

П Р А К Т И К А

I. Лабораторный практикум:

- 1. Оценка химической обстановки в чрезвычайных ситуациях, pdf.**
- 2. Система оповещения населения о чрезвычайных ситуациях, pdf.**
- 3. Средства индивидуальной и медицинской защиты, pdf.**
- 4. Оценка радиоактивного загрязнения продуктов питания и строительных материалов, pdf.**
- 5. Определение концентрации сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, pdf.**
- 6. Определение мощности экспозиционной и эквивалентной доз облучения, pdf.**

II. Практические занятия:

- 1. Оценка ионизирующих излучений и методы защиты от них, pdf.**
- 2. Оценка радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях, pdf.**
- 3. Оценка надежности защиты производственного персонала в чрезвычайных ситуациях, pdf.**
- 4. Оценка устойчивости работы промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях pdf.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра производственной и экологической безопасности

Е.Н.Зацепин А.И.Навоша

**ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

для практических занятий по дисциплине
"Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность"
для студентов всех специальностей

МИНСК 2000

УДК 614. 876(075.8)
ББК 68.9 Я 73
3 39

Зацепин Е.Н., Навоша А.И.

Оценка химической обстановки в чрезвычайных ситуациях:
3 39 Метод, пособие для практических занятий по дисциплине "Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность" - Мн.: БГУИР, 2000. - 79. с.: ил.1
ISBN 985-444-190-3.

Методическое пособие содержит методику оценки химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. Приведены примеры решения задач с использованием изложенных методик и варианты задач для самостоятельной работы студентов. В приложениях даны все необходимые для решения задач справочные материалы. Пособие предназначено для использования студентами всех специальностей на практических занятиях по дисциплине "Защита населения и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность".

УДК 614. 876(075.8)
ББК 68.9 Я 73

ISBN 985-444-190-3

© Е.Н.Зацепин, А.И.Навоша,
2000

СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткие сведения о сильнодействующих ядовитых веществах.....	4
2. Сущность выявления и оценки химической обстановки	5
3. Методика оценки химической обстановки.....	6
3.1. Определение размеров и площади зоны химического заражения.....	6
3.2. Определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу(объекту).....	9
3.3. Определение времени поражающего действия СДЯВ.....	10
3.4. Определение границ возможных очагов химического поражения.....	11
3.5. Определение возможных потерь населения в очаге химического поражения.....	12
4. Варианты задач для самостоятельной работы студентов.....	12
Литература.....	16

1. Краткие сведения о сильнодействующих ядовитых веществах

В настоящее время на хозяйственных объектах народного хозяйства используется большое количество сильнодействующих ядовитых веществ. При их использовании нередко возникают аварии. Причинами аварии являются: нарушение правил хранения, перевозки, техники безопасности при работе, стихийные бедствия. Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) - это токсические химические соединения, способные при аварии на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей. Основными параметрами, характеризующими СДЯВ, являются степени токсичности и стойкости.

Степень токсичности СДЯВ характеризует их воздействие на организм человека. Для характеристики токсичности СДЯВ используются: пороговая концентрация, предел переносимости, смертельная концентрация и смертельная доза.

Пороговая концентрация - это наименьшее количество вещества, которое может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пострадавшие сохраняют работоспособность и ощущают лишь первичные признаки поражения.

Предел переносимости - это минимальная концентрация, которую человек может выдерживать определенное время без устойчивого поражения. В промышленности в качестве предела переносимости используется предельно допустимая концентрация.

Однако пороговая и предельно допустимая концентрации не могут служить полной характеристикой токсичности СДЯВ, так как не позволяют оценить возможный физиологический эффект в зависимости от времени их воздействия. Кроме того, токсичность СДЯВ в значительной степени зависит от пути попадания в организм человека. Основными путями попадания СДЯВ в организм человека являются органы дыхания и кожные покровы.

Для характеристики токсичных веществ при воздействии на организм человека через органы дыхания применяются следующие токсические дозы:

средняя смертельная токсодоза, вызывающая смертельный исход у 75% пораженных;

средняя выводящая из строя токсодоза, вызывающая выход из строя 50% пораженных;

средняя пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения у 50% пораженных.

Ингаляционные токсодозы измеряются в г/мин на 1 м^3 или в мг/мин на 1 л.

Степень токсичности СДЯВ при воздействии на организм человека через кожный покров оценивается также средней смертельной, средней выводящей и пороговой дозами. Они измеряются количеством вещества, приходящегося на единицу поверхности тела человека или на единицу его массы ($\text{мг}/\text{см}^2$ или $\text{мг}/\text{кг}$).

По степени токсичности СДЯВ делят на шесть групп: чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, сильнотоксичные, умеренно токсичные,

токсичные и не токсичные.

По степени стойкости СДЯВ подразделяются на стойкие и нестойкие. Стойкость - это способность вещества сохранять свои поражающие действия в воздухе или на местности в течение определенного времени. Стойкость СДЯВ зависит в основном от их физико-химических свойств, рельефа местности, метеорологических условий, состояния атмосферы в приземном слое.

У поверхности Земли различают три состояния атмосферы: инверсию, конвекцию и изотермию.

Инверсия - устойчивое состояние, восходящие потоки отсутствуют; температура поверхности почвы ниже температуры воздуха.

Конвекция - неустойчивое состояние, сильно развиты восходящие потоки; температура почвы выше температуры воздуха. Она вызывает сильное рассеивание зараженного воздуха. В результате этого концентрация паров в воздухе сильно снижается.

Изотермия - промежуточное состояние: температура почвы и воздуха примерно равны.

Инверсия и изотермия способствуют сохранению высоких концентраций СДЯВ в приземном слое воздуха, распространению зараженного воздуха на большие расстояния.

2. Сущность выявления и оценки химической обстановки

Химическая обстановка может возникнуть в результате аварии на химически опасном объекте и при применении химического оружия.

Под химической обстановкой понимают масштабы и степень химического заражения воздуха (местности), оказывающие влияние на жизнедеятельность человека и работу хозяйственных объектов.

Разрушенные или поврежденные емкости (коммуникации) с СДЯВ служат источниками образования зон химического заражения и очагов химического поражения.

Зона химического заражения включает место непосредственного разлива ядовитых веществ и территорию, над которой распространялись пары этих веществ в поражающих концентрациях. Такая зона характеризуется глубиной распространения облака, зараженного ядовитыми веществами воздуха с поражающими концентрациями, (Г), шириной (Ш), и площадью S_3 . Кроме того, в зоне химического заражения может быть один или несколько очагов химического поражения, которые характеризуются своими площадями. Под очагом химического поражения понимают населенный пункт, попавший в зону химического заражения, где имеет место гибель людей, сельскохозяйственных животных и растений.

Выявлением и оценкой химической обстановки занимаются штабы гражданской обороны и командиры невоенизированных формирований. Оценке химической обстановки предшествует ее выявление. Выявить химическую обстановку - это значит определить зоны химического заражения и нанести их на карту (схему или план),

Оценка химической обстановки осуществляется методом

прогнозирования и по данным химической разведки. Первый метод, как правило, используют штабы гражданской обороны, а второй - командиры невоенизированных формирований гражданской обороны.

На всех химически опасных объектах оценка химической обстановки производится методом прогнозирования. При этом в основу положены данные по одновременному выбросу в атмосферу всего запаса СДЯВ, имеющихся на объекте, при благоприятных условиях для распространения зараженного воздуха. Такими условиями являются инверсия и скорость ветра, равная 1 м/с.

При аварии на химически опасном объекте оценка производится по конкретно сложившейся обстановке, т.е. берется реальное количество выброшенного (вылившегося) ядовитого вещества и реальные метеоусловия.

Для определения зон химического заражения необходимы следующие исходные данные:

- а) тип и количество СДЯВ в емкости, где произошла авария;
- б) условия хранения;
- в) характер выброса (вылива) ядовитых веществ;
- г) топографические условия местности ;
- д) метеоусловия;
- е) степень защищенности рабочих, служащих объекта и населения.

Исходные данные добываются:

постами радиационного и химического наблюдения;
звеньями (группами) радиационной и химической разведки;
из информации, поступающей от вышестоящий штабов гражданской обороны и соседей.

Оценка химической обстановки включает решение задач по определению:

- 1) размеров и площади зоны химического заражения;
- 2) времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту);
- 3) времени поражающего действия СДЯВ ;
- 4) границ возможных очагов химического поражения;
- 5) возможных потерь в очаге химического поражения.

3. Методика оценки химической обстановки

3.1 Определение размеров и площади зоны химического заражения

Размеры зон химического заражения зависят от количества СДЯВ на объекте, физических и токсических свойств, условий хранения, метеоусловий и рельефа местности. По табл. 1.1. и 1.2. определяются ориентировочные расстояния, на которых могут создаваться в воздухе поражающие концентрации некоторых видов СДЯВ для определенных условий.

Таблица 1.1

Данные для определения глубины распространения облаков зараженного воздуха с поражающими концентрациями СДЯВ на открытой местности, км (емкости не обвалованы, скорость ветра 1 м/с)

Наименование СДЯВ	Количество СДЯВ в емкостях, т					
	5	10	20	50	75	100
При инверсии						
Хлор, фосген	23	49	80	Более 80		
Аммиак	3,5	4,5	6,5	9,5	12	15
Сернистый ангидрид	4	4,5	7	10	12,5	17,5
Сероводород	5,5	7,5	12,5	20	25	61,6
При изотермии						
Хлор, фосген	4,6	7	11,5	16	19	21
Аммиак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3
Сернистый ангидрид	0,8	0,9	1,4	2	2,5	3,5
Сероводород	1,1	1,5	2,5	4	5	8,8
При конвенции						
Хлор, фосген	1	1,4	1,96	2,4	2,85	3,15
Аммиак	0,21	0,27	0,39	0,5	0,62	0,66
Сернистый ангидрид	0,24	0,27	0,42	0,52	0,65	0,77
Сероводород	0,33	0,45	0,65	0,88	1,1	1,5

Примечания: 1. При скорости ветра более 1 м/с применяются поправочные коэффициенты, определяемые по табл. 1.3.

2. Для обвалованных емкостей со СДЯВ глубина распространения облака зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

Таблица 1.2

Данные для определения глубины распространения облаков зараженного воздуха с поражающими концентрациями СДЯВ на закрытой местности, км (емкости не обвалованы, скорость ветра 1 м/с)

Наименование СДЯВ	Количество СДЯВ в емкостях, т					
	5	10	20	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7
При инверсии						
Хлор, фосген	6,57	14	22,85	41,14	48,85	54
Аммиак	1	1,28	1,85	2,71	3,42	4,28
Сернистый ангидрид	1,14	1,28	2	2,85	3,57	5
Сероводород	1,57	2,14	3,57	5,71	7,14	17,6
При изотермии						
Хлор, фосген	1,31	2	13,28	14,57	5,43	6
Аммиак	0,2	0,26	0,37	0,54	0,68	0,86
Сернистый ангидрид	0,23	0,26	0,4	0,57	0,71	1,1
Сероводород	0,31	0,43	0,71	1,14	1,43	2,51

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7
При конвенции						
Хлор, фосген	0,4	0,52	0,72	1	1,2	1,32
Аммиак	0,06	0,08	0,11	0,16	0,2	0,26
Сернистый ангидрид	0,07	0,08	0,12	0,17	0,21	0,3
Сероводород	0,093	0,13	0,21	0,34	0,43	0,65

Примечание: 1. При скорости ветра более 1 м/с применяются поправочные коэффициенты, определяемые по табл. 1.3.

2. Для обвалованных емкостей со СДЯВ глубина распространения зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

Таблица 1.3

Данные для определения поправочного коэффициента на скорость ветра

Устойчивость воздуха	Скорость ветра, м/с									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Инверсия	1	0,6	0,45	0,38	-	-	-	-	-	-
Изотермия	1	0,71	0,55	0,5	0,45	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32
Конвекция	1	0,7	0,62	0,55	-	-	-	-	-	-

Ширина зоны химического заражения (Ш) определяется по следующим соотношениям :

$$Ш = 0,03 Г - \text{при инверсии ;}$$

$$Ш = 0,15Г - \text{при изотермии ;}$$

$$Ш = 0,8Г - \text{при конвенции,}$$

где Г - глубина распространения облака зараженного воздуха с поражающей концентрацией, км.

Площадь зоны химического заражения (S_3) принимается как площадь равнобедренного треугольника, которая равна половине произведения глубины распространения зараженного воздуха на ширину зоны заражения

$$S_3 = 0,5ГШ.$$

Пример.

На объекте разрушилась необвалованная емкость, содержащая 10 т аммиака. Определить размеры и площадь зоны химического заражения в ночное время. Местность открытая. Метеоусловия - ясно, скорость ветра 3 м/с.

Решение.

1. По табл. 1.4 определяем степень вертикальной устойчивости воздуха. Находим, что при указанных метеоусловиях степень вертикальной устойчивости воздуха - инверсия.

2. По табл. 1.1 для 10т аммиака находим глубину распространения зараженного воздуха при скорости ветра 1 м/с; она равна 4,5 км для поражающей концентрации. По табл. 1.3 для скорости ветра 3 м/с определяем поправочный коэффициент, равный для инверсии 0,45. Глубина

распространения облака зараженного воздуха с поражающей концентрацией составит: $\Gamma = 4,5 * 0,45 = 2,02$ км.

Таблица 1.4

Оценка степени вертикальной устойчивости воздуха по данным прогноза погоды

Скорость ветра, м/с	Ночь			День		
	Ясно	Полуясно	Пасмурно	Ясно	Полуясно	пасмурно
0,5	Инверсия ----- конвекция					
0,6-2,0						
2,1-4,0						
Более 4,0	-----	изотермия		-----	изотермия	

3. Определяем ширину зоны химического заражения при инверсии.
Ширина зоны:

$$\text{Ш} = 0,03\Gamma = 0,03 * 2,02 = 0,06 \text{ км.}$$

4. Определяем площадь зоны химического заражения:

$$S_3 = 0,5\Gamma\text{Ш} = 0,5 * 2,02 * 0,06 = 0,06 \text{ км}^2.$$

3.2. Определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту)

Время подхода облака зараженного воздуха (t) к определенному рубежу (объекту) определяется делением расстояния (R) от места разлива СДЯВ до данного рубежа (объекта) на среднюю скорость переноса облака (W) воздушным потоком. Средняя скорость переноса облака зараженного воздуха определяется по табл. 1.5. Облако зараженного воздуха распространяется на высоты, где скорость ветра больше, чем у поверхности Земли. Вследствие этого средняя скорость распространения будет больше, чем скорость ветра на высоте 1 м.

Пример.

В результате аварии на объекте, расположенном на расстоянии 9 км от населенного пункта, разрушены коммуникации со сжиженным аммиаком. Метеоусловия: изотермия, скорость ветра 5 м/с. Определить время подхода облака зараженного воздуха к населенному пункту. Решение.

По табл. 1.5 для изотермии и скорости ветра $V_{\text{в}} = 5$ м/с находим среднюю скорость переноса облака зараженного воздуха $W = 7,5$ м/с.

Таблица 1.5

Данные для определения средней скорости переноса облака зараженного воздуха, м/с

Скорость ветра, м/с	Инверсия		Изотермия		Конвекция	
	R<10км	R>10км	R<10км	R>10км	R<10км	R>10км
1	2	3	4	5	6	7
1	2	2,2	1,5	2	1,5	1,8
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5

1	2	3	4	5	6	7
4	–	–	6	8	–	–
5	–	–	7,5	10	–	–
6	–	–	9	12	–	–
7	–	–	10,5	14	–	–

Примечание: Инверсия и конвекция при скорости ветра более 3 м/с наблюдаются в редких случаях. Время подхода облака зараженного воздуха к населенному пункту определяется из выражения:

$$T=R/W=9000 / (7,5 * 60) = 20 \text{ мин.}$$

3.3. Определение времени поражающего действия СДЯВ

Время поражающего действия СДЯВ ($t_{\text{пор}}$) определяется временем испарения ядовитого вещества с поверхности его выброса (разлива). Значение времени поражающего действия определяется по табл. 1.6. Зная глубину зоны химического заражения (Γ) и время испарения СДЯВ, строим график (рис.1). По оси ординат откладывается время поражающего действия ($t_{\text{пор}}$), а по оси абсцисс - глубина зоны химического поражения (Γ). Полученные точки А и Б соединяются прямой линией. Для нахождения продолжительности поражающего действия на требуемом расстоянии от района аварии восстанавливается перпендикуляр до пересечения с прямой линией АБ. Из точки пересечения В проводится прямая линия, параллельная оси абсцисс, до пересечения с осью ординат. Точка пересечения с осью ординат и дает искомое время поражающего действия СДЯВ.

