предъявляемые к лицам, работающим с ИИИ



Ионизирующее излучение

Под **ионизирующим излучением** понимается любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков.

Ионизирующее излучение представляет собой поток заряженных (или незаряженных) частиц.



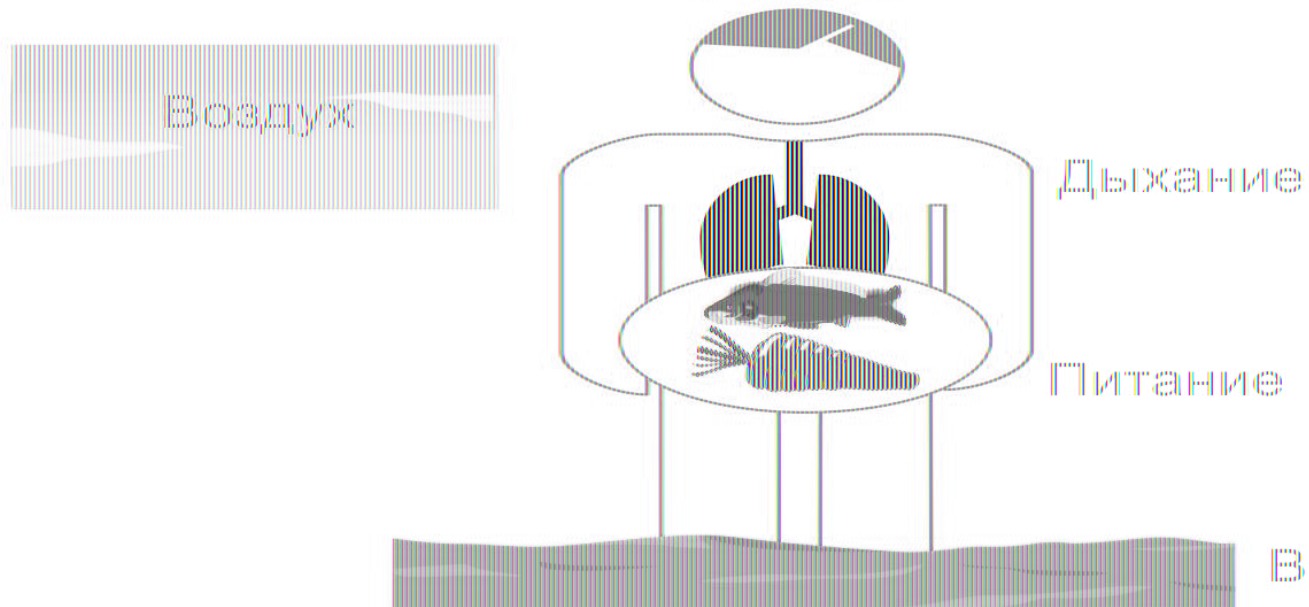
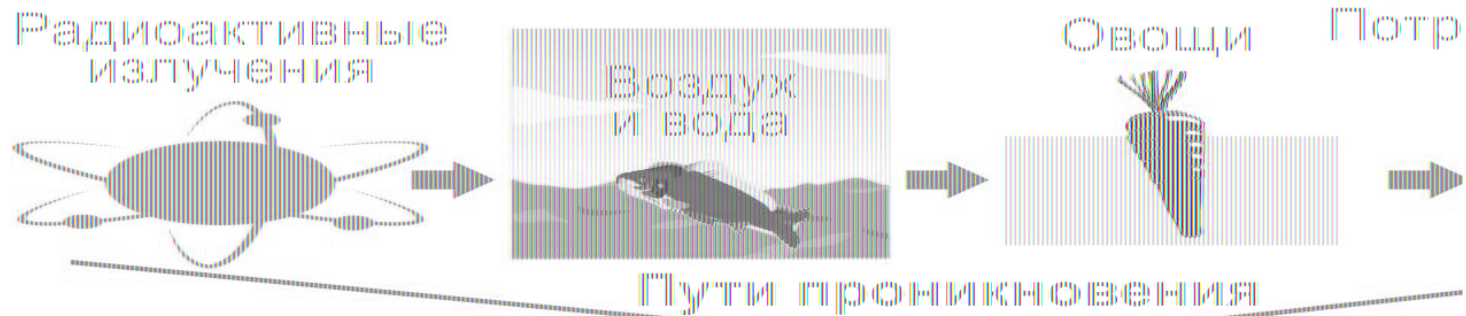
Свойства ионизирующего излучения



- невидимо человеческим глазом;
- распространяется прямолинейно;
- поглощается в веществе;
- проникает сквозь непрозрачные вещества;
- вызывает флуоресценцию веществ;
- ионизирует вещество, через которое проходит;
- оказывает действие на биологические объекты.



