



Министерство труда и социальной защиты
Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОХРАНЫ И ЭКОНОМИКИ ТРУДА»

Тема 3: **Опасные и вредные
производственные факторы**

3.8

Ионизирующее излучение

Москва

Технология научно-методического обеспечения деятельности организации в сфере охраны труда: / М.: ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России, 2014.

Технология предназначена для организации обучения и проверки знаний по охране труда руководителей и специалистов организаций всех форм собственности независимо от сферы их хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности, а также уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда и членов комитетов (комиссий) по охране труда организаций.

Технология разработана на основе модульной системы обучения, отличительными особенностями которой являются гибкость, возможность оперативно создавать различные модификации учебных программ, гармонично сочетать модульный метод с другими формами обучения, добиваться наибольшей интенсивности и индивидуализации учебного процесса.

Автор-составитель Лексина О.Н.

Научное редактирование к.т.н. Любимов А.А.

Дизайн и компьютерная верстка Лексина О.Н.

Предложения и замечания просьба направлять по адресу:
105043, Москва, ул. 4-я Парковая, д. 29.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России).

Телефон (499) 164-93-30, факс (499)164-97-35.

E-mail: obuch@vcot.info

© Составление ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России, 2014

© Дизайн ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России, 2014

Код	Раздел	Стр.
3.8	Ионизирующее излучение	1

Цели:

В результате изучения этого раздела Вы будете знать:

- основные понятия ионизирующих излучений;
- виды ионизирующих излучений;
- оценку ионизирующих излучений;
- методы защиты от ионизирующих излучений.

Перечень основных документов, необходимых при изучении раздела:

1. Приказ Минтруда России № 33н от 24 января 2014 г. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению.
2. Санитарные правила СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99-2010). Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (с изменением).
3. Санитарными правилами СанПин 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.

С данным разделом связаны:

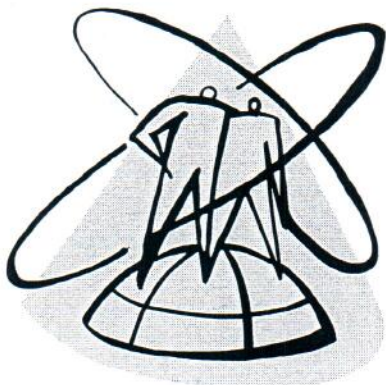
Раздел *Опасные и вредные производственные факторы.*

Раздел *Специальная оценка условий труда.*

Тема	Всероссийский научно-исследовательский институт труда
Опасные и вредные производственные факторы	

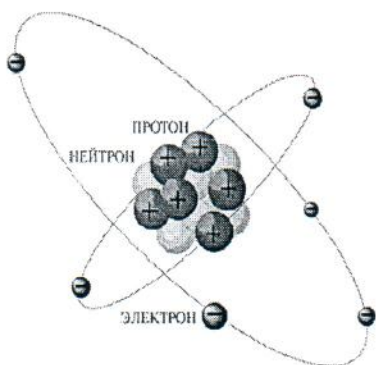
Стр.	Раздел	Код
2	Ионизирующее излучение	3.8

■ ВВЕДЕНИЕ



Радиация – процесс распространения потока элементарных частиц и квантов электромагнитного излучения. Радиация вторгается в молекулы и атомы любого вещества повстречавшегося на её пути, вызывает возбуждение атомов и появление ионов (ионизацию), отсюда произошло другое название **ионизирующее излучение**.

Ионизирующее излучение (радиация) - вид излучения, который изменяет физическое состояние атомов или атомных ядер, превращая их в электрически заряженные ионы или продукты ядерных реакций. При определенных обстоятельствах присутствие таких ионов или продуктов ядерных реакций в тканях организма может изменять течение процессов в клетках и молекулах, а при накоплении этих событий может нарушить ход биологических реакций в организме, т.е. представлять опасность для здоровья человек.



В общем смысле под определение радиации подпадает любой вид излучения: инфракрасное (тепловое), ультрафиолетовое (солнечная радиация), видимое световое излучение, но только один вид – **ионизирующее излучение** несёт серьёзную опасность, вторгаясь в любую материю на своём пути, ионизируя и тем самым разрушая её.