Таблица 1.6

Данные для определения времени испарения СДЯВ из поддона при скорости ветра 1 м/с, сут

Емкость хранения, Т	Температура воздуха, С								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хлор									
1	12,1ч	10,3ч	8,6ч	6,9ч	6ч	5,1ч	4,6ч	3,8ч	3,3ч
10	13,9ч	11,9ч	9,9ч	7,9ч	6,9ч	5,9ч	5,4ч	4,4ч	3,8ч
100	8,6ч	7,3ч	6,3ч	5,3ч	4,7ч	4,1ч	3,4ч	3,1ч	2,6ч
500	12,3ч	10,5ч	8,9ч	7,7ч	6,8ч	5,8ч	5,1ч	4,5ч	3,7ч
Аммиак									
50	1,3ч	1,1ч	21,7ч	18,3ч	16ч	13,4ч	11,3ч	10ч	8,6ч
100	18,3ч	15,4ч	12,6ч	11,4ч	9,3ч	7,6ч	6,3ч	5,5ч	4,7ч
500	27,0ч	23,2ч	18,6ч	15,9ч	13,1ч	11,3ч	9,4ч	8,3ч	7,0ч
Окись этилена									
10	1,8ч	1,5ч	1,0ч	19,8ч	15,4ч	13,2ч	11ч	9ч	7,2ч
50	1,9ч	1,6ч	1,1ч	21,6ч	16,8ч	14,4ч	12ч	9,6ч	7,7ч

Окончание табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	25ч	20ч	15,1ч	12,2ч	9,4ч	7,6ч	6,0ч	4,9ч	4,1ч
Окислы азота									
10	5,8ч	4,4ч	3,1ч	2,5ч	1,8ч	1,4ч	25ч	21ч	16ч
50	6,3ч	4,8ч	3,4ч	2,7ч	2ч	1,6ч	1,2ч	1ч	18,5ч
100	Более месяца				26ч	21ч	15,7ч	14,3ч	11ч
Сероуглерод									
10	5,6ч	4,2ч	3,0ч	2,3ч	1,6ч	1,3ч	23,3ч	18,6ч	14ч
50	5,8ч	4,4ч	3,2ч	2,5ч	1,8ч	1,5ч	1,1ч	21,1ч	15,8ч
100	Более месяца				22,4ч	17,8ч	14,6ч	10,5ч	8,2ч

Пример. На объекте разрушилась обвалованная емкость, содержащая 100т хлора. Определить продолжительность поражающего действия СДЯВ на удалении 6 км. Метеоусловия: инверсия, скорость ветра 4 м/с, температура воздуха 0°С. Местность открытая.

Решение.

1. По табл. 1.1 определяем глубину зоны химического заражения. Для 100т хлора $\Gamma = 80$ км. По табл. 1.3 находим поправочный коэффициент 0,38. Тогда глубина зоны

$$\Gamma = 80 \cdot 0,38 = 30 \text{ км.}$$

Так как емкость обвалованная, то глубина распространения облака (см. прим, к табл. 1.1) уменьшается в 1,5 раза. Следовательно, глубина зоны заражения составит:

$$\Gamma = 30 : 1,5 = 20 \text{ км.}$$

2. По табл. 1.6 (для емкости 100т с хлором при температуре 0°С) находим продолжительность поражающего действия хлора в районе аварии 4,7 суток.

3. Строим график (см. рис. 1) и по оси абсцисс откладываем расстояние $\Gamma = 20$ км, а по оси ординат - значение $t_{\text{пор}} = 4,7$ суток. Соединяем точки А и Б прямой. Восстанавливаем перпендикуляр с $D = 6$ км до пересечения с прямой АБ и проводим прямую из точки В до оси ординат. Находим, что продолжительность поражающего действия хлора на расстоянии 6 км от точки аварии составит, 3,5 суток.

3.4 Определение границ возможных очагов химического поражения

Для определения границ очага поражения необходимо на карту (схему или план) нанести зону химического заражения. Затем выделить населенные пункты или части их, которые попадают в зону химического заражения. Расчетными границами очагов химического поражения и будут границы этих населенных пунктов или районов.

3.5 Определение возможных потерь населения в очаге химического поражения

Потери населения будут зависеть от численности людей, оказавшихся на площади очага, степени защищенности их и своевременного использования средств индивидуальной защиты. При этом количество рабочих и служащих подсчитывается по их наличию на территории объекта (по зданиям цехов, площадок), а количество населения – по жилым кварталам. Возможные потери населения в очаге химического поражения определяется по табл. 1.7.

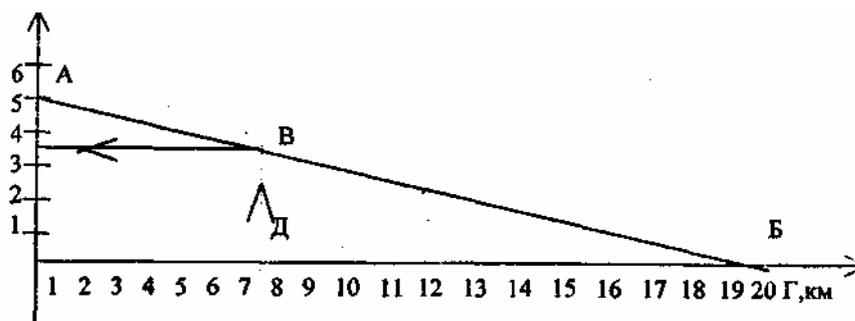


Рис.1. График определения времени поражающего действия СДЯВ

Пример.

На химическом заводе в результате аварии разрушена емкость, содержащая 15т хлора. Рабочие и служащие завода (500 человек) обеспечены противогазами на 100%. Определить возможные потери рабочих и служащих завода и их структуру.

Решение.

1. По табл. 1.7 определяем потери рабочих и служащих при условии, что они обеспечены противогазами на 100 %.

$$500 * 0,04 = 20 \text{ чел.}$$

2. Определяем структуру потерь (руководствуясь прим. к табл. 1.7) со смертельным исходом – $20 * 0,35 = 7$ чел.; средней и тяжелой степени – $20 * 0,4 = 8$ чел.; легкой степени – $20 * 0,25 = 5$ чел.

Всего со смертельным исходом и потерявших работоспособность будет 15 человек.

4. Варианты задач для самостоятельной работы студентов

Задача 1.

На холодильном комбинате №1 г.Минска (пересечение ул. Первомайской и Захарова) разрушены три обвалованные емкости с аммиаком, по 6 т каждая. Местность открытая; ветер юго-западный; скорость ветра 1 м/с. Расстояние от комбината до БГУИР (R) 1,56 км.

Таблица 1.7

Данные для определения возможных потерь рабочих, служащих и населения от СДЯВ в очаге поражения, %

Условия нахождения людей	Без противогозов	Обеспеченность противогозами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простейших укрытиях, зданиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Примечание. Ориентировочная структура потерь людей в очаге поражения составит, % : легкой степени - 25, средней и тяжелой степени (с выходом из строя не менее чем на 2-3 недели и нуждающихся в госпитализации) - 40, со смертельным исходом - 35.

Определить:

- размеры и площадь зоны химического заражения;
- время подхода зараженного воздуха в район БГУИР;
- время поражающего действия аммиака в районе БГУИР;
- возможные потери рабочих и служащих комбината и сотрудников университета, а также структуру потерь (табл. 1.8).

Задача 2.

На маргариновом заводе г.Минска (ул. Козлова) разрушена необвалованная емкость, содержащая 2,5 т аммиака. Местность открытая; ветер юго-западный со скоростью 1 м/с. Расстояние от завода до БГУИР (R) 0,9 км.

Определить:

- размеры и площадь зоны химического заражения;
- время подхода зараженного воздуха в район БГУИР;
- время поражающего действия аммиака в районе БГУИР;
- возможные потери рабочих и служащих комбината и сотрудников университета, а также структуру потерь (табл. 1.9).

Таблица 1.8

Исходные данные для решения задачи 1

Исходные данные	Номер варианта			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Время суток	Ночь, ясно	Ночь, полужасно	Ночь, ясно	Ночь, полужасно

Окончание табл. 1.8

1	2	3	4	5
Температура воздуха, °С	0	-20	+10	+20
Обеспеченность СИЗ, %: а) рабочие и служащие комбината б) сотрудники университета	100	90	80	70
	Без средств индивидуальной защиты			
Количество рабочих и служащих комбината	120	100	110	130
Количество сотрудников университета	600	500	550	650

Задача 3.

На предприятии БЕЛВАР (проспект Ф.Скорины) разрушена обвалованная емкость, содержащая 10 т аммиака. Местность открытая; ветер юго-западный со скоростью 1 м/с. Расстояние от завода до БГУИР (R) 0,3 км.

Определить:

- размеры и площадь зоны химического заражения;
- время подхода зараженного воздуха в район БГУИР;
- время поражающего действия аммиака в районе БГУИР;
- возможные потери рабочих и служащих комбината и сотрудников университета, а также структуру потерь (табл. 1.10).

Таблица 1.9

Исходные данные для решения задачи 2

Исходные данные	Номер варианта			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Время суток	Ночь, полуясно	Ночь, ясно	Ночь, полуясно	Ночь, ясно
Температура воздуха, °С	0	-10	-20	+20

Окончание табл. 1.9

1	2	3	4	5
Обеспеченность СИЗ, %:	60	80	70	90
а) рабочие и служащие комбината	Без средств индивидуальной защиты			
б) сотрудники университета				
Количество рабочих и служащих комбината	100	90	110	95
Количество сотрудников университета	400	450	350	375

Таблица 1.10

Исходные данные для решения задачи 3

Исходные данные	Номер варианта			
	1	2	3	4
Время суток	Ночь, ясно	Ночь, пасмурно	Ночь, ясно	День, пасмурно
Температура воздуха, °С	0	-10	+10	+20
Обеспеченность СИЗ, %:	100	90	80	70
а) рабочие и служащие комбината	Без средств индивидуальной защиты			
б) сотрудники университета				
Количество рабочих и служащих комбината	100	150	172	200
Количество сотрудников университета	600	550	500	650

Контрольные вопросы

1. Что такое токсичность ядовитого вещества?
2. Назовите пути проникновения ядовитых веществ в организм человека и единицы измерения токсической дозы при разных путях проникновения.
3. Что такое стойкость СДЯВ и на какие группы подразделяются ядовитые вещества по степени стойкости?
4. От чего зависит степень стойкости ядовитых веществ?
5. Поясните, в чем сущность инверсии, конвекции и изотермии.
6. Назовите способы оценки химической обстановки и поясните их сущность.
7. Поясните, в чем смысл выявления и оценки химической обстановки.
8. Назовите источники добывания сведений, необходимых для оценки химической обстановки.
9. Назовите Параметры зоны химического поражения и поясните их сущность.
10. Назовите перечень исходных данных, необходимых для оценки химической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманюк В.Г. и др. Гражданская оборона: Учебник для втузов.-М., 1983.
2. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник.-Киев, 1989.

Св. план 2001, поз. 19

Учебное издание

Авторы: Зацепин Евгений Николаевич,
Навоша Адам Имполитович,

Оценка химической обстановки в чрезвычайных ситуациях

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность» для студентов всех специальностей

Редактор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 30.10.2000	Формат 60x84 1/16
Бумага писчая Печать офсетная	Усл. печ. л. 1,28.
Уч.-изд. л. 1,0 Тираж 200 экз.	Заказ 449

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.

Отпечатано в БГУИР. Лицензия ЛП № 156. 220013, Минск, П. Бровка, 6

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиотехники»

Кафедра производственной и экологической безопасности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения лабораторной работы по теме:
«Система оповещения населения о чрезвычайных ситуациях»

Составили: Асаенок И.С.
Машкович А.И.
Навоша А.И.

Минск 2001

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Система оповещения населения о чрезвычайных ситуациях»

Учебные цели работы:

1. Изучить назначение, состав и основные характеристики аппаратуры оповещения населения о чрезвычайных ситуациях (ЧС).
2. Изучить порядок оповещения населения с помощью аппаратуры дистанционного управления (АДУ).
3. Изучить действия населения и личного состава невоенизированных формирований гражданской обороны (ГО) по сигналам чрезвычайных ситуаций (ЧС) мирного и военного времени.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Успешно решение задач защиты населения в чрезвычайных ситуациях, как в мирное, так и военное время, во многом зависит от своевременного оповещения населения о возникшей угрозе. Задача оповещения населения возлагается на штабы гражданской обороны (ГО) всех степеней, т.е. от штаба ГО объекта до штаба ГО Республики Беларусь (РБ).

Для реализации оповещения в Республике Беларусь (РБ) существует территориальная система центрального оповещения. В состав системы включены город Минск и шесть областей. В каждой области создана локальная система оповещения. Локальная система предназначена для своевременного оповещения руководящего состава городов (районов), руководителей предприятий, рабочих и служащих хозяйственных объектов, а также населения, попадающего в зоны заражения, последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий. Всего в РБ насчитывается 116 районов (без учета районного деления столицы и областных центров).

Для практического решения задачи оповещения гражданская оборона РБ располагает необходимыми техническими средствами. Их основу составляют аппаратура дистанционного управления (АДУ) или П-164. На время оповещения населения штабами ГО в качестве технических средств используются телефонные сети Министерства связи, отдельных ведомств и хозяйственных объектов, радиотрансляционные сети и радиоузлы учреждений и предприятий, передатчики телецентров и местных радиостанций, сирены и другие звуковые и световые средства сигнализации.

1.1 Назначение, состав и основные характеристики аппаратуры дистанционного управления

Оповещение населения об угрозе возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств должно осуществляться в считанные минуты в любое время суток. Кроме сигналов оповещения, населению должна передаваться информация о складывающейся обстановке и его действиях в той или другой ситуации. Эти задачи технически решаются с помощью АДУ, составляющей основу систем централизованного оповещения. В настоящее время в системах оповещения ГО используется два

типа аппаратуры: аппаратура дистанционного управления или аппаратура П-164.

В комплект аппаратуры дистанционного управления (рис. 1) входят:

- центральная стойка (ЦС);
- промежуточная стойка (ПС-60);
- стойка циркулярного вызова (СЦВ);
- оконечный блок (ОБ-60);
- исполнительные устройства «А-М», «Б-У», «РТУ».

Центральная стойка предназначена для ввода содержания сигналов (оперативных команд) и передачи их с пункта управления штаба ГО республики (области) на пункты управления штабов ГО районов (городов) или хозяйственных объектов, а также должностным лицам штабов республики (области).

Под пунктом управления (ПУ) понимают место, с которого штаб ГО руководит подчиненными силами и средствами. На ПУ размещаются должностные лица штаба ГО и средства связи, необходимые для управления подчиненными силами.

Центральная стойка сопрягается: с другими центральными стойками, промежуточными стойками и стойкой циркулярного вызова. Сигналы оповещения (оперативные команды) вводятся непосредственно со стойки или с выносного пульта управления. Затем через подключенные, к ней стойки и оконечные устройства передаются на ПУ штабов ГО районов (городов, хозяйственных объектов) и по телефонным линиям доводятся до должностных лиц штабов ГО.

Промежуточная стойка предназначена для передачи содержания сигналов (оперативных команд) с пункта управления района (города, хозяйственного объекта) по средствам оповещения и доведения их до населения и должностных лиц штабов ГО.

Она сопрягается:

- с центральной и соседними промежуточными стойками;
- с передатчиками телецентра и местной вещательной радиостанции;
- с уличными и цеховыми сиренами;
- с радиотрансляционной сетью и неподвижными громкоговорителями, устанавливаемыми на улицах;
- со световыми табло и стойкой циркулярного вызова.

Стойка обеспечивает индивидуальный запуск подключенных к ней средств оповещения через исполнительные устройства «А-М», «Б-У», «РТУ». Кроме того, она обеспечивает одностороннюю телефонную связь с пунктами, в которых установлены управляемые ею устройства.