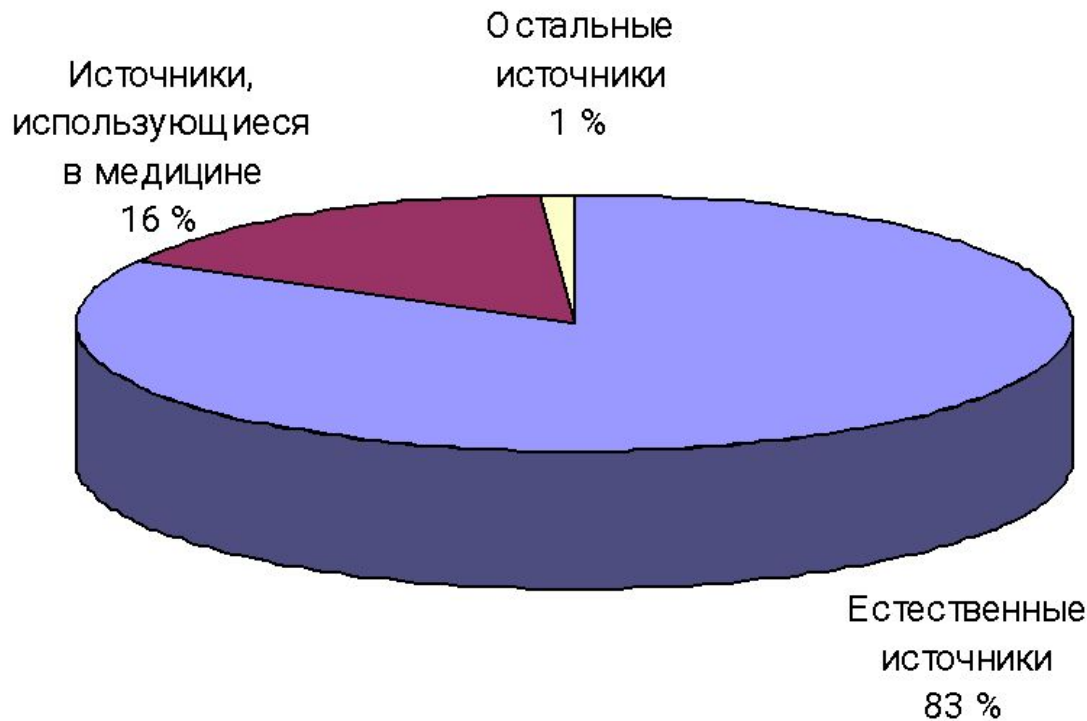
Пути проникновения радиоактивного излучения

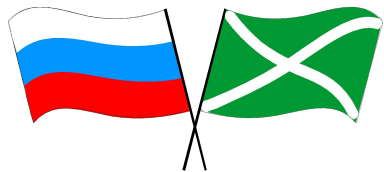




Соотношение доз облучения человека от природных и техногенных источников

Источники радиации





Эквивалентная доза, получаемая человеком от природных источников радиации за год

Космическое облучение 0,32 мЗв

Гамма-излучение ЕРН* 0,35 мЗв

Внутреннее облучение 0,33 мЗв

Радон в помещениях 2,60 мЗв

Угольная энергетика 0,09 мЗв

Всего

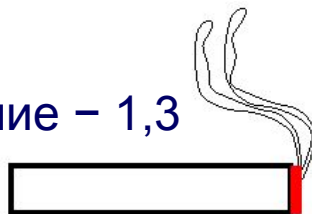
за счет природных источников 3,69 мЗв

* ЕРН – естественные радионуклиды

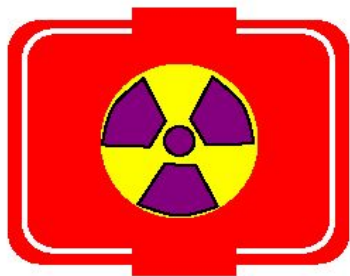


Вклад источников излучения в общую эквивалентную дозу облучения (мЗв/год)