Ионизирующее излучение не ведаёт преград, ни бетон, ни железо, ни другой материал не могут сдержать его распространение. Ионизирующее излучение возникает в результате радиоактивного распада ядер некоторых элементов и, в зависимости от частиц его составляющих, подразделяется на два вида:

- **коротковолновое электромагнитное излучение** (рентгеновские лучи, гамма-излучение) и
- **корпускулярное излучение**, представляющее собой потоки частиц (альфа-частиц, бета-частиц (электронов), нейтронов, протонов, тяжелых ионов и других).

Нормативные требования к ионизирующим излучениям приведены в СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99-2010) “Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности”.

Всероссийский научно-исследовательский институт труда	Тема
	Опасные и вредные производственные факторы

Код	Раздел	Стр.
3.8	Ионизирующее излучение	3

■ ТИПЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

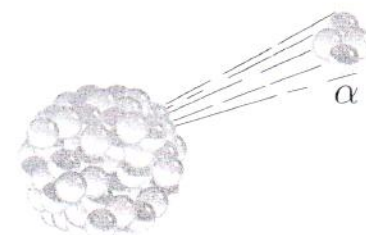
Наиболее значимы следующие типы ионизирующего излучения:

- коротковолновое электромагнитное излучение (поток фотонов высоких энергий);
- рентгеновское излучение;
- гамма-излучение.

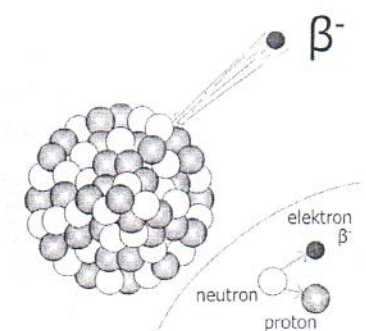
Потоки частиц:

- бета-частиц (электронов и позитронов);
- альфа-частиц (ядер атома гелия-4);
- нейтронов;
- протонов, других ионов, мюонов и др.;

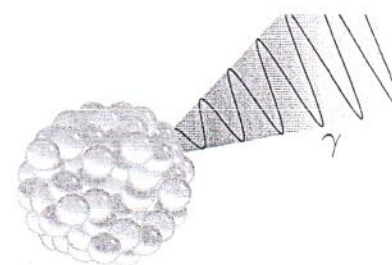
Альфа частицы, представляют собой часть атома, состоящую из 2-ух протонов и 2-ух нейтронов, имеющую положительный заряд и обладающую большой энергией (и разрушительной силой), но довольно громоздки и потому легко уловимы (даже плотная одежда или лист бумаги является для них преградой, при попадании на кожу частицы застревают в ней). Опасно лишь попадание альфа-частиц с пищей, но и этого стоит остерегаться.



Бета-излучение – это поток мельчайших заряженных частиц (электронов), имеет большую проникающую способность. Для защиты от этого вида радиации, понадобится более толстая защита: лист алюминия толщиной в несколько мм, дерево в несколько см и т.д.



Гамма-излучение и близкое к нему по свойствам **рентгеновское излучение**, обладает наибольшей проникающей способностью – это высокоэнергетическое коротковолновое электромагнитное излучение, представляющее собой поток фотонов, имеет нулевой заряд и поэтому не отклоняется при воздействии магнитным полем. Для защиты от такого вида излучения понадобится толстый слой материала с тяжёлыми ядрами (свинец, обеднённый уран, вольфрам). Есть ряд веществ (бор, графит, кадмий), которые способны нейтрализовать гамма-излучение.



Тема	Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда
Опасные и вредные производственные факторы	

Стр.	Раздел	Код
4	Ионизирующее излучение	3.8

Нейтронное излучение – это поток нейтральных частиц. Эти частицы вылетают из ядер атомов при некоторых ядерных реакциях, в частности, при реакциях деления ядер урана и плутония. Вследствие того, что нейтроны не имеют электрического заряда, нейтронное излучение обладает большой проникающей способностью. В зависимости от кинетической энергии нейтроны условно делятся на: быстрые; сверхбыстрые; промежуточные; медленные; тепловые.

Отличительной особенностью нейтронного излучения является способность превращать атомы стабильных элементов в их радиоактивные изотопы, что резко повышает его опасность.

Нейтронное излучение возникает при работе ускорителей заряженных частиц и реакторов, образующих мощные потоки быстрых и тепловых нейтронов.

■ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИИ

Радиация измеряется в единицах энергии, которая поглощается веществом (выделяется в веществе) при прохождении через него ионизирующего излучения.

Поглощённая доза измеряется в грях, считается, что вещество получило дозу облучения в *1 грэй (Гр)*, если в результате облучения 1 кг вещества получил 1 Дж энергии.

До перехода к международным единицам использовалась единица Рад, $1 \text{ Гр} = 100 \text{ Рад}$.

Применяется, также такое понятие, как **экспозиционная доза излучения** – величина, показывающая, какой заряд создаёт гамма- или рентгеновское излучение в единице объёма воздуха (степень ионизации). В международной системе СИ, единицей измерения является "*кулон на кг*" (*Кл/кг*).

Внесистемной единицей измерения является "*рентген*", или равная ей ещё одна внесистемная единица "*бэр*". $1 \text{ Кл/кг} = 3880 \text{ рентген (Р)}$.

Эквивалентная доза (Э.д.) – доза, рассчитывается с учётом коэффициентов и зависит от вида излучения, например:

- ✓ рентгеновское, гамма-, бета-излучения имеют коэффициент 1,
- ✓ альфа-частицы имеют коэффициент 20.

Э.д. измеряется в *Зивертах (1 Зв)*, $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}$, или бэрах.

Итого: $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Зв} = 100 \text{ Бэр} = 100 \text{ Рентген}$.

Эффективная доза – коэффициент, рассчитываемый индивидуально для каждого органа в зависимости от риска возникновения отдаленных последствий облучения. Эффективная доза кожи и щитовидной железы – 0.01, для половых органов – 0.2, для лёгких, желудка, кишечника – 0.12, для головного мозга – 0.025, для остальных тканей – 0.05.

Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда	Тема
	Опасные и вредные производственные факторы

Код	Раздел	Стр.
3.8	Ионизирующее излучение	5

■ ДОПУСТИМЫЕ И СМЕРТЕЛЬНЫЕ ДОЗЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Ионизирующее излучение не может быть обнаружено органами чувств человека, только техническими средствами.

Для регистрации и измерения ионизирующего излучения применяются специальные переносные дозиметрические приборы, например: счетчики Гейгера-Мюллера.



Естественное фоновое излучение (создается естественными и техногенными источниками) составляет, в зависимости от места 10-30 мкР/час (0,1-0,3 мкЗв/час).

Уровень в 10 мкР/час даёт дозу облучения за год в 0,8 мЗв.

Предельно допустимой эквивалентной дозой облучения для населения считается 1 мЗв.

Всё большее количество учёных склоняются, что её надо уменьшить (кстати, в 1952 г безопасной считалась доза до 15 мЗв) и некоторые штаты США уже установили максимально допустимую дозу искусственного облучения на уровне 0,1 мЗв в год.

Примерные дозы облучения:

Вид деятельности	Доза облучения
Полёт в лайнере на высоте 8 км	2 мкЗв/час
Полёт из Москвы в Нью-Йорк	0,3 мЗв
Флюорография	0,06 мЗв
Просмотр ТВ 3 часа/день (за год)	0,001 мЗв

Согласно нормам радиационной безопасности НРБ-99: индивидуальная годовая эквивалентная доза в коже не должна превышать 50 мЗв, в хрусталике не более 15 мЗв.

■ ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Источниками ионизирующего излучения (ИИ) могут быть природные и искусственные радиоактивные вещества, различного рода ядерно-технические установки, медицинские препараты, многочисленные контрольно-измерительные устройства (дефектоскопия металлов, контроль качества сварных соединений). Они используются в сельском хозяйстве, геологической разведке, при выполнении работ на ускорителях заряженных частиц (синхрофазотронах), а также на атомных электростанциях, урановых рудниках и др.

Тема	Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда
Опасные и вредные производственные факторы	

Стр.	Раздел	Код
6	Ионизирующее излучение	3.8

■ ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории:

✓ **соматические (телесные)** - возникающие в организме человека, который подвергнулся облучению.

Радиационные эффекты облучения человека: лучевая болезнь, локальные лучевые поражения; лейкозы; опухоли разных органов.

✓ **генетические** - связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению.