Стойка циркулярного вызова (СЦВ) предназначена для вызова и передачи сообщения абонентам городских телефонных станций, как по свободным, так и по занятым телефонным линиям. Такими абонентами являются должностные лица штабов ГО. Она сопрягается с центральной и промежуточными стойками, телефонными линиями и обеспечивает:

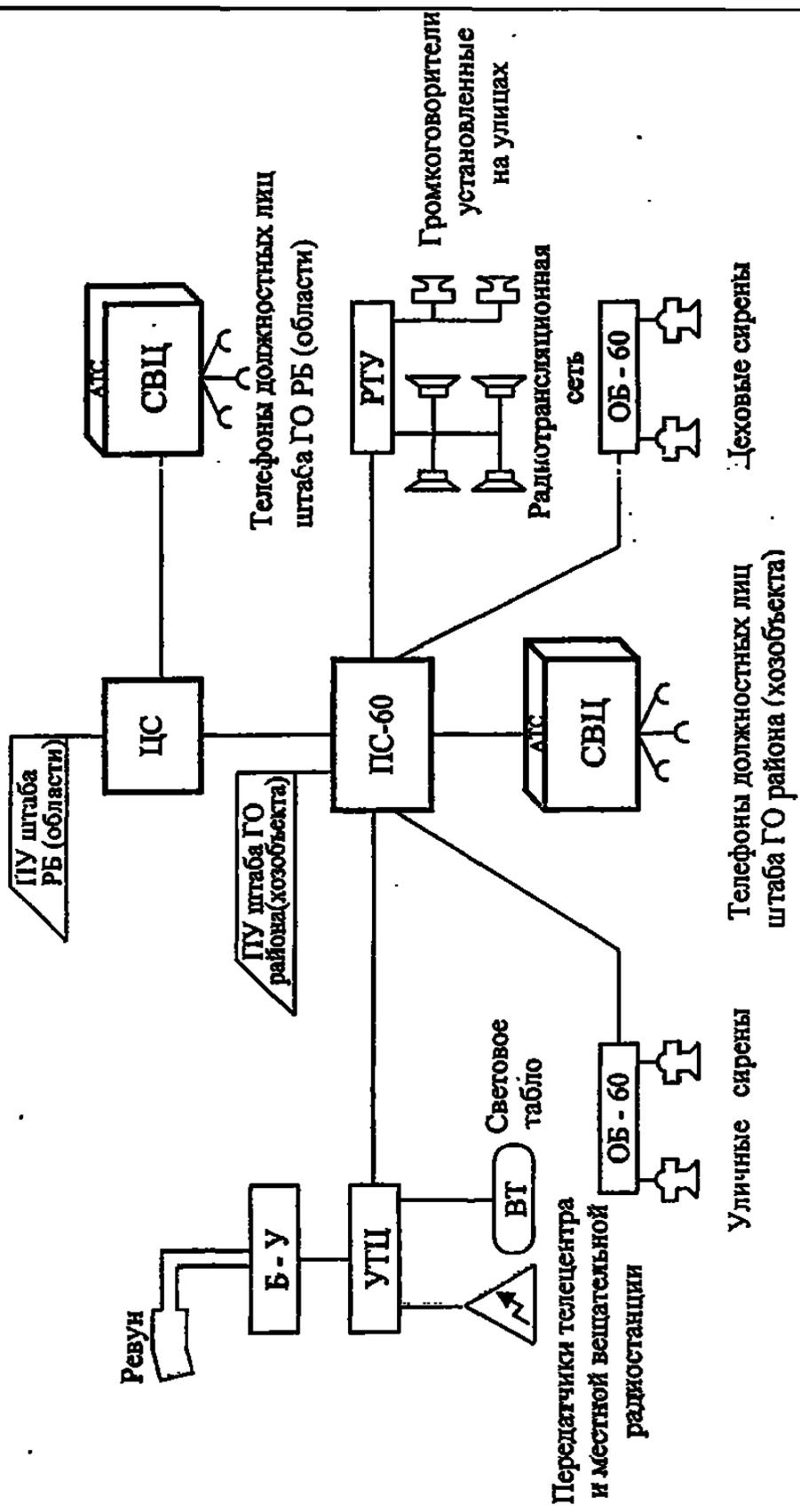


Рис. 1

- а) циркулярный вызов абонентов;
- б) передачу ответившим абонентам сообщения;
- в) автоматическое выключение из циркуляра абонентов, принявших сообщение и повесивших телефонные трубки;
- г) индивидуальный вызов и разговор с подключенными к стойке абонентами;
- д) исключение любого абонента из циркуляра;

Для передачи циркулярного сообщения абонентам в стойке имеется проигрыватель. Стойка устанавливается на городских АТС.

Аппаратура дистанционного управления позволяет передавать содержание сигналов (оперативных команд) в одном из трех режимов. Режим передачи выбирается штабом ГО в зависимости от наличия времени, необходимого для оповещения населения.

При наличии времени первыми могут оповещаться лица штабов ГО всех степеней. С этой целью информация передается через стойку циркулярных вызовов, установленных на городских станциях, по телефонным линиям доводится до должностных лиц штабов ГО.

После оповещения должностных лиц штабов ГО производится оповещение населения. Для этих целей используются световые и звуковые средства сигнализации: телевизионные и вещательные передатчики, световые табло, уличные и цеховые сирены, а также другие средства, подключенные к промежуточной стойке.

При недостатке времени оповещения должностных лиц штабов ГО и населения может производиться одновременно.

Принцип работы аппаратуры П-164 такой же, как и АДУ. Отличительными особенностями П-164 являются:

- а) аппаратура разработана и изготовлена на новой элементной базе, что уменьшило ее вес и габариты;
- б) в комплект аппаратуры входит большее количество отдельных узлов и блоков, выполняющих задачи самостоятельно. Это обеспечивает передачу необходимой информации на более мелкие хозяйственные объекты;
- в) команды дистанционного управления и речевой информации гражданской обороны пронумерованы от №1 до №6.

Для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях мирного времени штабом ГО РБ разработаны четыре сигнала: «Землетрясение», «Затопление», «Радиационная опасность» и «Химическая опасность».

Гудки сирен, производственные гудки и другие средства сигнализации означают передачу предварительного сигнала «Внимание всем». По этому сигналу каждый гражданин обязан включить радиоприемник, телевизор или радиотрансляционный динамик и прослушать сообщение штаба ГО. После предварительного сигнала передается текст сообщения штаба ГО населению.

Например, текст сообщения штаба ГО населению при аварии на химически опасном объекте: «Внимание! Говорит штаб ГО. Граждане! Произошла авария на холодильном комбинате с выливом аммиака. Облако загрязненного воздуха

распространяется в направлении _____. В связи с этим населению, проживающему на улицах_____, необходимо находиться в помещениях. Произвести герметизацию своих квартир (домов). Населению, проживающему на улицах _____, немедленно покинуть жилые дома, здания учреждений, предприятий, организаций и выйти в район _____. О получении информации сообщить соседям. В дальнейшем действовать в соответствии с указаниями штаба ГО».

1.2 Действие населения и личного состава невоенизированных формирований по сигналам оповещения военного времени.

Для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях военного времени штабом ГО разработаны четыре сигнала: «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Радиационная опасность» и «Химическая тревога».

Передаче сигналов предшествует передача предварительного сигнала «Внимание всем».

Сигнал «Воздушная тревога» предупреждает население о непосредственной опасности поражения данного города (района) с воздуха. Продолжительность сигнала 2-3 минуты. По этому сигналу все население должно укрыться в защитных сооружениях (убежищах, противорадиационных укрытиях) или на местности.

Перед убытием в защитное сооружения каждый гражданин обязан: взять необходимые документы, запас продуктов на 2-3 суток, отключить все виды систем снабжения квартиры (дома), оповестить соседей о полученном сигнале, взять средства индивидуальной защиты и убыть в укрытие.

Личный состав невоенизированного формирования ГО вне рабочее время по этому сигналу действует таким же способом, как и население. В рабочее время личный состав действует по указанию командира формирования.

По сигналу «Отбой воздушной тревоги» население (по разрешению коменданта укрытия) покидает защитное сооружение и возвращается по месту жительства (работы).

Личный состав формирования вне рабочее время обязан установить связь с командиром. Если связь отсутствует, то личный состав формирования должен убыть на пункт сбора своего формирования. В рабочее время личный состав действует по указанию командира.

Сигнал «Радиационная опасность» подается в населенных пунктах (районах), по направлению к которым движется радиоактивное облако, образовавшееся в результате аварии на радиационно опасном объекте или ядерной взрыва. По этому сигналу необходимо надеть противогаз или другие средства защиты органов дыхания, взять предметы первой необходимости и убыть в защитное сооружение

Сигнал «Химическая тревога» подается при угрозе или непосредственном обнаружении химического или бактериологического заражения. По этому сигналу нужно надеть средства защиты органов дыхания, а в случае необходимости и средства защиты кожи; при первой же возможности укрыться в защитном сооружении. Если защитного сооружения поблизости не окажется, то

от поражения химическими веществами и бактериальными средствами можно укрыться в жилых, производственных или подсобных помещениях.

Действия личного состава формирования по последним двум сигналам аналогичны действиям по первым двум.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В лаборатории кафедры имеется АДУ в полном объекте (кроме центральной стойки). Промежуточная стойка через исполнительные устройства «А-М» и «Б-У» подключена к световому табло СИРЕНЫ и индикаторным лампочкам, установленным на первом (верхнем) абонентском блоке.

Для проверки работоспособности стойки ПС-60 в лабораторных условиях необходимо:

а) включить блоки питания, установленные на верху стойки. Для этого выключатель СЕТЬ установить в положение ВКЛ.;

б) на блоке питания стойки переключатель ГЛАВНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ СЕТИ установить в положение СЕТЬ ВКЛЮЧЕНА. При этом на блоке питания должна загореться белая сигнальная лампочка (слева), а на блоке управления - зеленая. Кроме того, на блоке управления должен звонить звонок, сигнализирующий о поданном напряжении. При необходимости сигнальный звонок можно выключить ключом К2 с гравировкой ЗВОН., установив его в верхнее положение. Световая и звуковая сигнализация свидетельствует о нормальном рабочем состоянии стойки в лабораторных условиях;

в) для подачи сигналов на исполнительные устройства "Б-У" и "А-М" необходимо нажать кнопки №1 и ВТ (обе под крышками). При этом сигналы управления должны поступить на исполнительные устройства, а контроль за прохождением их на "Б-У" производится по загоранию индикаторных лампочек на блоке "Б-У" и на абонентском блоке. Прохождение сигнала на устройство "А-М" также контролируется по загоранию светового табло СИРЕНЫ и индикаторной лампочки на том же абонентском блоке. Контроль за прохождением сигналов на исполнительные устройства производится также с помощью звукового индикатора. Так как продолжительность программы длится до 3-х минут, то в течение этого времени производится поочередное включение и выключение световых и звуковых индикаторов.

Для проверки работоспособности стойки циркулярного вызова в лаборатории необходимо:

а) включить блоки питания, установленные на верху стойки. Для этого выключатели СЕТЬ установить в положение ВКЛ.;

б) на блоке управления В-1 пакетный переключатель установить в положение "ПИТАНИЕ ВКЛ". При этом на блоке управления загораются лампочки "БАТ" и "СЕТЬ", что свидетельствует о подаче напряжения 220В на блок питания стойки;

в) проверить прохождение вызова к абонентам. Для этого на блоке управления нажать кнопку "ПЕРЕДАЧА ВКЛ". При этом загорается красная

лампочка, звонит звонок, включается электропроигрыватель, а со звукоснимателя на вход усилителя подается напряжение звуковой частоты грамзаписи;

г) проверить работу усилителя. Для этого на абонентском блоке перевести ключ в положение I или II. Снять микрофонную трубку и прослушать прохождение грамзаписи. Прослушав передаваемую информацию, положить микрофонную трубку на рычаг телефонного аппарата. При этом цепь питания обрывается, абонентский аппарат подключается к телефонной станции о чем свидетельствует загорание лампочек на абонентском блоке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Место установки центральной стойки, и с какой аппаратурой она сопрягается.

2. Назначение промежуточной стойки, место ее установки и с какой аппаратурой она сопрягается.

3. Место установки стойки циркулярного вызова, и с какой аппаратурой она сопрягается.

4. Перечислить режимы работы аппаратуры дистанционного управления при оповещении населения.

5. Назовите отличительные особенности аппаратуры П-164 от аппаратуры дистанционного управления.

6. Перечислите сигналы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях мирного времени и доложите о действиях населения по ним.

7. Перечислите сигналы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях военного времени и доложите о действиях населения по ним.

8. Действия личного состава формирования вне рабочее время по сигналам оповещения о чрезвычайных ситуациях военного времени.

9. Действия личного состава формирований в рабочее время по сигналам оповещения о чрезвычайных ситуациях военного времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая документация аппаратуры дистанционного управления, 1978.

2. Техническая документация аппаратуры П-164. 1989.

3. И.С. Асаенок и др. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие – Мн., 2000.

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиотехники»

Кафедра производственной и экологической безопасности

И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович

**СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ЗАЩИТЫ.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИМИ ПОСТОВ РАДИАЦИОННОГО И
ХИМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2004

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73
А-90

Асаенок И.С. Средства индивидуальной и медицинской защиты.
А-90 Обеспечение ими постов радиационного и химического наблюдения:
Учебно-метод. пособие к лабораторной работе по дисциплине «Защита
населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Ра-
диационная безопасность» / И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машко-
вич. – Мн.: БГУИР, 2004, 19 с.:ил.

ISBN 985–444–748-0

Учебно-методическое пособие содержит сведения о средствах индивидуальной и медицинской защиты, их возможностях и практическом применении. Кроме того, изложены основные исходные данные, необходимые для оценки этих средств в случаях обеспечения ими личного состава постов радиационного и химического наблюдения.

ISBN 985–444–748-0
А.И.,

УДК 621. 039 (075.8)
ББК 68. 69 я 73

© Асаенок И.С., Навоша

Машкович А.И., 2004

© БГУИР, 2004

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

- Учебные цели:
1. Изучить средства индивидуальной и медицинской защиты, их накопление, возможности и практическое применение.
 2. Уметь оценивать средства индивидуальной и медицинской защиты для постов радиационного и химического наблюдения.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных и отравляющих веществ, а также бактериальных средств. Они обеспечивают действия невоенизированных формирований и воинских частей гражданской обороны в ходе ведения спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и во время работы в задымленных помещениях при тушении пожаров.

Однако материалы, применяемые для изготовления СИЗ, не обеспечивают защиту от гамма-излучений. Поэтому при использовании средств индивидуальной защиты на территориях с высоким уровнем радиации необходимо тщательно вести дозиметрический контроль за дозой облучения.

Средства индивидуальной защиты классифицируют по четырем основным признакам: назначению, принципу защиты (действия), способам изготовления и снабжения ими хозяйственных объектов.

По назначению СИЗ подразделяются на средства защиты органов дыхания и средства защиты кожи. К средствам защиты органов дыхания относят противогазы, респираторы, противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) и ватно-марлевые повязки. К средствам защиты кожи относят специальную одежду, резиновую обувь, перчатки (рукавицы), накидки, плащи, обычную одежду, пропитанную спецрастворами и др.

По принципу действия СИЗ делятся на фильтрующие и изолирующие. Принцип фильтрации заключается в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении его через средства защиты. Средства индивидуальной защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, не проницаемых для воздуха и вредных примесей.

По способу изготовления СИЗ делятся на средства, изготовленные промышленностью, и средства, изготовленные населением из подручных материалов.

По способу снабжения хозяйственных объектов средства индивидуальной защиты могут быть табельными и нетабельными. Табельными средствами предусматривается обеспечение объектов и невоенизированных формирований по нормам (табелю). Нетабельные средства предназначены для обеспечения формирований в дополнение к табельным или в порядке замены их.

Личный состав формирований, рабочие и служащие получают СИЗ на своих объектах, все остальное население – по месту прописки в ЖЭС (ЖЭК, домах управления). Кроме того, население изготавливает противопыльные тканевые маски и ватно-марлевые повязки.

Кроме средств индивидуальной защиты, существуют средства медицинской защиты (помощи): аптечка индивидуальная, индивидуальный противохимический пакет и пакет перевязочный (медицинский).

1.1. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Фильтрующие противогазы. Из существующих противогазов в системе гражданской обороны наибольшее применение нашли фильтрующие противогазы. Они защищают от попадания в органы дыхания, глаза и на лицо радиоактивных и отравляющих веществ, а также бактериальных средств.

По назначению фильтрующие противогазы подразделяются на общевойсковые, гражданские и промышленные.

Фильтрующий противогаз состоит из фильтрующе-поглощающей коробки и шлем-маски (с соединительной трубкой), сумка. Фильтрующе-поглощающая коробка как система очистки вдыхаемого воздуха конструктивно выполнена в виде цилиндра 1 (рис.1). Вдыхающий воздух через круглое отверстие в дне фильтрующе-поглощающей коробки проходит внутри её через противоаэрозольный фильтр. В фильтре задерживаются все аэрозоли: радиоактивная пыль, дымы и туманы отравляющих веществ и бактериальные аэрозоли. Поглотитель, выполненный из специального очищенного угля (нередко называемого шихтой), задерживает отравляющие вещества (пары и газы).

Очищенный воздух (через навинтованную горловину на вершине коробки) поступает в лицевую часть 2 противогаза. Лицевая часть противогаза предназначена для изоляции от внешней среды и подведения очищенного воздуха для дыхания. Она состоит из шлема-маски с двумя очковыми узлами, обтекателей, клапанной коробки и соединительной трубки.

Шлем-маска изготавливается из резины, обеспечивает герметизацию и защиту лица и глаз от попадания вредных веществ и средств. Очковый узел состоит из смотрового стекла внутренней и внешней обойм, которыми стекло крепится в корпусе шлем-маски, и прижимаемого кольца для укрепления незапотевающей пленки 5. Обтекатели предназначены для подвода относительно холодного вдыхаемого воздуха. Внутри коробки имеется один клапан входа и два клапана выхода воздуха (основной и дополнительный).

При необходимости сохранения громкости речи людей, работающих в противогазе, в лицевой части установлена мембранная коробка. Она состоит из корпуса, резинового кольца, мембраны, опорного кольца фланца крышки. В этих случаях противогазы обеспечиваются коробками с запасными мембранами.

Шлемы-маски выпускаются пяти ростов, а шлемы-маски с мембранной коробкой – четырех ростов. Шлем-маска соединяется с фильтрующе-

поглощающей коробкой (противогаз ГП-5) с помощью винтового патрубка, прикрепленного к клапанной коробке, и навинтованной горловины на крышке фильтрующе-поглощающей коробки.