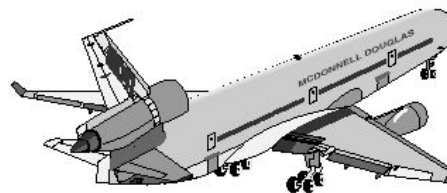
Курение – 1,3



Медицинские приборы – 0,53



Авиаперелёт Москва-Владивосток
– 0,05 мЗв за перелёт

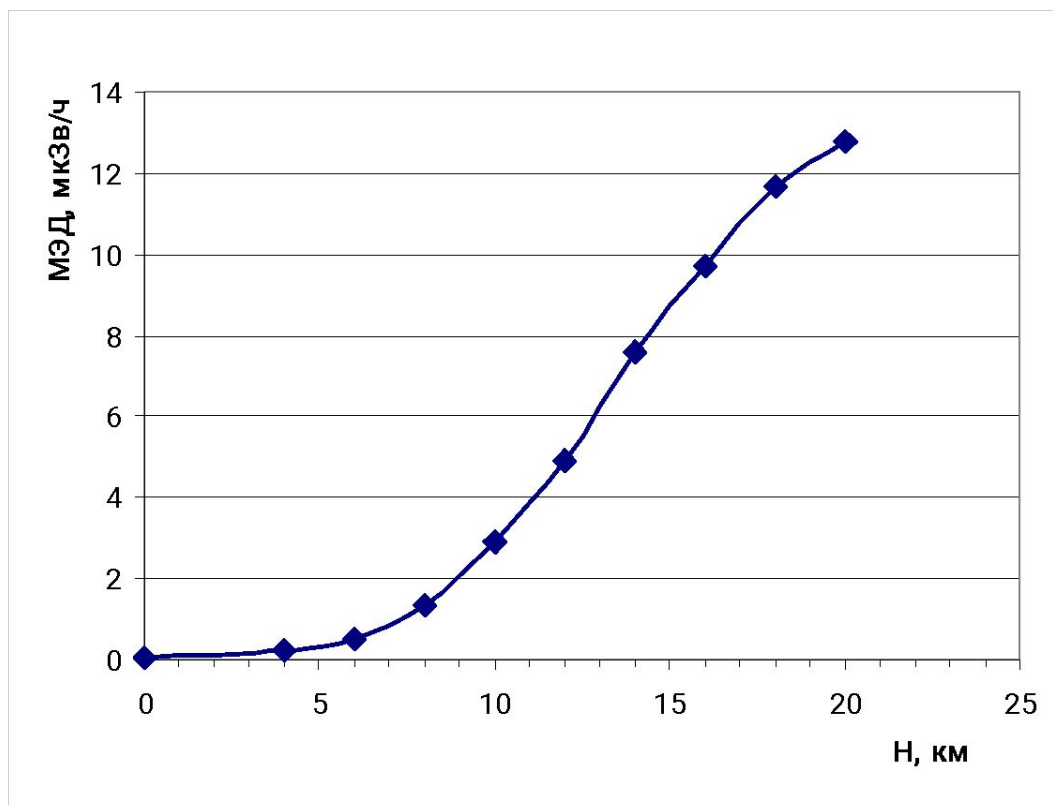


Глобальные осадки < 0,01

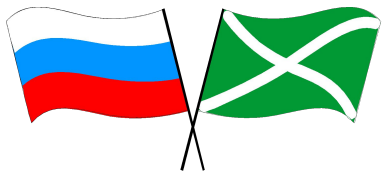




Изменение мощности эквивалентной дозы в зависимости от высоты над уровнем моря



Высота, км	МЭД, мкЗв/ч
0	0,035
4	0,200
6	0,510
8	1,350
10	2,880
12	4,930
14	7,560
16	9,700
18	11,640
20	12,750