Радиационные эффекты облучения человека: генные мутации; хромосомные aberrации.

Различают радиационные эффекты облучения человека:

✓ **пороговые эффекты** (детерминированные) – они возникают, когда число клеток, погибших в результате облучения, достигает критического значения, при котором заметно нарушаются функции пораженных органов.

✓ **стохастические эффекты** (вероятностные), такие как злокачественные новообразования, генетические нарушения – могут возникать при любых дозах облучения. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления.

ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

1 степень - менее 200 рентген
 2 степень - 200-300 рентген
 3 степень - 400-700 рентген
 4 степень - более 700 рентген

ГРУППЫ КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ

1-я группа
 2-я группа
 3-я группа

Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда	Тема
	Опасные и вредные производственные факторы

Код	Раздел	Стр.
3.8	Ионизирующее излучение	7

Хроническое облучение слабее действует на живой организм по сравнению с однократным облучением в той же дозе, что связано с постоянно идущими процессами восстановления радиационных повреждений. Считается, что примерно 90% радиационных повреждений восстанавливается.

Данные по *генетическим последствиям облучения* весьма неопределенны. Ионизирующее излучение может породить жизнеспособные клетки, которые будут передавать то или иное изменение из поколения в поколение. Однако анализ этот затруднен.

В последние десятилетия процессы взаимодействия ионизирующих излучений с тканями человеческого организма были детально исследованы. В результате выработаны **нормы радиационной безопасности**, отражающие действительную роль ионизирующих излучений с точки зрения их вреда для здоровья человека.

При этом необходимо помнить, что норматив всегда является результатом компромисса между риском и выгодой.

■ ОЦЕНКА РАБОЧИХ МЕСТ

Нормы радиационной безопасности устанавливаются Санитарными правилами СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» .

СанПин 2.6.1.2523-09
НРБ 99/2009

- Работодатель обязан** выполнять требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях и обеспечить нормальные условия эксплуатации с учетом категории облучаемых лиц:
 - **Персонал (группа А)** – лица, работающие с техногенными источниками излучения или работающие на радиационном объекте.
 - **Персонал (группы Б)** – лица, работающие на территории санитарно-защитной зоны и находящиеся в сфере воздействия техногенных источников.
 - Все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

- В качестве гигиенического критерия для отнесения условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии ионизирующего излучения принимается **мощность потенциальной дозы (МПД)** излучения – максимальная потенциальная эффективная (эквивалентная) доза излучения, которая может быть получена за календарный год при работе с источниками ионизирующих излучений в стандартных условиях на конкретном рабочем месте.

Тема	Всероссийский научно-исследовательский институт труда
Опасные и вредные производственные факторы	

Стр.	Раздел	Код
8	Ионизирующее излучение	3.8

МПД определяется по формулам:

→ для эффективной дозы:

$$МПД = 1,7 \times H^{внеш.} + 2,4 \times 10^6 \times \sum_{U,G} (C_{U,G} \times \epsilon_{U,G}^{возд. перс.}),$$

где:

МПД – максимальная потенциальная эффективная доза за год, мЗв/год;

$H^{внеш.}$ – мощность амбиентной дозы внешнего излучения на рабочем месте, определенная по данным радиационного контроля, мкЗв/ч;

$C_{U,G}$ – объемная активность аэрозолей (газов) соединений радионуклида U типа соединения при ингаляции G на рабочем месте, определенная по данным радиационного контроля, Бк/м³;

$\epsilon_{U,G}^{возд. перс.}$ – дозовый коэффициент для соединения радионуклида U типа соединения при ингаляции G в соответствии с приложением № 1 к НРБ-99/2009, Зв/Бк;

1,7 – коэффициент, учитывающий стандартное время облучения работников в течение календарного года (1700 часов в год для персонала группы «А») и размерность единиц (10³ мкЗв/мЗв);

$2,4 \times 10^6$ – коэффициент, учитывающий объем дыхания за год (2,4 × 10³ м³/год для персонала группы «А») и размерность единиц (10³ мкЗв/Зв);

→ для эквивалентной дозы:

$$МПД^{орган} = 1,7 \times MD^{орган},$$

где:

МПД^{орган} – максимальная потенциальная эквивалентная доза на орган на данном рабочем месте за год, мЗв/год;

MD^{орган} – мощность амбиентной дозы внешнего облучения органа на рабочем месте, определенная по данным радиационного контроля, мкЗв/ч;

1,7 – коэффициент, учитывающий стандартное время облучения в течение календарного года (1700 часов в год для персонала группы «А», для всех остальных работников – 2000 часов в год) и размерность единиц (10³ мкЗв/мЗв).

- Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии ионизирующего излучения осуществляется в соответствии с приложением № 19 к Методике проведения СОУТ.

Максимальная потенциальная доза за год, мЗв/год	Класс (подкласс) условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Эффективная доза	≤5	>5 – 10	>10 - 20	>20 - 50	>50 - 100	>100
Эквивалентная доза в хрусталике глаза	≤37,5	>37,5 – 75	>75 - 150	>150 - 225	>225 - 300	>300
Эквивалентная доза в коже, кистях и стопах	≤125	>125 – 250	>250 - 500	>500 - 750	>750 - 1000	>1000

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии ионизирующего излучения осуществляется на основе систематических данных текущего и оперативного контроля за год.

Всероссийский научно-исследовательский институт труда	Тема
	Опасные и вредные производственные факторы

Код	Раздел	Стр.
3.8	Ионизирующее излучение	9

■ МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Противолучевая защита обеспечивается целым рядом факторов. Существенным фактором противолучевой защиты является рациональное расположение рабочих мест персонала с максимальным удалением их от источников излучения - это так называемая защита расстоянием.



- ☑ **Защита расстоянием** – интенсивность излучения уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния от источника (если расстояние увеличить в 2 раза от источника ионизирующего излучения, то интенсивность излучения уменьшится в 4 раза).
- ☑ **Защита экраном** – на пути ионизирующего излучения необходимо поставить преграду из материала, через который они не проникнут.
Например, экраном являются:
 - от α -излучения – ткань или лист бумаги,
 - от β -излучения – пластик, оргстекло,
 - от γ -излучения – свинцовые блоки различной толщины,
 - от нейтронного излучения – баритобетон.
- ☑ **Защита временем** – чем меньше времени мы находимся в зоне воздействия ионизирующего излучения, тем меньшую дозу мы получаем (прямо пропорциональная зависимость).
- ☑ **Защита количеством излучения** – необходимо вводить строго определенную дозу радиоактивного вещества для каждого конкретного исследования.
- ☑ **Способы защиты от ионизирующих излучений:**
 - ⇒ коллективные – экраны, вытяжная система, защита проектированием помещений;
 - ⇒ индивидуальные – спецодежда, маски, перчатки, очки.

Тема	Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда
Опасные и вредные производственные факторы	

Стр.	Раздел	Код
10	Ионизирующее излучение	3.8

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Рентгеновские лучи по свойствам схожи с:
 - а) γ -лучами;
 - б) α -лучами и β -лучами;
 - в) инфракрасными лучами и ультрафиолетовыми лучами.

2. Единица измерения эквивалентной дозы радиации:
 - а) Зиверт;
 - б) Бэр;
 - в) Грей;
 - г) Рентген.

3. Переносные дозиметрические приборы используются для:
 - а) бактериологического контроля;
 - б) определения радиоактивных веществ на руках работающих;
 - в) санитарно-дозиметрического контроля;
 - г) санитарно - химического контроля.

4. К корпускулярным частицам не относится:
 - а) α - частицы, β - частицы;
 - б) рентгеновские лучи;
 - в) нейтроны, протоны.

5. В радиационной гигиене под термином «радиация» подразумевается:
 - а) ионизирующее излучение;
 - б) неионизирующее излучение;
 - в) инфракрасное излучение.

6. Для количественной оценки ионизирующего излучения используется понятие:
 - а) доза;
 - б) концентрация, активность;
 - в) масса;
 - г) вес.

7. Интенсивность ионизирующего излучения уменьшается от источника обратно пропорционально:
 - а) мощности дозы и времени облучения;
 - б) квадрату расстояния;
 - в) потоку излучения.

8. Эквивалентная доза облучения у населения от техногенных источников не должна превышать:
 - а) 1,5 мЗв/год;
 - б) 3 мЗв/год.
 - в) 1 мЗв/год;

Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда	Тема
	Опасные и вредные производственные факторы