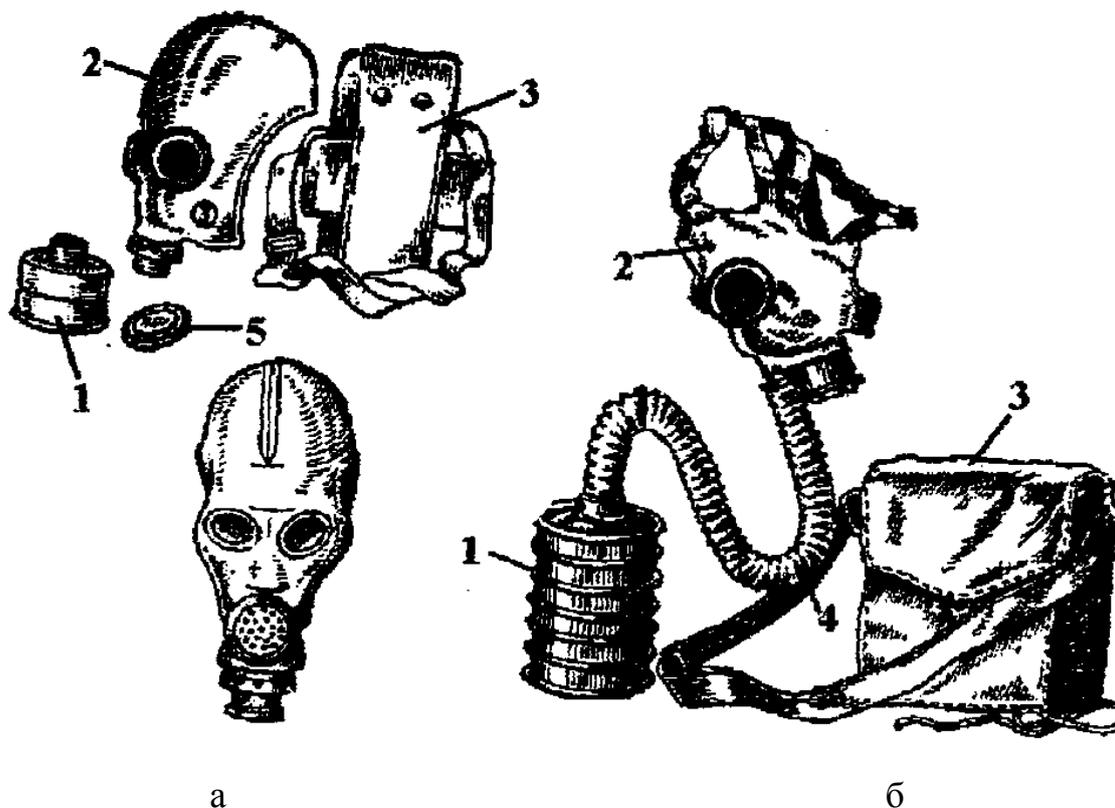


Рис. 1. Фильтрующие противогазы: а – ГП-5; б – ГП-5м

Сумка для противогаза 3 предназначена для хранения и ношения противогаза. У противогаза, имеющего шлем-маску, сумка имеет одно отделение для фильтрующе-поглощающей коробки и шлема-маски. В комплект противогаза входит коробка с незапотевающими пленками для предохранения стекол очков от запотевания, а также утеплительные манжеты.

Надежность работы противогаза обеспечивается правильным подбором лицевой части по росту. Правильно подобранная лицевая часть должна плотно прилегать к лицу (не вызывая болей), надежно обеспечивать герметичность, а следовательно, защиту в условиях зараженности атмосферного воздуха.

Для подбора роста шлем-маски надо измерить голову по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см (табл. 1). Рост обозначен на подбородочной части шлема-маски.

Для контроля исправности противогаза необходимо проверить его в целом на герметичность. Для этого следует надеть шлем-маску, а отверстие в дне фильтрующе-поглощающей коробки закрыть пробкой или ладонью. Отсутствие поступления воздуха при попытке глубокого вдоха под шлем-маску свидетельствует о исправности противогаза. Если же воздух поступает, то противогаз следует осмотреть повторно. Окончательно противогаз проверяют в палатке (помещении) с отравляющим веществом (хлорпикрином). После проверки противогаз укладывают в собранном виде в сумку.

Рост	Ростовые интервалы, см	
	ВМ – 41М, ВМ – 62	НМС
0	до 63,0	до 61,0
1	63,5–65,5	61,5–64,0
2	66,0–68,0	64,5–67,0
3	68,0–70,0	67,5 и более
4	71,0 и более	

Фильтрующе-поглощающая коробка не обеспечивает защиту от угарного газа, для очистки от него используется гопкалитовый патрон. Гопкалитовый патрон представляет собой металлическую (цилиндрической формы) коробку с двумя навинтованными горловинами: снизу – внутренняя резьба для присоединения к фильтрующе-поглощающей коробке, сверху – наружная резьба – к лицевой части противогаза. Внутренний объем гопкалитового патрона снаряжен осушителем и гопкалитом. Воздух смеси с окисью углерода, проходя через осушитель, освобождается от водяных паров. В слое гопкалита окись углерода, присоединяя к себе кислород из вдыхаемого наружного воздуха, превращается в неядовитый углекислый газ. Указанная реакция надежно протекает при положительных температурах. При понижении температуры до 0° С защитные действия гопкалита снижаются, а при температуре от – 10 до – 15°С и ниже совершенно прекращаются. Гопкалитовый патрон считается использованным, если он проработал 80 – 90 мин и при этом его вес превысил вес, указанный на патроне, на 20 г.

В последнее время взамен противогаза ГП-5 начал поступать новый гражданский противогаз ГП-7. Он предназначен для защиты органов дыхания от паров отравляющих веществ нервно-паралитического и общеядовитого действия, радиоактивных веществ, а также капель отравляющих веществ кожно-нарывного действия.

Противогаз ГП-7 имеет две модификации ГП-7В и (-7ВМ). В ГП-7В лицевая часть имеет устройство для приема воды через резиновую трубку, проходящую через маску. В противогазе ГП-7ВМ маска имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, создающих благоприятные условия для работы с оптическими приборами.

Для гражданских противогазов ГП-7 и ГП-5 разработаны дополнительные патроны ДПГ-1 и ДПГ-3. Они предназначены для защиты от аммиака и диметиламина, а также увеличения времени защитного действия гражданских и детских противогазов от химически опасных веществ.

Промышленностью начал выпускаться патрон защитный универсальный (ПЗУ). Защитный патрон – это новейшее средство защиты (на сегодняшний день) органов дыхания от химически опасных веществ, содержащихся в воздухе в виде газов, паров и аэрозолей. Он используется в комплекте с лицевыми частями фильтрующих противогазов ГП-7 и ГП-5 совместно с противоаэрозольным фильтром. Фильтр применяется в основном для защиты от пыли и дыма, то есть грубых аэрозолей.

Изолирующие противогазы. Защитное действие изолирующих противогазов основано на полной изоляции органов дыхания от внешней среды. Их используют в том случае, когда в воздухе недостаточно кислорода. Необходимый для дыхания воздух обогащается кислородом, находящимся в регенеративном патроне, который снаряжен перекисью и надперекисью натрия. На таком принципе работают изолирующие противогазы типа ИП-4 (-5, - 46) и другие.

В противогазах типа КИП-7, КИП-8 необходимый кислород подается из баллонов. Изолирующий противогаз состоит: из лицевой части, регенеративного патрона, дыхательного мешка и сумки.

Промышленные противогазы предназначены для защиты от сильнодействующих ядовитых веществ. Конструктивно они отличаются от фильтрующих противогазов коробкой, которая в зависимости от наличия в ней специальной шихты, улавливающей только некоторые ядовитые вещества, окрашивается в установленный цвет (табл.2).

Таблица 2

Классификация промышленных противогазов

Тип коробки	Окраска	От каких веществ защищает
А	Коричневая	Бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, анилин
В	Желтая	Сернистый ангидрид, хлор, сероводород, синильная кислота, окислы азота, фосген
Г	Желто-коричневая	Металлическая ртуть и её соединения
Д	Голубая	Сернистый ангидрид
Е	Черная	Мышьяковистый и фосфористый водород
К	Зеленая	Пары аммиака
КД	Серая	Смесь сероводорода и аммиака
СО	Белая	Окись углерода
КВ	Желто-серая	Смесь двуокиси азота и аммиака
СОХ	Защитная	Окись углерода, хлор, производственная пыль
М	Красная	От всех вышеперечисленных веществ, но с меньшими защитными свойствами
БКФ	Защитная	Кислые газы, мышьяковистый водород, дым, пыль, ядовитые туманы

Фильтрующе-поглощающая коробка имеет, кроме шихты, фильтр, задерживающий все аэрозоли. Для отличия эти коробки помечены на передней части белой вертикальной полосой.

Разработан и запущен в серию модульный промышленный противогаз ППФМ-92 – это один из новейших противогазов, который имеет значительные преимущества перед другими. Он может использовать один фильтрующий элемент или два. В первом случае коробка крепится непосредственно к маске, а во втором – через соединительную трубку. Для очистки от аэрозолей к ним может

дополнительно подсоединяться фильтрующий элемент. Количество комбинаций сборки зависит от потребности.

Правила пользования промышленными противогазами аналогичны правилам пользования гражданскими и общевойсковыми противогазами.

Детские противогазы, предназначены для защиты органов дыхания детей. Существуют следующие типы противогазов:

ДП-6М – детский противогаз, тип шестой, малый. Имеет четыре роста для детей 1,5 – 12 лет;

ДП-6 – детский противогаз, тип шестой и тип 5-го роста для детей старшего возраста;

ПДФ-7 – противогаз детский фильтрующий, тип седьмой, имеет пять ростов для младшего и старшего возраста;

ПДФ-Д – противогаз детский фильтрующий, дошкольный. Имеет четыре роста для детей 1,5 – 7 лет;

ПДФ-Ш – противогаз детский фильтрующий, школьный имеет четыре роста для детей 7 – 17 лет.

В настоящее время разработаны и выпускаются промышленностью новые детские противогазы ПДФ-2Д (-2Ш). Противогаз детский фильтрующий дошкольный ПДФ-2Д предназначен для детей от 1,5 до 7 лет, а ПДФ-2Ш (школьный) – для детей от 7 до 17 лет. Подборка детских противогазов проводится таким же способом, как и противогазов ГП-7.

Камера защитная детская КЗД-4 (масса 4,1 кг) предназначена для детей до 1,5 лет и представляет собой объем, ограниченный с боков диффузионным картоном, который обеспечивает очистку зараженного воздуха. В передней части камеры имеются два окна с вставленными в них целлулоидными пластинами, через которые можно следить за поведением ребенка, в задней части – мешкообразный с разрезом приемник; через него ребенок помещается в камеру. Камеру можно носить на плече с помощью плечевого ремня, а также возить на шасси детской коляски или на санках.

Камера КЗД-6 в отличие от КЗД-4 дополнительно имеет накидку от атмосферных осадков и пакет для использованного белья. Время пребывания ребенка в камере КЗД-6 – до 6 часов, при температуре наружного воздуха от –10 до +26⁰С.

Респираторы. Более простым по устройству средством защиты органов дыхания от радиоактивной, производственной и других видов пыли являются респираторы. Промышленность выпускает респираторы для производственных целей: У-2К, ШБ-1, ПРШ-2-59, РУ-60, РПП-57, Ф-62Ш, ПРБ-5 и другие, а также для гражданской обороны: Р-2 и Р-2Д. Респираторы могут быть использованы также для защиты от бактериальных средств, находящихся в воздухе в виде аэрозолей.

Респираторы не защищают глаза от отравляющих веществ. Для защиты глаз необходимо применять очки, исключающие попадания пыли в глаза.

Размер респиратора подбирается по высоте лица (расстояние между точкой наибольшего углубления переносья и самой нижней точкой подбородка), в

миллиметрах:

Высота лица, мм	99-109	109-119	свыше
Размер респиратора	1	2	3

В настоящее время разработаны и востребованы респираторы противогазные (газопылезащитные). Они легче, проще и удобнее в пользовании, чем противогаз, однако защищают органы дыхания только при концентрации вредных веществ не более 10 – 15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Применять их для защиты от хлора, синильной кислоты и других высокотоксичных веществ запрещается. Промышленностью выпускаются респираторы типов РПГ-67 и РУ-60М. РПГ-67 защищает органы дыхания от воздействия парогазообразных вредных веществ, присутствующих в воздухе. РУ-60М рекомендуется использовать при повышенных концентрациях пыли в воздухе.

Простейшие средства защиты органов дыхания. Кроме средств защиты органов дыхания, изготавливаемых промышленностью, в условиях радиоактивного заражения могут быть применены простейшие средства защиты. Таковыми средствами являются противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) и ватно-марлевые повязки (ВМП). Они обеспечивают защиту от радиоактивной пыли и бактериальных средств.

Все средства защиты органов дыхания необходимо содержать исправными и готовыми к использованию.

1.2. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ КОЖИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Предназначены для защиты кожи человека (кроме лица, защищенного противогазом) от непосредственного контактирования с радиоактивными и отравляющими веществами, а также бактериальными средствами. В зависимости от применяемых материалов и конструктивных особенностей средства защиты кожи имеют свои особенности. По принципу защитного действия средства защиты кожи подразделяют на изолирующие и фильтрующие.

Изолирующие средства обеспечивают защиту от попадания на открытые участки кожи и повседневную одежду радиоактивных и отравляющих веществ в капельно-жидком состоянии, а также бактериальных средств. Эти средства изготавливают из прорезиновой ткани и применяют при длительном нахождении людей на зараженной местности, при проведении дезактивационных, дегазационных и дезинфекционных работ в очагах поражения и зонах заражения. К изолирующим средствам защиты кожи относятся: легкий защитный костюм Л-1, защитный комбинезон и костюм, а также общевойсковой защитный комплект.

Фильтрующие средства защищают кожные покровы человека от отравляющих веществ в парообразном состоянии и радиоактивной пыли, а также от бактериальных средств, находящихся в аэрозольном состоянии.

Как правило, средства защиты кожи применяются для личного состава формирований гражданской обороны при выполнении ими разведывательных,

спасательных и других работ.

Указанное в таблице время пребывания в средствах защиты кожи (табл. 3) приведено при наличии неблагоприятного условия – непосредственного воздействия солнечных лучей. При работе в тени, пасмурную или ветреную погоду, а также для тренированных физически здоровых людей это время может быть увеличено в 1,5 раза. Для продления времени работы в защитных костюмах при температуре выше 15°С применяют влажные экранирующие (охлаждающие) комбинезоны из хлопчатобумажной ткани, надеваемые на защитную одежду и периодически смачиваемые, что обеспечивает охлаждение средств защиты. При температуре окружающего воздуха до 25°С экранирующий комбинезон смачивают через 2,0 – 2,5 ч, свыше 25°С – через 1,0 – 1,5 ч. Периодическое смачивание дает возможность увеличить рабочее время до 6 – 8 ч. Для снятия защитной одежды расстегивают застёжки и кнопки, развязывают завязки в защитных перчатках. При отсутствии защитных перчаток снимают защитную одежду с ее внутренней стороны. При снятии сапог или чулок становятся на незараженное место. После снятия защитную одежду необходимо оберегать от всевозможных механических повреждений, а в случае обнаружения таковых – одежду ремонтируют.

Таблица 3

Время пребывания в защитной одежде

Температура наружного воздуха, °С	Без влажного экранирующего комбинезона	С влажным экранирующим комбинезоном
Плюс 30 и выше	10 – 20 мин	1,0 – 1,5 ч
25 – 29	До 30 мин	1,5 – 2,0 ч
20 – 24	До 45 мин	2,0 – 2,5
15 – 19	До 2 ч	Более 3,0 ч
0 – 15	Более 3 ч	–
Минус 10 – 0	Более 3 ч	–
Ниже минус 10	Более 3 ч	–

Простейшие средства защиты кожи. К ним относятся производственная (различного вида «спецовки») и обычная повседневная одежда и обувь. Эти средства защиты кожи могут быть использованы в случае выхода людей из зон радиоактивного, химического и бактериологического заражения.

Улучшение защитных свойств производственной и повседневной одежды, а также нательного белья от воздействия паров и аэрозолей отравляющих веществ достигается пропиткой их специальным раствором двух рецептур.

Первая рецептура. Водный раствор на основе синтетических моющих средств ОП-7, ОП-10, «Новость», «Дон» и др. Для получения 2,5 л раствора берут 0,5 л ОП-7 или ОП-10 и 2 л воды, подогретой до 40 – 50°С, тщательно перемешивают в течение 3 – 5 мин до получения однородного светло-желтого раствора. При использовании порошка в 2,5 л воды (температура воды 40 – 50°С) растворяют 500 г синтетически моющих средств, тщательно перемешивают до получения однородного раствора.