Вклад медицинского облучения в ЭД



Рентген зубов – 0,02 мЗв/за процедуру

Обследование щитовидной железы –
30 мЗв/за процедуру

Рентген грудной клетки –
3 мЗв/за процедуру

Флюорография – 0,4 мЗв/за процедуру

Рентген сердца –
30 мЗв/за процедуру

Примеры доз, полученных от медицинских обследований



Клетка и молекула ДНК живого организма

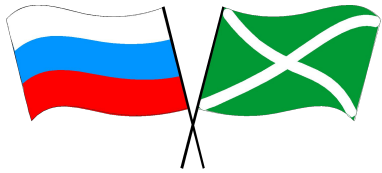




Живая человеческая ткань



**Клетка организма
состоит на 65–75 %
из воды**



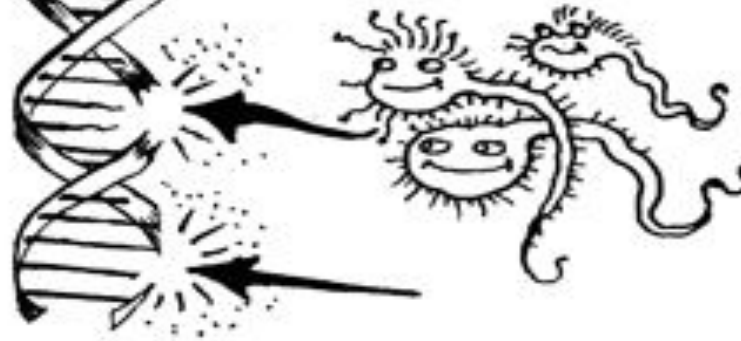
Факторы, воздействующие на ДНК



Случайные
ошибки при
делении клеток



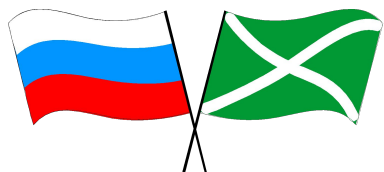
Ядовитые
и вредные
вещества



Вирусы

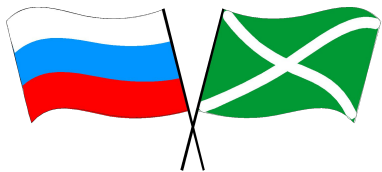


Ультрафиолетовое
излучение
и ионизация



Этапы воздействия ИИ на биологические объекты

Этап	Явление	Длительность
1	Ионизация и возбуждение молекул вдоль траектории излучения	10^{-15} – 10^{-8} с
2	Химические повреждения (свободные радикалы, возбужденные молекулы)	10^{-7} –10 с
3	Биомолекулярные повреждения (белки, нуклеиновые кислоты)	10^{-6} с –10 час
	Ранние биологические эффекты (гибель клеток, гибель живого организма)	часы – недели
	Отдаленные биологические эффекты (возникновение опухолей, генетические эффекты)	годы – столетия



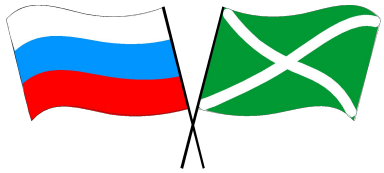
Неблагоприятное воздействие ИИ:

- **детерминированные** (пороговые) **эффекты** – клинически выявляемые, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие и т.п.);
- **стохастические** (вероятностные) **эффекты** – не имеющие дозового порога эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, нарушение механизма передачи наследственной информации).



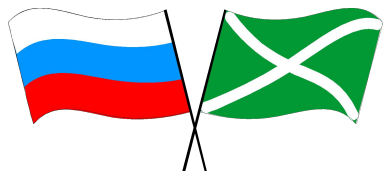
Биологическое действие ИИ:

- **соматическое** – если радиационный эффект облучения проявляется у самого облученного лица;
- **наследственное** (генетическое) – если радиационный эффект облучения проявляется у потомства облученного лица.



Соматическое действие определяется следующими факторами:

- доза облучения;
- вид облучения;
- продолжительность облучения;
- размеры облучаемой поверхности;
- индивидуальная чувствительность организма.



Биологические эффекты радиации

Доза (Зв)	Действие на человека
0–0,25	Отсутствие явных повреждений
0,25–0,5	Возможные изменения состава крови
0,5–1,0	Изменение в крови, усталость, слабая тошнота
1–2	Изменения в крови, рвота, явные патологические изменения. Возможна потеря трудоспособности. Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни
2–4	Нетрудоспособность (кровоизлияния, временная стерильность)
4	Смертность около 50 %, тяжелая степень лучевой болезни
6	Повреждение центральной нервной системы, смертность около 100 %
более 8	Смерть неизбежна

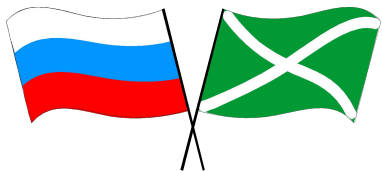
21



Доза, мощность дозы излучения

Доза излучения является одной из характеристик ионизирующего излучения (и его взаимодействия со средой), от которых зависят радиационные эффекты в облучаемых объектах живой и неживой природы.

Мощность дозы излучения – это доза поглощенного ионизирующего излучения за единицу времени.



Поглощенная доза

Поглощенная доза – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу:

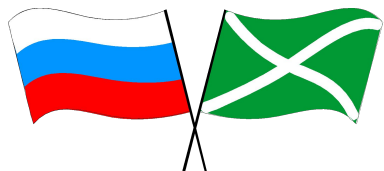
$$D = \frac{dE}{dm},$$

где dE – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме;
 dm – масса вещества в этом объеме.

В единицах СИ поглощенная доза измеряется в Дж/кг.

Имеет специальное название – грей (Гр).

Ранее использовалась единица – рад (1 рад = 0,01 Гр).



Радиационный коэффициент от вида и энергии излучения

Вид и энергия излучения	Радиационный коэффициент W_R
Фотоны всех энергий	1
Электроны и мюоны всех энергий	1
Нейтроны с энергией (E)	
• менее 10 кэВ	5
• 10–100 кэВ	10
• 0,1–2,0 МэВ	20
• 2,0–20 МэВ	10
• более 20 МэВ	5
Протоны с E более 2 МэВ	5
α -частицы	20
Продукты деления	20



Эквивалентная доза

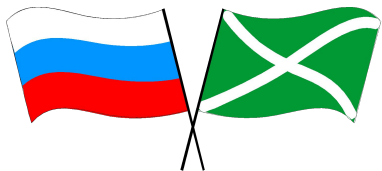
Эквивалентная доза ($H_{T,R}$) – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W_R :

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T;

W_R – взвешивающий коэффициент для излучения R.

Единицей эквивалентной дозы является Зиверт (Зв).



Летальные дозы гамма-излучения для разных биологических видов

Биологический вид	Летальная доза (Зв)
Овца	2–4
Собака	5–6
Человек	5–8
Мыши	12–26
Кролик	18–20
Птицы	16–24
Рыбы	16–40
Змеи	160–400
Насекомые	200–2000
Растения	20–3000
Простейшие	2000–6000

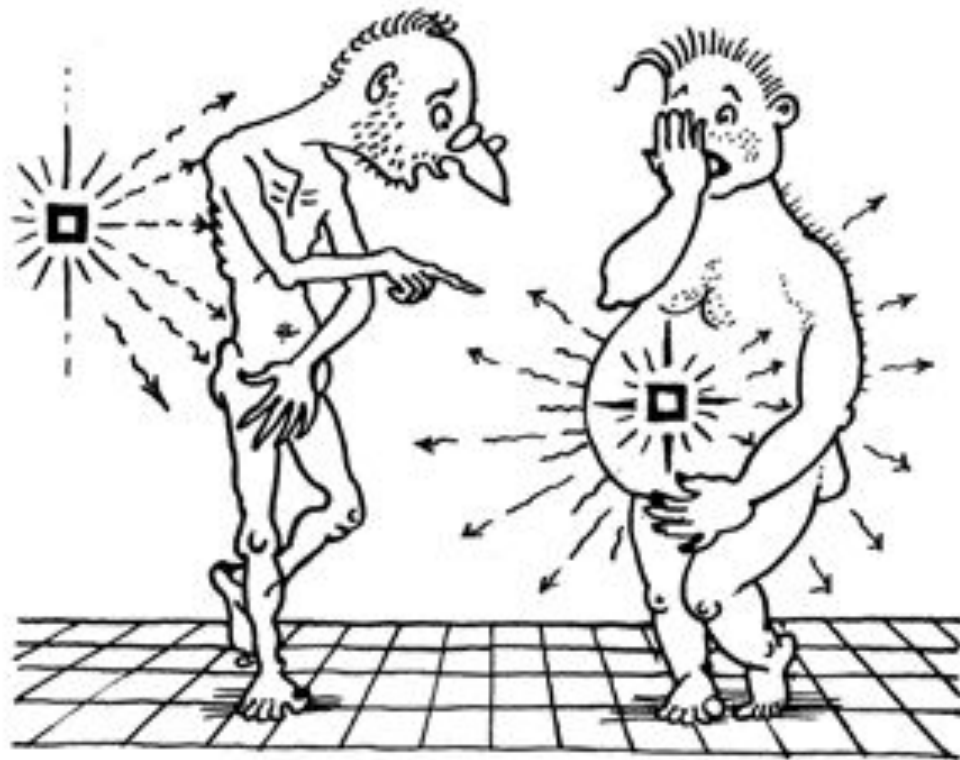


Виды облучения человека

- **Внешнее облучение** – воздействие на организм ионизирующего излучения, приходящего извне (β -, γ -, нейтронное, рентгеновское).
- **Контактное облучение** – радиоактивное вещество или источник ионизирующего излучения непосредственно соприкасается с кожными покровами организма.
- **Внутреннее облучение** – проникание радионуклидов в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожные покровы. Опасность внутреннего облучения организма значительно выше, чем при внешнем облучении (время облучения, геометрия, защитные средства, избирательность).