Вторая рецептура. Мыльно-масляную эмульсию объемом 2,5 л готовят в

следующей последовательности: 250 – 300 г измельченного хозяйственного мыла растворяют в 2 л горячей воды (температура 60 – 70° С). После растворения мыла в раствор вливают 0,5 л растительного (подсолнечного, хлопкового и др.) или минерального масла (машинного, трансформаторного и др.). В полученный раствор помещают подготовленный для пропитки комплект одежды, добиваясь равномерности его смачивания, для чего комплект выворачивают наизнанку и еще раз опускают в раствор. Пропитанный комплект слегка отжимают и высушивают на открытом воздухе. Указанная рецептура пропитки не разрушает одежду, облегчает дезактивацию и дегазацию.

После выхода из зоны заражения, соблюдая осторожность, защитную одежду быстро снимают и не позднее чем через час обеззараживают. Обеззараженную и выстиранную защитную одежду (после обработки пропиточным составом) можно использовать вторично.

Простейшие средства защиты кожи служат массовым средством защиты всего населения и применяются при отсутствии табельных средств.

2. МЕДИЦИНСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ. ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ И ПОРЯДОК ПОЛЬЗОВАНИЯ

При нахождении людей на зараженной местности требуется медицинская защита их от воздействия радиоактивных или химических веществ и бактериальных средств.

Медицинские средства защиты предотвращают последствия радиоактивного переоблучения, ослабляя проявление лучевой болезни, обеспечивают быстрее оказание первой (доврачебной) помощи.

Медицинскими средствами защиты являются: аптечка индивидуальная (АИ-2), индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8), пакет перевязочный или медицинский (ППМ).

Аптечка индивидуальная АИ-2 содержит медицинские средства для предупреждения или ослабления поражений от фосforoорганических отравляющих веществ, бактериальных средств, радиоактивных веществ и оказания самопомощи или взаимопомощи при ранениях и ожогах (для снятия боли).

Внутри аптечки имеется семь гнезд (условная нумерация слева на право), в которых находятся шприц-тюбик и семь пеналов (табл. 4).

Таблица 4

Номер гнезда	Наименование препарата	Назначение препарата	Способ применения препарата
1	2	3	4
№ 1	Промедол (в тюбике)	Противоболевое средство	При переломах, обширных ранах и ожогах
№ 2	Тарен (6 таблеток)	Для предупреждения (ослабления) поражения фосфорорганическими веществами	По одной таблетке по сигналу гражданской обороны «Химическая тревога»

1	2	3	4
№ 3	Сульфадиметоксин (15 таблеток)	Противобактериальное средство	При появлении желудочно-кишечных расстройств
№ 4	Цистамин (12 таблеток)	Радиозащитное средство № 1	При угрозе радиоактивного облучения по шесть таблеток за один прием
№ 5	Тетрациклин (10 таблеток)	Противобактериальное средство	При угрозе или бактериальном заражении по 5 таблеток
№ 6	Калий йодистый (10 таблеток)	Радиозащитное средство № 2	При угрозе радиоактивного облучения по 5 таблеток
№ 7	Этаперазин (5 таблеток)	Противорвотное средство	Сразу после облучения по одной таблетке

Используют медицинские средства аптечки в точном соответствии с имеющейся инструкцией.

Индивидуальный противохимический пакет предназначен для проведения частичной санитарной обработки и дегазации. Он представляет собой мешочек из синтетического материала, наверху которого имеется линия вскрытия оболочки пакета. Внутри пакета находятся один флакон с дегазирующим раствором и четыре ватно-марлевых тампона.

Этими тампонами, предварительно смоченными дегазирующим раствором из флакона, снимают отравляющие вещества с одежды и обуви. При снятии капле отравляющего вещества (ОВ) с кожного покрова вначале следует аккуратно (без размазывания) промокнуть каплю кусочком ваты, а после этого тщательно протереть ватно-марлевым тампоном, смоченным дегазирующим раствором.

Дегазирующий раствор ядовит и опасен для глаз. При обработке кожи человека может возникнуть ощущение жжения, которое быстро проходит без последствий для самочувствия.

При отсутствии индивидуального противохимического пакета капли ОВ можно снять тампоном из ваты, ветоши или бумаги. Пораженные места на коже затем тщательно промывают проточной водой с мылом.

Дегазирующий же состав можно приготовить из смеси 3% - го раствора перекиси водорода с 3% - м раствором едкого натра, взятых в равных объемах, или из 3% - го раствора перекиси водорода и 150 г конторского силикатного клея (из расчета 1 л).

Пакет перевязочный или медицинский (ППМ) состоит из бинта, двух ватно-марлевых подушечек, булавки и чехла. При необходимости пакет вскрывают, вынимают бинт и две стерильные подушечки, не прикасаясь руками к их внутренней стороне. На раненую поверхность (при сквозном ранении – на вход-

ное и выходное отверстия) подушечки накладывают внутренней стороной. Окончив бинтование, конец бинта закрепляют булавкой.

СИЗ являются надежным способом защиты населения от поражающих факторов оружия массового поражения тогда, когда они применены своевременно и все население обучено практическому их использованию.

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТОВ РАДИАЦИОННОГО И ХИМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Посты радиационного и химического наблюдения предназначены для получения разведывательных данных о степени радиационного заражения и химического загрязнения и передачи этих сведений в штабы гражданской обороны, а также командирам невоенизированных формирований объектов. Эти данные используются для оценки радиационной и химической обстановки.

Однако во время ведения разведки личный состав постов подвержен заражению радиоактивными и химическими веществами. С целью защиты личного состава от воздействия вредных веществ необходимо применять средства индивидуальной и медицинской защиты.

Из относительно большого количества имеющихся средств необходимо выбрать именно те, эффективность которых будет достаточной для защиты личного состава.

Учитывая разные воздействия радиационных и химических веществ на организм человека, средства индивидуальной и медицинской защиты следует оценивать отдельно для радиационного и химического постов.

Исходными данными для оценки средств защиты являются:

типы радиоактивных и сильнодействующих ядовитых веществ, определяющих радиационную и химическую обстановку;

уровни радиационного заражения и химического загрязнения;

знание возможностей средств индивидуальной и медицинской защиты.

На основе исходных данных производится определение вида и типа средств: для защиты органов дыхания, кожного покрова и медицинской помощи. Каждый из трех видов средств оценивается отдельно: вначале для радиационного, а затем химического постов наблюдения, а также оценивается конкретный тип средства и обосновывается необходимость иметь его на том или другом посту наблюдения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные признаки классификации средств индивидуальной защиты.
2. Принципы работы фильтрующих и изолирующих противогазов.
3. Порядок подбора шлема-маски противогаза.
4. Порядок проверки исправности противогаза.
5. Назначение гопкалитового патрона и способ его применения.
6. Назначение респираторов и простейших средств защиты органов дыхания.

7. Перечислите фильтрующие и изолирующие средства защиты кожи.
8. Назначение средств медицинской помощи и порядок пользования ими.
9. Назначение постов радиационного и химического наблюдения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаенок И.С. и др. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. – Учеб. пособие. – Мн., 2000.
2. Атамонюк В.Г. и др. Гражданская оборона: Учеб. пособие. – М., 1986.
3. Наставление по пользованию средствами индивидуальной защиты. – М., 1972.
4. Инструкция по длительному хранению на складах специального имущества гражданской обороны. – М., 1980.

Учебное издание

Асаёнок Иван Степанович,
Навоша Адам Имполитович,
Машкович Александр Иванович

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ЗАЩИТЫ.

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Редактор Н.В. Гриневич
Корректор Е.Н. Батурчик
Компьютерная верстка

Подписано в печать
Печать ризографическая.
Уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Таймс».
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектрони-
ки».

Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.
220013, Минск, П. Бровка, 6

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Кафедра производственной и экологической безопасности

**ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методическое пособие
к лабораторным занятиям по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2004

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73
О-93

А в т о р ы:

И.С. Асаенок, А.И. Навоша, К.Д. Яшин, Е.Н. Зацепин

Оценка радиоактивного загрязнения продуктов питания и строи-
тель-
О-93 ных материалов: Метод. пособие к лаб. занятиям по дисц. «Защита насе-
ления и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиаци-
онная безопасность» / И.С. Асаенок, А.И. Навоша, К.Д. Яшин и
др.– Мн.:
БГУИР, 2004. – 23 с.
ISBN 985-444-638-7

Методическое пособие дает краткие сведения об источниках ионизирующих излучений, методику оценки радиоактивного загрязнения продуктов питания и строительных материалов. В приложениях приведено устройство радиометров и справочные материалы.

(075.8)

УДК 621.039

ББК 68.69 я 73

ISBN 985-444-638-7
2004

© Коллектив авторов,

© БГУИР, 2004

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Радиационная опасность обусловлена воздействием на окружающую среду ионизирующих излучений, которые составляют часть общего понятия **радиация** (лат. radiatio – излучение), включающего в себя радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовое и инфракрасные излучения.

Развитие жизни на Земле всегда происходило под воздействием естественного радиационного фона окружающей среды. Поэтому есть основание полагать, что живые организмы достаточно хорошо приспособлены к воздействию различных видов радиации, при условии, что ее уровень не слишком высок. По этой причине уровни облучения человека от естественного фона служат базой при сравнении облучения от искусственных источников ионизирующего излучения.

Естественный фон обусловлен космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радиоактивных веществ (в горных породах, почве, атмосфере), а также в тканях человека. Космическое излучение подразделяется на первичное (поток протонов и альфа-частиц, попадающих в земную кору из межзвездного пространства) и вторичное излучение в результате ионизации воздушных слоев атмосферы.

Естественный фон создает внешнее (~ 60%) и внутреннее (~ 40%) облучения. Внешнее – за счет воздействия на организм излучений от внешних по отношению к нему источников (космическое излучение и естественные радионуклиды в горных породах, почве, атмосфере). Внутреннее – за счет воздействия на организм излучений радионуклидов, находящихся в организме (калий-40 и радионуклиды семейства урана и тория), поступающих в организм с воздухом, водой, пищей.

Мощность дозы естественного фона зависит от высоты над уровнем моря, широты местности, активности Солнца. Под данным исследований суммарная индивидуальная эффективная доза облучения от естественного фона на уровне моря для населения нашей страны составляет 1 мЗв/год.

Вторая составляющая фонового облучения людей обусловлена естественными радионуклидами, связанными с добычей полезных ископаемых, использованием строительных материалов, сжиганием ископаемого топлива (угля), минеральных удобрений, содержащих радионуклиды уранового и ториевого ряда, которые в сумме формируют **техногенный радиационный фон**, дающий суммарную индивидуальную эффективную дозу облучения 1,05 мЗв/год.

Третья составляющая фонового облучения – **искусственный фон**, обусловленный искусственными источниками, созданными человеком. Здесь наибольший вклад вносят рентгенодиагностические облучения в медицине, которые дают годовую эффективную дозу 1,4 мЗв.

Катастрофа на Чернобыльской АЭС резко изменила сложившуюся ситуацию по формированию радиационного фона. Усилилась опасность более широкого внутреннего загрязнения организма радионуклидами, поступающими с продуктами питания, питьевой водой, другими материалами, что требует изу-

чения методов радиометрического и дозиметрического контроля указанных источников радионуклидов.

1.1. Радиоактивность

Устойчивость атомного ядра обусловлена действующими между нуклонами ядерными силами притяжения. Эти силы в пределах размера ядра во много раз превосходят кулоновские силы отталкивания одинаково заряженных частиц – протонов. Однако у некоторых элементов ядерные силы притяжения не способны обеспечить полную устойчивость ядер. Вследствие этого такие элементы становятся радиоактивными.

Радиоактивность – это свойство неустойчивых атомных ядер данных химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одного или нескольких ионизирующих частиц. Процесс такого спонтанного ядерного превращения называется **радиоактивным распадом**.

Радиоактивность может быть естественной и искусственной. Естественной называется радиоактивность неустойчивых природных изотопов – тяжелых ядер элементов, расположенных в периодической таблице за свинцом ($Z > 82$). Искусственной называется радиоактивность изотопов, полученных в ядерных реакторах, на ускорителях, при ядерных взрывах.

Самопроизвольный распад атомных ядер сопровождается испусканием гамма-лучей, нейтронов, альфа-, бета- и других частиц. Уменьшение числа радионуклидов в веществе происходит по экспоненциальному закону

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1)$$

где N – число радиоактивных ядер на время t ;

N_0 – число радиоактивных ядер в момент времени $t = 0$;

λ – постоянная времени распада.

Постоянная распада характеризует вероятность распада радиоактивных ядер за единицу времени, а также показывает продолжительность жизни радионуклида.

Скорость радиоактивного распада принято характеризовать периодом полураспада ($T_{1/2}$). Период полураспада – это время, в течение которого исходное количество ядер данного вещества распадается наполовину, т.е. $N = N_0 / 2$.

Связь между $T_{1/2}$ и λ вытекает из выражения (1). Если $e^{-\lambda \cdot T_{1/2}} = \frac{1}{2}$, то

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Периоды полураспада у различных радиоактивных ядрах весьма различны – от долей секунды до сотен тысяч лет.

Число распадов ядер данного вещества в единицу времени характеризует активность вещества. Активность радиоактивного вещества A определяется скоростью распада:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \text{ или } A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t},$$

где $A_0 = \lambda \cdot N_0$ – радиоактивность вещества в начальный момент времени.

В СИ за единицу активности вещества принят беккерель (Бк). Один беккерель равен активности нуклида, при которой за 1 секунду происходит один распад. Эта единица активности мала, поэтому используют кратные ей единицы: килобеккерель (кБк) и мегабеккерель (МБк). Часто используется внесистемная единица активности – кюри (Ки). Такой активностью обладает 1г радия, в котором за одну секунду происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов. Это большая единица, поэтому применяют меньшие единицы – милликюри (мКи) или микрокюри (мкКи).

Если радионуклиды распределены по объему вещества (в продуктах питания, питьевой воде и т.д.) или по его поверхности, то пользуются соответственно объемной $A_{об}$ и поверхностной A_s активностью. Тогда $A_{об}$ измеряется в Бк/м³, Бк/л, Ки/л, а A_s – Бк/м², Ки/км². Для оценки загрязнения продуктов питания используют также удельную активность A_m , измеряемую в Бк/кг, Ки/кг.

1.2. Виды ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение – это потоки частиц и электромагнитных волн, взаимодействие которых с веществом приводит к ионизации атомов вещества.

Основными видами излучений являются потоки альфа- и бета-частиц, гамма- и рентгеновские излучения. Заряженные частицы ионизируют вещество непосредственно при столкновениях с его атомами (первичная ионизация). Выбитые электроны из атомов среды могут ионизировать и другие атомы (вторичная ионизация) при условии, что они обладают необходимой для этого энергией. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют в электрон-вольтах (эВ). Один электрон-вольт равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Используются кратные единицы кэВ, МэВ, ГэВ.

Альфа-излучение представляет собой ядро гелия с положительным зарядом. Альфа-частица характеризуется длиной пробега: для воздуха она составляет до 9 см, а в биологической ткани до 10^{-3} см, а также кинетической энергией в пределах 2...9 МэВ. Проходя через вещество, альфа-частица тормозится за счет ионизации или возбуждения атомов. При этом имеет место потеря кинетической энергии альфа-частицей на единице пути, называемая ионизационными потерями.

Ионизационные потери альфа-частиц $-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ион.}$ оценивают выражением

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ион.} = \frac{E_\alpha^2 n_e}{v_\alpha^2},$$

где E_α – кинетическая энергия альфа-частицы;
 v_α – скорость движения альфа-частицы;

n_e – концентрация электронов в веществе.

Большие ионизационные способности альфа-частиц обуславливают их низкую проникающую способность.

Бета-излучение – поток электронов (β^-) или позитронов (β^+), испускаемых веществом при распаде радиоактивного ядра. Бета-частицы характеризуются теми же параметрами, что и альфа-частицы. Пробег бета-частиц в воздухе до 20 м, в биологической ткани – до 1 см. Ионизационные потери бета-частиц меньше по сравнению с альфа-частицами, а их проникающая способность большая.

Бета-частицы, проходя через вещество, взаимодействуют также с ядрами вещества. Потери энергии частицы при взаимодействии с ядрами вещества невелики. Это объясняется тем, что масса бета-частицы меньше массы ядра и число ядер в веществе во много раз меньше числа электронов. Потери энергии бета-частицы при взаимодействии с ядром называют радиационными потерями

$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{рад.}$ и оценивают выражением

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{рад.} = \frac{E_{\beta}^2}{m_{\beta}},$$

где m_{β} – масса бета-частицы.

Кроме того, за счет заряда протонов вокруг ядра создается кулоновское поле. Под действием кулоновских сил заряженная бета-частица, имея малую массу, получает ускорение. Согласно классической электродинамике любая заряженная частица, движущаяся с ускорением, излучает электромагнитные волны. Это излучение называют тормозным, а длина его волны соответствует длине волны рентгеновского излучения.

Гамма-излучение – коротковолновое магнитное излучение с длиной волны $\lambda \leq 10^{-6}$ мкм обладает ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. является потоком гамма-квантов (фотонов), испускаемых при радиоактивном распаде ядра. Энергия гамма-квантов (E_{γ}) составляет от 10 кэВ до 5 МэВ.