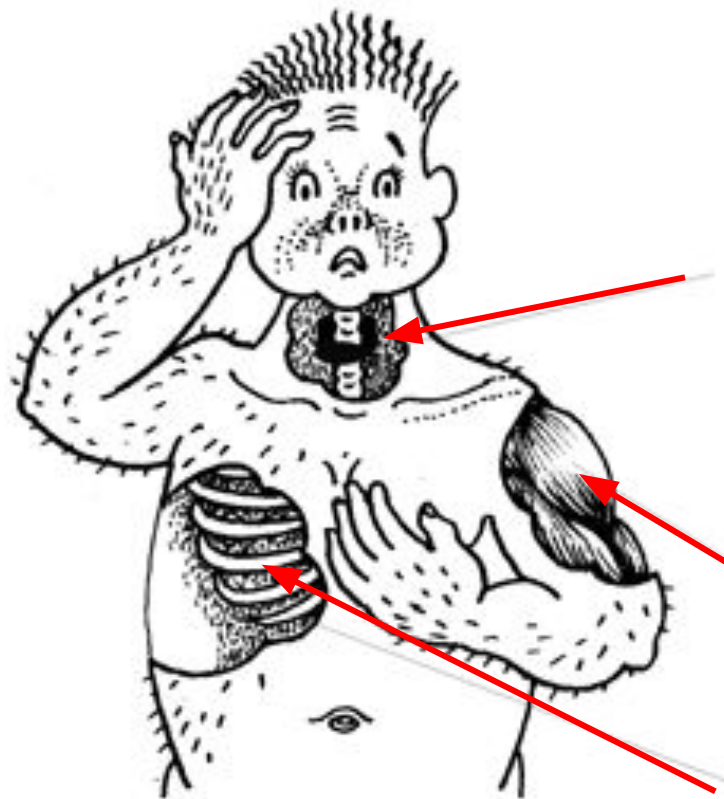


Внешнее и внутреннее облучение





Радиоактивные вещества накапливаются в различных частях тела



Йод в щитовидной железе

Цезий в мышцах

Стронций в костях



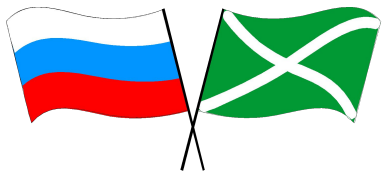
Эффективный период полувыведения для некоторых радионуклидов

Радионуклид	Орган накопления	T_b , сут	$T_{1/2}$, сут	$T_{эф}$, сут
Тритий	все тело	12	$4,5 \times 10^3$	12
Натрий-24	все тело	11	0,63	0,6
Йод-131	щитовидная железа	138	8,0	7,6
Цезий-137	мышцы	140	$1,2 \times 10^4$	140
Церий-144	все тело	563	290	191
Полоний-210	селезенка	60	138,4	42



Основные нормативные документы

1. О радиационной безопасности населения: федер. закон Российской Федерации от 09.01.96 № 3-ФЗ.
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: федер. закон Российской Федерации от 30.03.99 № 52-ФЗ.
3. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.96 № 1094.
4. СП 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
5. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99).



Санитарные нормы и правила

1. СП 2.6.6.1168-02. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002).
2. СП 2.6.1.1292-03. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения.
3. СП 2.6.1.798-99. Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов.
4. СП 2.6.1.759-99. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в продукции сельского хозяйства.
5. СанПиН 2.6.1.993-00. Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при заготовке и реализации металлолома.
6. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.
7. МУК 2.6.1.1087-02. Радиационный контроль металлолома.
8. МУК 2.6.1.016-99. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов.
9. и другие.



Нормы и правила радиационной безопасности

НРБ-99/2009 и **ОСПОРБ-99** – основополагающие нормативные документы отечественной системы радиационной безопасности.

НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99 представляют собой два самостоятельных документа. Если Нормы радиационной безопасности устанавливают допустимые пределы радиационного воздействия для различных категорий облучаемых лиц, то Санитарные правила предлагают средства, посредством реализации которых обеспечивается их соблюдение. Приоритет этих документов заключается в том, что ни один нормативный акт в области обеспечения радиационной безопасности не должен противоречить их положениям.



Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Требования и нормативы, установленные Нормами, являются обязательными для всех юридических лиц, независимо от их подчиненности и формы собственности.

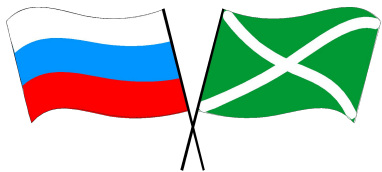


Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)

Нормы распространяются на следующие виды воздействия ионизирующего излучения на человека:

- в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
- в результате радиационной аварии;
- от природных источников излучения;
- при медицинском облучении.

Требования по обеспечению радиационной безопасности сформулированы для каждого вида облучения. Суммарная доза от всех видов облучения используется для оценки радиационной обстановки и ожидаемых медицинских последствий.



Требования к ограничению техногенного облучения (НРБ-99/2009)

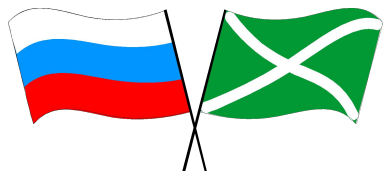
Нормируемые	Основные пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий.

На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв. Начало периодов вводится с 1 января 2000 г.



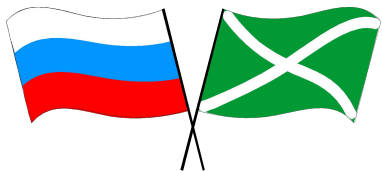
Допустимая мощность эквивалентной дозы от внешнего ионизирующего излучения

Категория облучаемых лиц	Назначение помещений и территорий	Продолжительность облучения, ч/год	МЭД мкЗв/ч
Группа А	Помещения постоянного пребывания персонала	1700	12,0
	Помещения временного пребывания персонала	850	24
Группа Б	Помещения организации, где находится персонал группы Б	2000	2,5
Население	Любые другие помещения и территории	8800	0,12



Правила радиационной безопасности

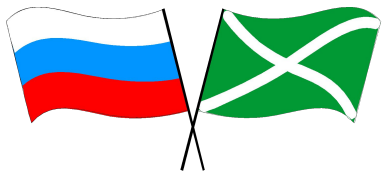
Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) устанавливают требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения, на которые распространяется действие НРБ-99/2009.



Радиационная безопасность

Радиационная безопасность персонала обеспечивается:

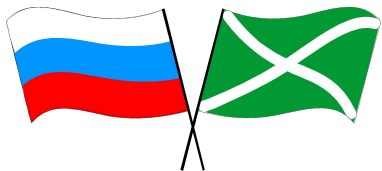
- ограничением допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям;
- знанием и соблюдением правил работы с источниками излучения;
- достаточностью защитных барьеров, экранов и расстояния от источников излучения, а также ограничением времени работы;
- созданием условий труда, отвечающих требованиям НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99;
- применением индивидуальных средств защиты;
- соблюдением установленных контрольных уровней;
- организацией радиационного контроля;
- проведением эффективных мероприятий по защите персонала



Ответственность администрации (таможенного органа)

Радиационная безопасность при работах с ИИИ предполагает ответственность администрации за обеспечение радиационной безопасности на объекте следующим путем:

- получение лицензии на деятельность в области использования источников ионизирующего излучения;
- установление по согласованию с Управлением Роспотребнадзора категории потенциальной радиационной безопасности объекта;
- обеспечение контроля за радиационной обстановкой на рабочих местах, в смежных помещениях. Порядок и программа производственного контроля за радиационной безопасностью согласовывается с Управлением Роспотребнадзора;
- утверждение перечня лиц, относящихся к персоналу групп А и Б;
- контроль и учет индивидуальных доз облучения персонала и ежегодного заполнения формы государственного статистического наблюдения № 1 ДОЗ;
- проведение инструктажа (не реже 2-х раз в год) и проверки знаний персонала в области радиационной безопасности (до начала работ и в дальнейшем 1 раз в год);
- проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров персонала;

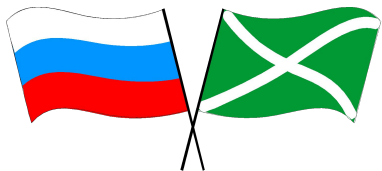


Ответственность персонала

Персонал, работающий с источниками, обязан:

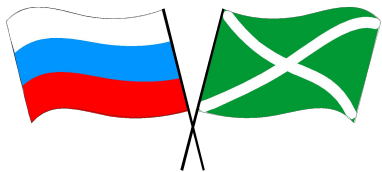
- знать и строго выполнять требования по обеспечению радиационной безопасности, установленные ОСПОРБ-99, инструкциями по радиационной безопасности и должностными инструкциями;
- выполнять установленные требования по предупреждению радиационной аварии и правила поведения в случае ее возникновения;
- своевременно проходить периодические медицинские осмотры и выполнять рекомендации медицинской комиссии (за уклонение от прохождения медицинского осмотра персонал может быть временно отстранен от работы с ИИИ);
- обо всех обнаруженных неисправностях в работе установок, приборов и аппаратов, являющихся источниками излучения, немедленно ставить в известность руководителя работ и службу радиационной безопасности (лицо, ответственное за контроль обеспечения радиационной безопасности);
- выполнять указания службы радиационной безопасности, касающиеся обеспечения радиационной безопасности при выполнении работ.

Должностные лица и граждане РФ, допустившие нарушения санитарного законодательства в области радиационной безопасности, могут быть привлечены к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности в соответствии с законодательством РФ.



Источники ионизирующего излучения

- **Открытыми** называют радиоактивные источники излучения, при использовании которых содержащиеся в них радиоактивные вещества могут попасть в окружающую среду.
- **Закрытыми** называют радиоактивные источники излучения, устройство которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые они рассчитаны.

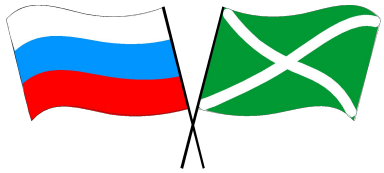


Освобождение от Правил и Норм

Работа с источниками ионизирующих излучений не требует специального разрешения, если:

- активность радионуклида меньше МЗА* (для открытых ИИ);
- мощность эквивалентной дозы на расстоянии 0,1 м от поверхности закрытого источника, не превышает 1 мкЗв/ч (для закрытых ИИ).