При прохождении через однородную среду ослабление пучка гамма-излучения происходит по экспоненциальному закону

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x},$$

где I_0 – начальная интенсивность пучка;

I – интенсивность пучка после прохождения слоя вещества толщиной x ;

μ – линейный коэффициент ослабления.

Поглощение гамма-квантов в веществе определяется тремя процессами: фотоэффектом, комптоновским рассеянием и рождением пар электрон-позитрон в кулоновском поле ядра.

Фотоэффект имеет место при приблизительном равенстве энергии гамма-кванта $E_{\gamma\text{-кв.}}$ и связи электрона с ядром атома (энергии связи атома $E_{\text{св.ат.}}$), т.е.

$$E_{\gamma\text{-кв.}} \cong E_{\text{св.ат.}}$$

В этом случае энергия гамма-кванта поглощается атомными электронами, которые могут покинуть пределы атома или сместиться на другие орбиты. В первом случае атом переходит в состояние иона, а во втором – в возбужденное состояние. Ионом называют атом с недостатком или избытком электронов на орбитах. Однако ион или возбужденный атом будет стремиться перейти в нейтральное состояние, испуская при этом квант рентгеновского излучения.

Если $E_{\gamma\text{-кв.}} > E_{\text{св.ат.}}$, основным процессом поглощения гамма-квантов в веществе становится комптоновское рассеяние. В этом случае гамма-квант передает часть энергии свободному электрону, изменяет первоначальное направление и с меньшей энергией продолжает движение, излучая электромагнитную энергию на более длинной волне. Интенсивность комптоновского рассеяния пропорциональна числу свободных электронов в веществе.

Если энергия гамма-кванта в 1,02 МэВ больше энергии связи атома, то в кулоновском поле ядра при взаимодействии с ним гамма-кванта образуется пара: электрон-позитрон. Образовавшиеся электрон и позитрон теряют свою энергию на ионизацию атомов вещества. В случае столкновения электрона с позитроном образуется два новых гамма-кванта.

Таким образом, прохождение всех радиоактивных излучений через вещество приводит к ионизации его атомов. В связи с этим радиоактивные излучения называют ионизирующими.

1.3. Детекторы ионизирующего излучения

Основным элементом любого блока регистрации количественных характеристик радиоактивного излучения является детектор. Принцип работы и устройство детектора определяются характером и результатом взаимодействия вида излучения с веществом. Детектирование радиоактивного излучения основано на регистрации процессов в веществе при прохождении через него излучения. К таким процессам относятся: ионизация и возбуждение атомов вещества; световые вспышки; засвечивание химических растворов и др. Однако наиболее удобным является преобразование информации об излучении в электрические сигналы.

По методу регистрации детекторы разделяют на ионизационные, сцинтилляционные, химические, фотографические и др.

Ионизационный метод основан на обнаружении эффекта ионизации атомов вещества под действием ионизирующего излучения. Простейшим ионизационным детектором является ионизационная камера. Она состоит из двух электродов, пространство между которыми заполняется воздухом или другим газом. Для образования электрического поля между электродами к ним прикладывается постоянное напряжение от внешнего источника. Под воздействием

ионизирующего излучения происходит ионизация воздуха или газа. При наличии электрического поля в

ионизированном воздухе или газе возникает направленное движение ионов, т.е. через газ проходит электрический ток, называемый ионизационным. Измеряя величину ионизационного тока, можно судить об интенсивности ионизирующего излучения. Ионизационные камеры просты и характеризуются высокой эффективностью регистрации, но имеют недостатки. Так, для измерения полной энергии ионизирующей частицы необходимо, чтобы ее пробег целиком уместился в камере. Ионизационные камеры чувствительны к помехам.

Недостатки ионизационных камер в значительной мере преодолены в газоразрядных счетчиках. Газоразрядный счетчик представляет собой металлический или стеклянный цилиндр, покрытый внутри слоем металла, который служит катодом. Вдоль оси цилиндра натягивается тонкая нить (толщиной 10-100 мкм), которая является анодом.

В зависимости от характера используемого разряда счетчики разделяются на пропорциональные и счетчики Гейгера-Мюллера. Пропорциональный счетчик с несамостоятельным разрядом при прекращении действия радиоактивного излучения гаснет. Счетчик Гейгера-Мюллера – с самостоятельным разрядом, т.е. ток в нем поддерживается и после прекращения действия ионизирующего излучения. Характерной особенностью такого счетчика является необходимость гашения самостоятельного разряда. Гашение производится путем применения специальных электронных устройств или путем ввода в состав газа специальных добавок.

В настоящее время широкое применение получили сцинтилляционные счетчики. Вещества, испускающие свет под действием ионизирующего излучения, называются сцинтилляторами. Сцинтилляционный метод регистрации радиоактивных излучений основан на изменении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующих веществах при прохождении через них ионизирующего излучения. Количество вспышек пропорционально мощности дозы излучения. Регистрация световых вспышек осуществляется с помощью фотоэлектронного умножителя с регистрирующей электронной схемой. Фотоэлектронный умножитель позволяет преобразовать слабые световые вспышки от сцинтиллятора в большие электрические импульсы.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Оценка радиоактивного загрязнения продуктов питания и строительных материалов

Цель исследования – оценить степень радиоактивного загрязнения продуктов питания и строительных материалов, используемых в практической деятельности.

Этапы исследования:

1. Ознакомиться с теоретическими материалами по формированию радиоактивности.
2. Изучить принципы работы приборов радиометров, используемых для оценки радиоактивности.

3. Провести измерения фоновых показателей радиоактивности (контроль).
4. Определить уровни радиоактивности исследуемых материалов.
5. Провести сравнительный анализ фоновой и экспериментальной радиоактивности, сделать выводы, оформить отчет.

2.1. Оценка радиоактивного загрязнения продуктов питания

Измерение уровней радиоактивного загрязнения продуктов питания провести с помощью радиометра КРВП – 3Б.

Для этого:

1. Используя прил. 1, изучить устройство радиометра КРВП – 3Б.
2. Изучить порядок применения радиометра при измерении объемной активности радионуклидов в продуктах питания.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1.1. Подготовка радиометра к работе и его включение

1. На пересчетном блоке прибора выключатель СЕТЬ, ВЫКЛ. установить в положение ВЫКЛ.
2. Проверить завод часов кнопкой ЗАВОД.
3. Кнопкой ПУСК установить секундомер в исходное положение.
4. Выключатель СЕТЬ, ВЫКЛ. установить в положение СЕТЬ. Должна загореться сигнальная лампочка и засветиться декастроны.
5. Выдержать радиометр во включенном состоянии 5 минут.

2.1.2. Проверить исправность радиометра

1. На пересчетном блоке выключатель ПРОВЕРКА, РАБОТА установить в положение ПРОВЕРКА.
2. Нажать кнопку ПУСК. Через 10 секунд повторным нажатием этой же кнопки остановить секундомер и пересчетную схему. Количество зарегистрированных декастроны импульсов должно быть равно $1\ 000 \pm 30$.

Примечание. Для большей точности можно увеличить время измерения до 100 секунд, тогда количество зарегистрированных импульсов должно быть $10\ 000 \pm 300$.

2.1.3. Определить собственный фон блока детектирования (контрольное измерение)

Для этого:

1. Выключатель ПРОВЕРКА, РАБОТА установить в положение РАБОТА.
2. Пустую кювету поместить на верхнюю полку держателя под рабочее окно детектора.
3. Нажать кнопку ПУСК. Через 5 минут повторным нажатием этой же кнопки остановить секундомер и пересчетную схему. Количество зарегистрированных декастроны импульсов n_{ϕ} будет равно числу импульсов, регистрируемых радиометром от внешнего гамма-излучения.
4. Результаты измерений n_{ϕ} занести в табл. 1.
5. Повторным нажатием кнопки ПУСК секундомер и пересчетную схему перевести в исходное положение.
6. Повторить п.3 не менее 3 раз, регистрируя результаты измерений n_{ϕ} в табл.

1.

7. Рассчитать среднюю фоновую скорость счета λ_{ϕ} по формуле

$$\lambda_{\phi} = \frac{1}{K \cdot T} \sum_{i=1}^K n_{\phi i}, \quad (2)$$

Таблица 1

Результаты измерений

Вид измерения	Номер замера	T, c	n_i	λ, c^{-1}
Фон	1			
	2			
	3			
Проба 1	1			
	2			
	3			
Проба 2	1			
	2			
	3			

где K – количество выполненных замеров;
 T – время измерения фона в секундах;
 $n_{\phi i}$ – количество импульсов, зарегистрированных в i -м замере.

Примечание. Если по результатам измерений фона его значение будет более 2,1 распада в секунду (c^{-1}), то внутренние поверхности свинцового домика и кювета подлежат дезактивации.

2.1.4. Измерить объемную активность радионуклидов в пробах питания

Для этого:

1. Кювету с пробой поместить в свинцовый домик на верхнюю полку держателя под рабочее окно детектора.

Примечание. Методика измерения активности пробы такая же, как и собственного фона блока детектирования.

2. Произвести не менее трех замеров активности исследуемой пробы, регистрируя полученные количества импульсов $n_{np i}$ в табл. 1.

3. Рассчитать среднюю скорость счета λ_{np} для исследуемой пробы по формуле (1.1), т.е.

$$\lambda_{np} = \frac{1}{K \cdot T} \sum_{i=1}^K n_{np i}.$$

4. По результатам измерений рассчитать объемную активность пробы по формуле

$$A_{об} = \frac{\lambda_{np} - \lambda_{\phi}}{R},$$

где R – чувствительность радиометра; в данном случае она равна $R=1,2 \cdot 10^7$ л/(с·Ки) или $R=3,2 \cdot 10^{-4}$ л/(с·Бк).

Примечание. Чувствительность радиометра при измерении объемной активности проб определяется по прил. 2.

5. Результаты расчетов свести в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов объемной активности проб

Вид пробы	$\lambda_{пр} - \lambda_{ф}$	R	$A_{об}$	
			Норма	Факт

6. По прил. 3 определить значения допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах и полученные данные занести в табл. 2 ($A_{об}$, норма).

7. Полученные результаты расчетов $A_{об}$ сравнить с допустимыми уровнями содержания радионуклидов в пищевых продуктах (прил. 3) и сделать выводы о пригодности продуктов питания.

2.2. Оценка радиоактивного загрязнения строительных материалов

Оценку радиоактивного загрязнения строительных материалов провести с помощью радиометра РУГ 91 «АДАНИ».

Для этого:

1. Используя прил. 4, изучить устройство радиометра «АДАНИ» и правила его эксплуатации.

2. Изучить методику применения радиометра при измерении объемной активности радионуклидов в строительных материалах.

2.2.1. Подготовка радиометра к работе и измерение собственного гамма-фона

1. Включить радиометр в сеть.

2. Нажать кнопку СЕТЬ на передней панели прибора. Звуковой сигнал и индикация «О» на цифровом табло свидетельствуют о готовности прибора к работе.

2.2.2. Измерить собственный гамма-фон свинцового защитного экрана с кюветой

Для этого:

1. Заполнить кювету чистой водой.

2. Кювету с водой установить в свинцовый контейнер и закрыть крышку.

3. Последовательно нажать кнопки ФОН и время измерения 2 МИН или 20 МИН. При этом над кнопками загораются светодиоды. Выполнение команды подтверждается звуковым сигналом.

Примечание. В процессе измерения на табло индицируется обратный отсчет времени в секундах (от 1 200 до 0000). Окончание измерения подтверждает

ется звуковым сигналом. По окончании 2 или 20 мин на табло высвечивается результат измерения фона в единицах скорости счета (кБк/л).

4. Вывести результаты измерения фона на табло. Для чего нажатием кнопки ЦЕЗИЙ-137 или КАЛИЙ-40 осуществить вывод результатов измерения на табло для соответствующего радионуклида.

5. Результаты измерения фона записать в табл. 3.

Примечание. Результаты измерения фона хранятся в памяти микропроцессорного устройства радиометра. Применение резервного питания в приборе исключает процедуру регистрации фона перед началом нового цикла измерений.

2.2.3. Измерить объемную активность радионуклидов в пробах строительных материалов

Для этого:

1. Установить кювету с пробой в свинцовый контейнер и закрыть крышку.
2. Нажать кнопку ПРОБА и одну из кнопок времени измерения 2 МИН или 20 МИН. При этом измерение активности радионуклидов ведется по двум каналам: ЦЕЗИЙ-137 и КАЛИЙ-40.

3. Окончание измерений подтверждается звуковым сигналом и индикацией результатов измерения на табло в кБк/л.

4. Результаты измерений записать в табл. 3.

5. Измеренную объемную активность пересчитать в удельную активность по формуле

$$A_{уд} = \frac{A_{об}}{q},$$

где $A_{уд}$ – удельная активность, кБк/кг;

$A_{об}$ – объемная активность, кБк/л;

q – удельный вес материала пробы, кг/л (указан на крышке кюветы).

Таблица 3

Результаты измерений

№ п/п	Вид пробы (исследуемый материал)	Объемная активность (кБк/л)						Вывод
		Фон		Проба		Норма		
		Цезий	Калий	Цезий	Калий	Цезий	Калий	
1								
2								

6. Оценить степень радиоактивного загрязнения исследуемых материалов. Для чего фактическое значение активности исследуемых строительных материалов сравнить с предельно допустимым уровнем (нормой) содержания радионуклидов (прил. 5) и сделать выводы о пригодности материалов.

Содержание отчета по лабораторной работе

1. Наименование лабораторной работы и ее цель.
2. Таблицы с результатами измерений и расчетов.
3. Выводы о пригодности контролируемых продуктов питания и строительных материалов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды космических излучений и их состав.
2. Пути поступления радионуклидов в организм человека.
3. Виды искусственных источников радиации.
4. Какие вещества называются радиоактивными?
5. Что характеризует и показывает постоянная времени распада?
6. Дайте определение периода полураспада.
7. Что характеризует активность вещества и чем она определяется?
8. Перечислите единицы измерения объемной, поверхностной и удельной активности.
9. Что понимают под ионизирующим излучением?
10. Перечислите основные виды излучений радиоактивных ядер и их параметры.
11. Что понимают под ионизационными потерями и от каких факторов они зависят?
12. Что такое тормозное излучение и в чем его сущность?
13. Условие, при котором имеет место фотоэффект при взаимодействии гамма-квантов с веществом и его сущность.
14. Условие, при котором имеет место комптоновское рассеяние при взаимодействии гамма-квантов с веществом и его сущность.
15. Условие, при котором имеет место образование пар «электрон-позитрон» в кулоновском поле ядра и его сущность.
16. Сущность ионизационного метода регистрации ионизирующих излучений.
17. Достоинства и недостатки счетчиков Гейгера-Мюллера.
18. Сущность сцинтилляционного метода регистрации ионизирующих излучений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаенок И.С. и др. Радиационная безопасность: Учеб. пособие. Мн.: БГУИР, 2000.
2. Технические описания и инструкции по эксплуатации радиометров КРВП-ЗБ, РУГ 91 «АДАНИ».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

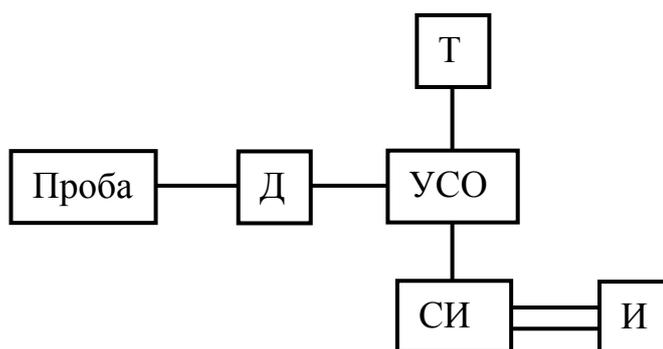
Устройство и принцип действия радиометра КРВП-3Б

Радиометр КРВП-3Б предназначен для измерения объемной активности радионуклидов, содержащихся в сыпучих и жидких веществах.

Оценка радиоактивности образца осуществляется путем определения количества происходящих актов распада радионуклидов в его объеме за определенный интервал времени с последующей поправкой полученного значения на длительность этого временного интервала и объем пробы. Факт распада фиксируется путем регистрации испускаемых при распаде частиц и квантов, а радиоактивность образца определяется скоростью их счета.

Структурная схема радиометра (см. рисунок) включает в себя: детектор (Д), таймер (Т), устройство стандартизации и отбора (УСО), счетчик импульсов (СИ), индикатор (И).

Детектор обеспечивает преобразование информации об излучении пробы в электрические сигналы. В качестве детектора применяется счетчик Гейгера-Мюллера, заключенный в свинцовый домик для снижения влияния внешнего гамма-излучения. Собственный фон счетчика не превышает 2,1 распад в секунду (s^{-1}).



Временной интервал, в течение которого производится регистрация импульсов детектора излучений, задается таймером.

Устройство стандартизации и отбора преобразует сигналы, поступившие в течение интервала времени измерения от устройства детектирования, в импульсы стандартной амплитуды и длительности, передавая их на счетчик импульсов. Полученный результат отображается на табло индикатора.