* МЗА – минимально значимая активность (прил. П-4 НРБ99/2009)



Радиационный контроль

- Радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения должен осуществляться за всеми основными радиационными показателями, определяющими уровни облучения персонала и населения.
- Контроль за радиационной обстановкой, в зависимости от характера проводимых работ, включает:
 - измерение мощности дозы рентгеновского, гамма- и нейтронного излучений, плотности потоков частиц ионизирующего излучения на рабочих местах, в смежных помещениях, на территории организации, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения;
 - измерение уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты, кожных покровов и одежды персонала;
 - и др.



Радиационный контроль на наличие ДРМ на ПП и СВХ

Объекты таможенного контроля, подвергающиеся радиационному контролю на наличие ДРМ на пунктах пропуска (ПП) и складах временного хранения (СВХ):

- транспортные средства с товарами;
- транспортные средства без товаров;
- товары в упаковках;
- физические лица (с багажом, без багажа).



Объекты таможенного контроля с повышенным уровнем ИИ

Объекты таможенного контроля с повышенным уровнем ИИ, выявляемые при проведении ТКДРМ и требующие соблюдения правил радиационной безопасности:

- руды урановые, ториевые;
- делящиеся материалы;
- радиоизотопная продукция;
- приборы, оборудование, содержащие ИИ (РИП);
- УКТ с урановой защитой;
- порожние УКТ;
- физические лица после лечения радиофармпрепаратами;
- товары, содержащие природные радионуклиды;
- потребительские товары с повышенным содержанием ИИ;
- лом черных и цветных металлов, нержавеющей стали с повышенным уровнем ИИ.



Источники облучения должностных лиц при проведении ТК

Рабочая ситуация – таможенный контроль декларированных ИИ:

- руды урановые, ториевые;
- УКТ с ДРМ;
- приборы, оборудование, содержащие ИИИ;
- товары, содержащие природные радионуклиды.

Экстремальная ситуация – радиационная авария (аварийная ситуация) на ПП:

- ДТП с транспортным средством, перевозящим УКТ с ДРМ;
- пожар на транспортном средстве, имеющем на борту УКТ с ДРМ;
- попытка незаконного перемещения ДРМ;
- аварийные ситуации, возникшие вследствие нарушения установленных правил перемещения ДРМ.



Основные индивидуальные защитные меры

- Сведение к минимуму времени нахождения в поле радиации.
- Нахождение на максимальном расстоянии от радиоактивного источника излучения.
- Использование физической защиты, где таковая имеется.
- Использование средств индивидуальной защиты.
- Индивидуальный дозиметрический контроль.



Комплект средств индивидуальной защиты





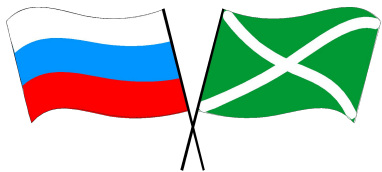
Индивидуальный дозиметрический контроль

Вопросы организации надлежащего контроля за соблюдением радиационной безопасности сотрудников таможенных органов Российской Федерации, работающих с источниками ионизирующих излучений, изложены в Инструкции по проведению индивидуального дозиметрического контроля сотрудников таможенных органов при работе с источниками ионизирующих излучений, введенной приказом ГТК РФ от 27.04.1998 № 255 «Об организации работ по проведению индивидуального дозиметрического контроля».



Требования, предъявляемые к должностным лицам службы ТКДРМ

1. Должностные лица таможенных органов, осуществляющие ТКРДМ, относятся в соответствии с НРБ-99/2009 к категории облучаемых лиц персонала группы А.
2. К непосредственной работе в подразделениях ТКРДМ допускаются лица не моложе 18 лет.
3. Для персонала (группа А) предел индивидуальной эффективной дозы облучения составляет 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год.
4. Для персонала (группа Б) предел индивидуальной эффективной дозы облучения составляет 5 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв в год.
5. Все лица, непосредственно занятые на проведении ТКРДМ, должны пройти медицинское освидетельствование на право работы с ИИИ и далее проходят регулярное (не менее одного раза в год) медицинское обследование.
6. Все лица, относящиеся к категории А, допускаются к ней после проведения проверки знаний правил безопасности ведения работ (не менее одного раза в год) и инструктажа (не двух раз в год) и действующих инструкций.
7. Для лиц, отнесенных к категории А, обязателен индивидуальный дозиметрический контроль.
8. Все работающие с ИИИ пользуются льготами в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами.



Контрольные вопросы

1. Пути проникновения радиоактивного излучения в организм человека.
2. Какие существуют природные источники ионизирующего излучения?
3. Какие существуют техногенные источники ионизирующего излучения?
4. Какими факторами определяется соматическое действие на биологические объекты?
5. Какие существуют документы по вопросам радиационной безопасности?
6. Какие существуют категории облучаемых лиц, и каковы допустимые годовые дозы их облучения?
7. Когда работа с источниками ионизирующих излучений не требует специального разрешения?
8. Перечислите основные индивидуальные защитные меры.