Основным информационным параметром при регистрации активности вещества в радиометре служит скорость счета электрических импульсов или интенсивность потока ионизирующего излучения.

Чувствительность радиометра при измерении объемной активности проб

Вид пробы	Чувствительность радиометра КРВП	
	$\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{Бк}}$	$\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{Ки}}$
Мясо и мясные продукты, молоко и молочные продукты, рыба, птица, мука, хлеб, яйца, корнеплоды, бобовые, соки	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^7$
Фрукты, ягоды, овощи, пищевая зелень, травы, сено, грибы, комбикорма, чай	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^7$
Вода питьевая (водопроводная, колодезная)	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^7$

Временные допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде, устанавливаемые в связи с аварией на ЧАЭС

№ п/п	Наименование продукта	Ки/кг, Ки/л	Бк/кг, Бк/л
1	2	3	4
Цезий-137			
1	Вода питьевая	$5 \cdot 10^{-10}$	18,5
2	Молоко и молочная продукция	$3 \cdot 10^{-9}$	111
3	Мясо и мясные продукты	$1,6 \cdot 10^{-8}$	600
4	Картофель и корнеплоды	$1 \cdot 10^{-8}$	370
5	Хлеб и хлебопродукты	$5 \cdot 10^{-9}$	185
6	Мука, крупы, сахар, мед	$1 \cdot 10^{-8}$	370
7	Овощи, садовые фрукты и ягоды, дикорастущие ягоды	$5 \cdot 10^{-9}$	185
8	Грибы сушеные	$1 \cdot 10^{-7}$	3 700
9	Прочие продукты питания в готовом для употребления виде	$1 \cdot 10^{-8}$	370
Стронций-90			
1	Вода питьевая	$1 \cdot 10^{-11}$	0,37
2	Молоко натуральное	$1 \cdot 10^{-10}$	3,7
3	Хлеб и хлебопродукты	$1 \cdot 10^{-10}$	3,7
4	Картофель	$1 \cdot 10^{-10}$	3,7
5	Детское питание всех видов, готовое к употреблению	$5 \cdot 10^{-11}$	1,85

Устройство и принцип действия радиометра РУГ 91 «АДАНИ»

Гамма-радиометр «АДАНИ» предназначен для измерения объемной активности радионуклидов цезия-137 и калия-40 в загрязненных радионуклидами пробах природного происхождения (строительных материалах, пищевых продуктах, воде и др.).

Принцип действия радиометра основан на использовании сцинтилляционного эффекта, при котором световые вспышки, возникающие в кристалле-сцинтилляторе при попадании в него гамма-квантов, регистрируются фотодетектором. По числу зарегистрированных в единицу времени световых импульсов определяется интенсивность гамма-излучения в исследуемом образце в единицах объемной активности (Бк/л).

Световые вспышки, возникающие в сцинтилляторе, через световод попадают на фотокатод фотоэлектронного умножителя и преобразуются в электрические импульсы, которые после усиления подаются в устройство селекции. Устройство селекции производит сортировку импульсов по их амплитудам пропорционально энергии регистрируемых гамма-квантов.

Микропроцессорное устройство обработки управляет работой устройства селекции и вычисляет количественные характеристики ионизирующего излучения, задает режим работы радиометра и индицирует на табло результаты измерения.

Предельно допустимые уровни удельной активности в строительных материалах

Удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах не должна превышать:

- а) для материалов, используемых во вновь строящихся жилых и общественных зданиях (1 класс) – 370 Бк/кг;
- б) для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (2 класс) – 740 Бк/кг;
- в) для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (3 класс) – 1 350 Бк/кг.

Резерв 2003

Учебное издание

Асаёнок Иван Степанович
Навоша Адам Имполитович
Яшин Константин Дмитриевич и др.

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методическое пособие
к лабораторным занятиям по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей
и форм обучения БГУИР

Редактор Т.Н. Крюкова
Компьютерная верстка

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 99.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001
220013, Минск, П. Бровка, 6

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра производственной и экологической безопасности

И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, Н.В. Щербина

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ
ЯДОВИТЫХ И ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к лабораторной работе по дисциплине
“Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность”
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2005

УДК 621.039 (075.8)

ББК 68.69 я 73

А-90

Асаенок И.С.

А-90 Определение концентрации сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ: Учебно-метод. пособие к лаб. работе по дисц. «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студентов всех спец. и форм обуч. БГУИР / И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, Н.В. Щербина. – Мн.: БГУИР, 2005. – 20 с.: ил.
ISBN 985–444–748–0

Учебно-методическое пособие содержит характеристики сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, их классификацию по действию на организм человека, по степени опасности и физиологическому воздействию. Кроме того, изложены назначения и принцип работы универсального газоанализатора и войскового прибора химической разведки, а также методики их практического применения.

(075.8)

УДК 621.039

ББК 68.69 я 73

ISBN 985–444–748–0

2005

© Асаенок И.С., Навоша А.И.,
Машкович А.И., Щербина Н.В.,

© БГУИР, 2005

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ ЯДОВИТЫХ И ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ»

Цель работы:

1. Изучить характеристики сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ (табл. 1, 2, 3 и 4 прил. 1).
2. Изучить назначение, состав и принципы работы приборов: универсальный газоанализатор (УГ-2) и войсковой прибор химической разведки (ВПХР).
3. Уметь применять приборы химической разведки при определении концентраций вредных веществ в воздухе, на местности и технике, в дыму и на других загрязненных объектах.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Характеристика сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ

Население и сельскохозяйственные животные могут получать поражения при воздействии на них химических веществ, используемых как в хозяйственных целях, так и в военных конфликтах. Химические вещества, применяемые в хозяйственных целях, которые при выбросе или разливе, могут привести к заражению воздуха с поражающими концентрациями называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

В настоящее время в хозяйственных целях используется более семисот наименований химических веществ, которые при концентрации, превышающей предельно-допустимые дозы (ПДК), могут вызывать у людей различного характера поражения. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны называют такие концентрации, которые в течение рабочего дня или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, или в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующего поколений. Предельно допустимые концентрации измеряются в мг/м^3 или мг/л .

Наиболее распространенными СДЯВ являются: аммиак, хлор, метан, ртуть; азотная, серная, соляная и фосфорная кислоты и др.

По степени опасности СДЯВ подразделяются на четыре класса (табл. 2 прил. 1); по физиологическому воздействию они делятся на четыре группы (табл. 3 прил. 1).

Отравляющие вещества (ОВ) представляют собой ядовитые (токсичные) соединения, применяемые для снаряжения химических боеприпасов. Они предназначены для поражения незащищенных людей и способны заражать воздух, продовольствие, воду, местность и предметы, расположенные на ней. По характеру поражающего действия ОВ условно делятся на следующие группы: нервно-паралитические, кожно-нарывные, раздражающие, удушающие, общедовитые и психогенные. Основные характеристики и виды опасности ОВ приведены в табл. 4 прил. 1.

Основные пути поступления СДЯВ и ОВ в организм человека: дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и кожные покровы. Критериями степени опасности СДЯВ и ОВ являются: токсичность, быстроедействие и стойкость. Токсичность – способность вещества вызывать поражение при попадании в организм в определенных дозах. Быстроедействие – время от контакта человека с веществом до проявления поражения. Стойкость – способность вещества сохранять свое поражающее действие в воздухе или на местности в течение определенного периода времени.

Характер и степень поражения ядовитыми веществами зависят от их концентрации и длительности пребывания человека в зараженном воздухе. Для периодического контроля за концентрациями сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ в воздухе применяются различные приборы.

1.2. Универсальный газоанализатор (УГ-2)

Универсальный газоанализатор предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации газов (паров) СДЯВ. Основным элементом газоанализатора является воздухозаборное устройство (рис. 1), размещенное в корпусе 1.

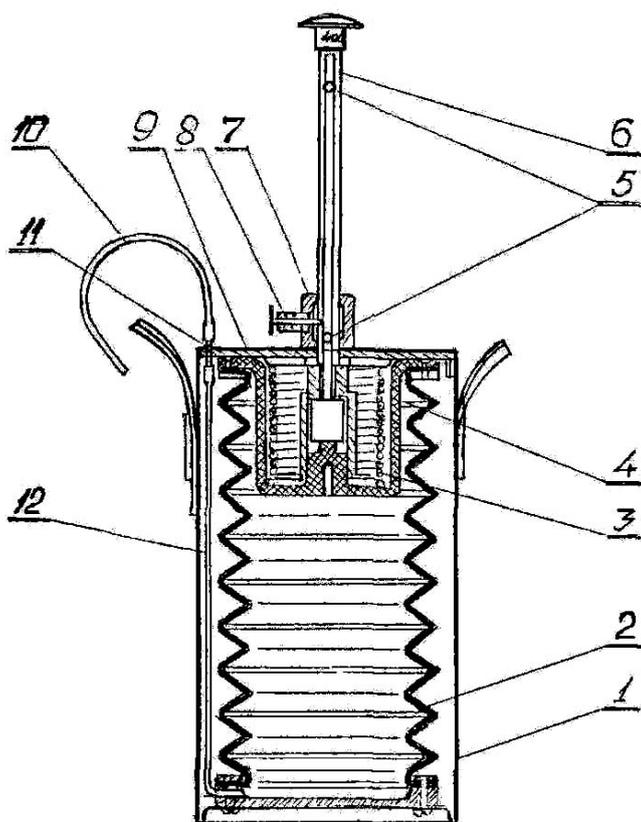


Рис. 1. Воздухозаборное устройство УГ-2:

1 – корпус; 2 – сильфон; 3 – пружина; 4 – кольцо распорное; 5 – канавка с двумя углублениями; 6 – шток; 7 – втулка; 8 – фиксатор; 9 – плата; 10 – трубка резиновая; 11 – штуцер; 12 – трубка резиновая.

В этом же корпусе размещаются резиновый сильфон 2 и стакан с пружиной 3. Во внутренних гофрах находятся распорные кольца 4, которые придают сильфону жесткость и сохраняют постоянство объема.

На верхней плате 9 имеется неподвижная втулка 7, которая служит для направления штока 6 при сжатии сильфона. На штуцер 11 (с внутренней стороны) надета резиновая трубка 12, которая через нижний фланец соединена с внутренней полостью сильфона. К свободному (наружному) концу штуцера 11 при работе присоединяется вторая резиновая трубка 10. К свободному концу трубки 10 присоединяется индикаторная трубка с порошком (реагентом) для определения конкретного сильнодействующего ядовитого вещества.

Шток предназначен для сжатия сильфона. На гранях штока (под его головкой) указаны объемы просасываемого воздуха при анализе. На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки с двумя углублениями 5. Углубления служат для фиксации двух положений штока фиксатором 8. Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирал заданный объем исследуемого воздуха.

Вторым элементом анализатора является индикаторная трубка, которая присоединяется к резиновой трубке 10 во время анализа воздуха. Принцип работы анализатора рассмотрен в экспериментальной части лабораторного занятия.

1.3. Войсковой прибор химической разведки

Войсковой прибор химической разведки предназначен для обнаружения и определения степени заражения отравляющими веществами воздуха, местности, оборудования, транспорта, средств индивидуальной защиты, одежды, продовольствия, воды и других объектов.

Прибор состоит (рис. 2 а, б) из корпуса 1 с крышкой 2. В них размещены: ручной насос 3, насадка к насосу 6, бумажные кассеты с индикаторными трубками 4, противодымные фильтры 5, электрофонарь 8, грелка 9 и патронов 10 к ней. Кроме того, в комплект прибора входит лопатка для взятия проб 11, штырь 13.

Ручной насос (поршневой) предназначен для прокачивания зараженного воздуха через индикаторную трубку, которую устанавливают для этого в гнездо головки насоса. При 50 – 60 качаниях насоса в 1 мин через индикаторную трубку проходит около 2 л воздуха. На головке насоса размещены нож для надреза трубок и два углубления для обламывания их концов. В ручке насоса размещены ампуловскрыватьели, имеющие маркировки: красная черта с красной точкой и три зеленые черты.

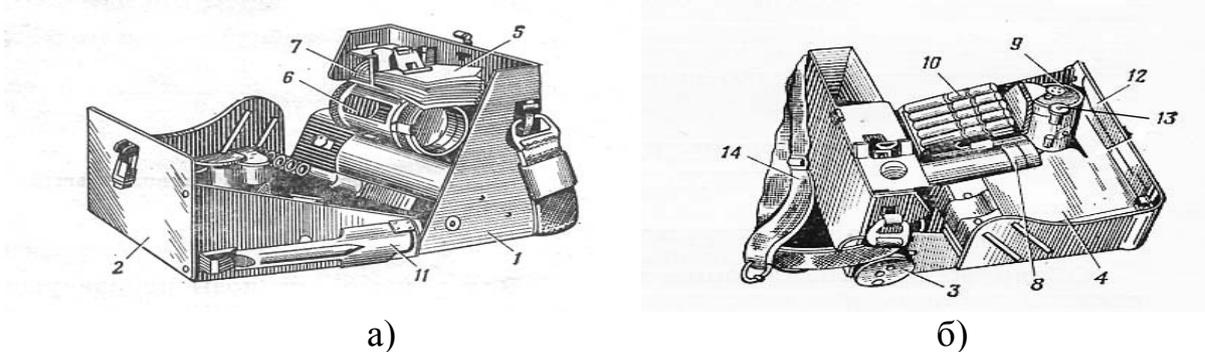


Рис. 2. Войсковой прибор химической разведки:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – ручной насос; 4 – бумажные кассеты с индикаторными трубками; 5 – противодымные фильтры; 6 – насадка; 7 – колпачки; 8 – электрофонарь; 9 – грелка; 10 – патроны к грелке; 11 – лопатка; 12 – инструкция по работе с прибором; 13 – штырь; 14 – плечевой ремень.

Насадка к насосу позволяет увеличивать количество паров отравляющих веществ, проходящих через индикаторную трубку, при определении ОВ на почве, различных предметах, в сыпучих материалах, а также обнаруживать ОВ в дыму и брать пробы дыма.

Индикаторные трубки (рис. 3а) предназначены для определения отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ. Они представляют собой запаянные стеклянные трубки, внутри которых помещены наполнитель 2, ампулы с индикатором 5. Трубки, имеющие одинаковую маркировку цветными кольцами 6, уложены в бумажные кассеты по 10 штук (рис. 3б).

Каждая индикаторная трубка имеет условную маркировку: красное кольцо с красной точкой – на зарин, зоман, Ви-газы; одно желтое кольцо – на иприт; три зеленых кольца – на фосген, дифосген, синильную кислоту и хлорциан.

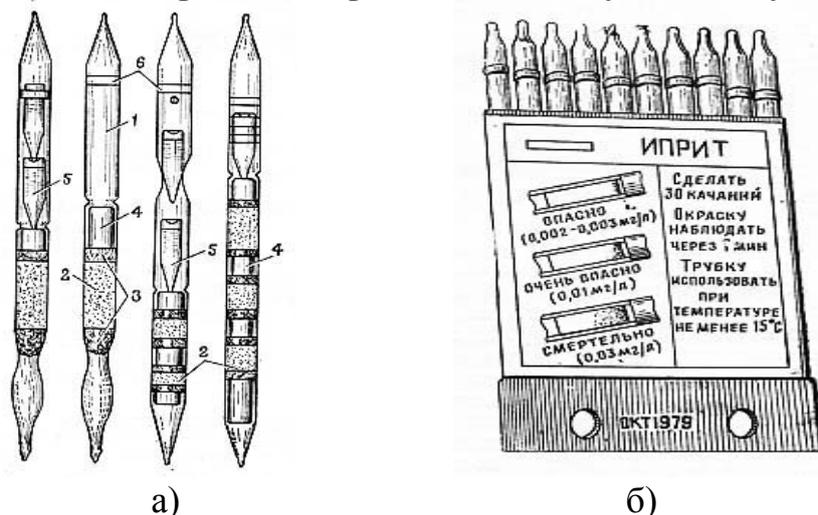


Рис. 3. Индикаторные трубки:

1 – корпус трубки; 2 – наполнитель; 3 – ватный тампон; 4 – обтекатель; 5 – ампулы с индикатором; 6 – маркировочное кольцо.

На лицевой стороне кассеты наклеена этикетка с окраской, возникающей на наполнителе трубки при наличии в воздухе ОВ; указан порядок работы с данной трубкой. В ВПХР имеется три комплекта индикаторных трубок.

Защитные колпачки служат для предохранения внутренней поверхности воронки от заражения каплями ОВ и для помещения проб почвы и сыпучих материалов при определении в них отравляющих веществ.

Противодымные фильтры применяются для определения отравляющих веществ в дыму, малых количествах ОВ в почве и сыпучих материалах, а также при взятии проб дыма. Они состоят из одного слоя фильтрующего материала (картона) и нескольких слоев капроновой ткани.

Грелка служит для подогрева индикаторных трубок при пониженной температуре окружающего воздуха. Она состоит из пластмассового корпуса с двумя проушинами, в которые вставляется штырь 13 (рис. 2б) для прокола патрона, обеспечивающего нагревание. Внутри корпуса грелки имеется четыре металлические трубки: три – малого диаметра для индикаторных трубок и одна большого диаметра для патрона.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение концентрации СДЯВ в воздухе с помощью газоанализатора УГ-2

Принцип обнаружения и определения концентрации СДЯВ основан на изменении окраски индикаторов при взаимодействии их с веществами. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка (реагента) пропорциональна концентрации анализируемого вещества в воздухе и измеряется по шкале, проградуированной в мг/м^3 .

Аналізу воздуха предшествует подготовка к работе индикаторной трубки и прибора. Подготовка индикаторной трубки проводится в следующей последовательности:

- вскрыть ампулу с порошком (реагентом) для анализируемого СДЯВ;
- взять индикаторную трубку и в один из концов ее вложить тампон из ваты, уплотнив его с помощью стержня;
- во второй конец индикаторной трубки установить воронку;
- порошок (реагент) для анализируемого СДЯВ через воронку насыпать в индикаторную трубку;
- с помощью стержня уплотнить порошок в индикаторной трубке. Длина уплотненного столбика порошка в трубке должна быть 68 – 70 мм;
- после уплотнения порошка в трубке вложить тампон из ваты.

Примечание: снаряженная индикаторная трубка может герметизироваться колпачками с обеих сторон; для этого применяется смесь из парафина с полиэтиленом.

Подготовка прибора к работе:

- открыть крышку воздухозаборного устройства;
- взять шток из гнезда и поместить его в направляющую втулку так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан объем

просасываемого воздуха. Объем просасываемого воздуха для исследуемого СДЯВ приведен в табл. 1 прил. 2;

давлением руки на головку штока сильфон сжимают до тех пор, пока конец фиксатора попадет в верхнее углубление в канавке штока;

присоединить подготовленную индикаторную трубку с порошком к резиновой трубке воздухозаборного устройства.

После подготовки индикаторной трубки и прибора к работе определяют концентрацию анализируемого СДЯВ. Для этого:

надавливая одной рукой на головку штока, другой – отводят фиксатор;

как только шток начнет двигаться, фиксатор отпускают и включают секундомер;

когда фиксатор войдет в нижнее углубление канавки штока должен быть слышен щелчок;

секундомер не выключать, так как просасывание воздуха продолжается.

Общее время просасывания воздуха должно соответствовать тому, которое указано в табл. 3 прил. 2.

При наличии газа (паров) анализируемого вещества в воздухе произойдет окраска порошка в индикаторной трубке. Определение величины концентрации производят по шкале, имеющейся на карточке для того или другого вещества (рис. 4).

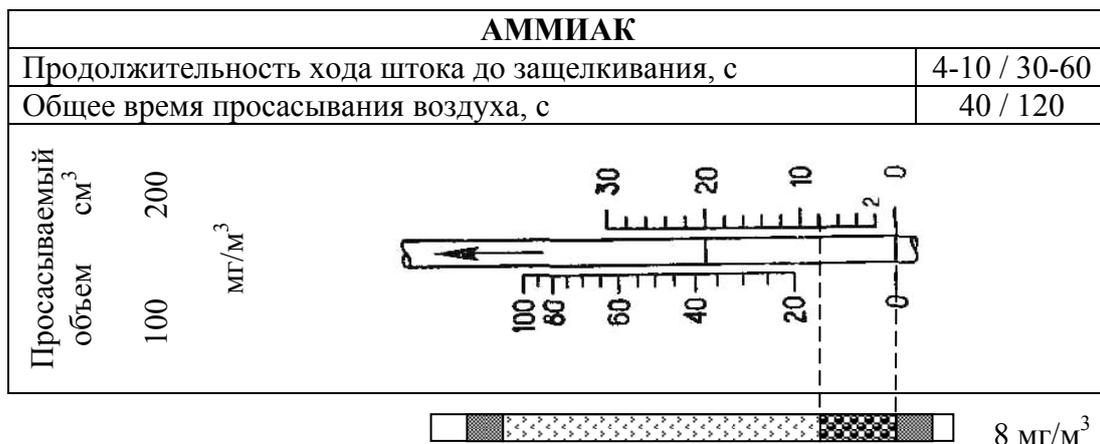


Рис. 4. Карточка для определения концентрации аммиака

Для этого нижнюю границу столбика окрашенного порошка в индикаторной трубке совмещают с началом измерительной шкалы. Цифра на шкале, совпадающая с верхней границей окрашенного порошка в трубке, укажет значение концентрации анализируемого газа (пара) в воздухе.

2.2. Определение отравляющих веществ с помощью ВПХР

В первую очередь определяются пары отравляющих веществ нервно-паралитического действия (зарин, зоман или Ви-икс). Во вторую – определяет-

ся наличие паров нестойких ОВ (фосген, синильная кислота, хлорциан) и в последнюю – паров иприта.

Определение ОВ в воздухе. Для их определения необходимо: взять две индикаторные трубки с красным кольцом и красной точкой; с помощью ножа (на головке насоса) надрезать концы индикаторных трубок;

пользуясь ампуловскривателем (с красной чертой и красной точкой), разбить верхние ампулы обеих трубок;

взять трубки за верхние концы и энергично встряхнуть их 2 – 3 раза; одну из трубок (опытную) немаркированным концом вставить в насос; вторую трубку (контрольную) установить в штатив корпуса прибора; через опытную трубку прокачать воздух (5 – 6 качаний);

используя ампуловскриватель, разбить нижние ампулы обеих трубок и встряхнуть их.

Одновременное пожелтение наполнителя в обеих трубках указывает на отсутствие ОВ в опасных концентрациях.

При наличии ОВ в опасных концентрациях желтая окраска верхнего слоя наполнителя в опытной трубке приобретает красный цвет.

Для проверки наличия паров неустойчивых ОВ в воздухе необходимо:

взять индикаторную трубку с тремя зелеными кольцами; вскрыть трубку (методика вскрытия трубки такая же, как и трубок с красной чертой и красной точкой);

разбить ампулу, пользуясь ампуловскривателем с тремя зелеными чертами; вставить трубку немаркированным концом в гнездо насоса; сделать 10 – 15 качаний;

вынуть трубку из насоса и сравнить окраску наполнителя с эталоном, имеющимся на лицевой стороне кассеты.

Затем определяют наличие в воздухе паров иприта. Для этого:

взять индикаторную трубку с одним желтым кольцом;

вскрыть трубку и вставить в насос;

прокачать воздух (60 качаний) насосом;

вынуть трубку из насоса;

по истечении 1 мин сравнить окраску наполнителя с эталоном на лицевой стороне кассеты.

Для обследования воздуха при пониженных температурах трубки с одним красным кольцом и красной точкой, а также с одним желтым кольцом необходимо подогреть с помощью грелки до их вскрытия. Подогрев трубок с красным кольцом и красной точкой проводится при температуре окружающей среды 0°C и ниже в течение 0,5 – 3 мин. Индикаторные трубки с одним желтым кольцом подогреваются при температуре окружающей среды $+15^{\circ}\text{C}$ и ниже в течение 1 – 2 мин.

При определении ОВ в дыму необходимо:

индикаторную трубку поместить в гнездо насоса;

достать из прибора насадку и закрепить в ней противодымный фильтр;

навернуть насадку на резьбу головки насоса и прокачать им воздух;

снять насадку и вынуть из головки насоса индикаторную трубку;
провести определение отравляющего вещества.

Определение ОВ на местности, технике и различных предметах. Очередность определения ОВ в данном случае такая же, как и в воздухе. В отличие от рассмотренных методов подготовки прибора, в воронку насадки вставляют защитный колпачок. После чего прикладывают насадку к поверхности обследуемого предмета так, чтобы воронка покрыла участок с наиболее резко выраженными признаками заражения. Затем через индикаторную трубку прокачивают воздух (60 качаний насосом). Снимают насадку, выбрасывают колпачок; вынимают из гнезда индикаторную трубку и определяют наличие ОВ.

Обнаружение ОВ в почве и сыпучих материалах. Для этого:
готовят и вставляют в насос соответствующую индикаторную трубку;
навертывают насадку и вставляют колпачок;
лопаткой берут пробу верхнего слоя почвы (снега) или сыпучего материала и насыпают ее в воронку колпачка до краев;
воронку накрывают противодымным фильтром и закрепляют прижимным кольцом;
через индикаторную трубку прокачивают воздух (до 120 качаний насоса);
выбрасывают защитный колпачок вместе с пробой и противодымным фильтром;
отвинчивают насадку, вынимают индикаторную трубку и определяют присутствие отравляющего вещества.

3. Контрольные вопросы

1. Классификация отравляющих веществ по степени воздействия на организм человека.
2. Назначение и принцип работы универсального газоанализатора.
3. Назначение и принцип работы войскового прибора химической разведки (ВПХР).
4. Методика проведения измерений ПДК в воздухе с помощью универсального газоанализатора (УГ-2).
5. Методика определения отравляющих веществ в воздухе с помощью войскового прибора химической разведки.
6. Методика определения отравляющих веществ в дыму с помощью ВПХР.
7. Методика определения отравляющих веществ на местности, технике и различных предметах.
8. Обнаружение отравляющих веществ с помощью ВПХР в почве и сыпучих материалах.
9. Определение отравляющих веществ в воздухе при низких температурах.

4. Литература

1. Владимиров В.А. Сильнодействующие отравляющие вещества и защита от них. – М., 1989.
2. Сологян И.Х. Метеорологическое обеспечение безопасности труда. – М., 1989.

3. СанПиН 9-80 РБ 98. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

4. ГН 9-106 РБ 98. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Характеристика СДЯВ

Таблица 1

№ п/п	Наименование СДЯВ	Характеристика сильнодействующего ядовитого вещества	Агрегатное состояние	Признаки поражения организма
1.	Аммиак	Бесцветный газ с запахом нашатыря. Хорошо растворяется в воде. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в рабочей зоне 20 мг/м ³ ; четвертый класс опасности.	Аэрозольное (пары и туманы)	В высоких концентрациях возбуждает центральную нервную систему. Вызывает ожоги кожи.
2.	Хлор	Зеленовато-желтый газ с резким запахом. В 2,5 раза тяжелее воздуха; облако хлора перемещается по направлению ветра близко к земле. ПДК 1 мг/м ³ ; второй класс опасности.	Аэрозольное	Раздражает дыхательные пути и вызывает отек легких.
3.	Ртуть	Блестящий, серебристо-белый, жидкий, тяжелый металл. Испаряется при комнатной температуре. ПДК в рабочей зоне 0,01 мг/м ³ ; первый класс опасности.	Аэрозольное	Вызывает острые и хронические отравления. Поражает центральную нервную систему, органы дыхания, печень.
4.	Серная кислота	Бесцветная маслянистая жидкость, без запаха. На воздухе медленно испаряется. Хорошо растворяется в воде, ПДК – 1 мг/м ³ , второй класс опасности.	Капельно-жидкое и аэрозольное	Вызывает сильное раздражение верхних дыхательных путей; ожоги и язвы кожи.
5.	Соляная кислота	Бесцветная жидкость с резким удушающим запахом. Легко испаряется и хорошо растворяется в воде; ПДК – 5 мг/м ³ , второй класс опасности	Капельно-жидкое и аэрозольное	Высокотоксичная. Опасна при вдыхании, попадании на кожу и слизистые оболочки

Классы опасности химических соединений

Класс опасности	Типовые представители	Величина ПДКр (мг/м ³)
Чрезвычайно-токсичные	Ртуть, озон, свинец, мышьяк, бенз (а) пирен	0,01 – 0,1
Высокотоксичные	Хлор, синильная кислота, соляная кислота, окислы азота, сурьма	0,1 – 1,0
Умеренно-токсичные	Спирт метиловый, сероуглерод, толуол, уксусная кислота и др.	1,0 – 10,0
Мало токсичные	Бензин, аммиак, окись углерода, ацетон и др.	Более 10

Таблица 3

Характеристика СДЯВ по их физиологическому воздействию

Группы веществ	Типовые представители	Симптомы поражения людей
Раздражающие	Хлор, аммиак, кислоты, щелочи, серные соединения	Раздражение, отек слизистых оболочек глаз, полости рта, дыхательных путей
Удушающие	Окись углерода, сероводород, метан	Осложнение дыхания за счет затруднения усвоения кислорода вдыхаемого воздуха
Соматические яды	Ртуть, мышьяк, свинец, синильная кислота	Поражение (отравление) внутренних органов, нервной системы
Летучие наркотики	Углеводороды, ацетилен, азот, дихлорэтан	Вызывают наркотическое действие вследствие поражения центральной нервной системы

Характеристика ОВ

Таблица 4

№ п/п	Наименование группы ОВ	Вид ОВ	Характеристика отравляющего вещества	Состояние	Признаки поражения организма
1	2	3	4	5	6
1	Нервно-паралитического действия	Зарин	Бесцветная прозрачная жидкость со слабым фруктовым запахом; температура затвердевания от -30°C . Хорошо растворяется в воде.	Капельно-жидкое и аэрозольное (пары, туман).	Происходит сужение зрачков глаз; затруднение дыхания; спазмы в желудке; иногда рвота; появление судорог и паралич дыхания.
		Зоман	Бесцветная жидкость со слабым запахом камфары; температура затвердевания от -30°C . В воде растворяется плохо.		
		Ви-Икс	Бесцветная жидкость, без запаха; температура затвердевания от -50°C . До 5 % (от общего объема) растворяется в воде.		
2	Кожно-нарывного действия	Иприт	Маслянистая бесцветная жидкость с запахом горчицы или чеснока; температура затвердевания от -14°C . В воде растворяется плохо, в жирах – хорошо.	Капельно-жидкое; аэрозольное и паробразное	Поражает органы зрения и дыхания. Резкий кашель; потеря голоса; воспаление легких.
3	Раздражающего действия	Хлорцетон; адамсит	-	-	Воздействует на слизистые оболочки глаз и верхние дыхательные пути.

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
4	Удушающего действия	Фосген и дифосген	Фосген – бесцветная жидкость; температура замерзания от -118°C .	Газ в 3,5 раза тяжелее воздуха.	Кашель с обильным выделением пенистой жидкости; дыхание затруднительное.
			Дифосген – бесцветная маслянистая жидкость с запахом прелого сена; температура замерзания от -57°C .		
5	Общеядовитого действия	Синильная кислота	Бесцветная летучая жидкость с запахом горького миндаля; температура замерзания -14°C . Хорошо растворяется в воде и органических жидкостях.	Капельно-жидком и аэрозольном	Металлический привкус во рту; чувство сильного страха; судороги; паралич дыхательного центра.
		Хлорциан	Бесцветная жидкость; температура замерзания от -6°C . В воде растворяется плохо, в органических растворителях – хорошо.		
6	Психогенного действия	Типа «ЛСД», Би-Зет	Бесцветные кристаллические вещества; плохо растворимые в воде.	Аэрозольное	Вызывают расстройства движений; нарушают зрение и слух; изменяет нормальную картину поведения человека.

Приложение 2

Таблица 1

Сильнодействующие ядовитые вещества, концентрации которых измеряются универсальным газоанализатором

Определяемый газ (пар)	Просасываемый объем, мл	Верхнее значение шкалы, мг/м ³	Продолжительность штока защелкивания, с	Общее время просасывания воздуха, с
Аммиак	200	30	30 – 60	120
	100	100	4 – 10	40
Ацетон	300	2000	180 – 240	420
Ацетилен	300	1400	260 – 300	420
Бензин	300	1000	200 - 230	420
Бензол	300	200	230 – 280	420
Ксилол	300	500	100 – 132	240
Оксид углерода	200	120	180 – 240	420
Оксиды азота	300	50	220 – 300	420
Сернистый ангидрид	300	30	110 – 160	300
	100	120	15 – 45	60
Сероводород	300	30	140 – 200	300
Толуол	300	500	200 – 230	420
Углеводороды нефти	300	1000	200 – 230	420
Хлор	300	15	270 – 330	420
Этиловый спирт	400	3000	405 – 435	600

Учебное издание

Асаенок Иван Степанович
Навоша Адам Имполитович
Машкович Александр Иванович
Щербина Наталья Витальевна

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ
ЯДОВИТЫХ И ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине

“Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность”

для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра производственной и экологической безопасности

И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, Е.Н. Зацепин

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ И ЭКВИ-
ВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине
“Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность”
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2005

УДК 621.039 (075.8)

ББК 68.69 я 73

А-90

Асаенок И.С.

А-90 Определение мощностей экспозиционной и эквивалентной доз облучения: Учебно-метод. пособие к лаб. работе по дисц. «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студентов всех спец. и форм обуч. БГУИР / И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, Е.Н. Зацепин. – Мн.: БГУИР, 2005. – 20 с.: ил.

ISBN 985–444–748–0

Учебно-методическое пособие содержит сведения о ионизационном методе регистрации ионизирующих излучений, краткие понятия о дозах облучения и единицах их измерения, приборах радиационной разведки и дозиметрического контроля. Кроме того, изложены способы практического применения приборов радиационной разведки и дозиметрического контроля.

УДК 621.039 (075.8)

ББК 68.69 я 73

ISBN 985–444–748–0

© Асаенок И.С., Навоша А.И.,
Машкович А.И., Зацепин Е.Н., 2005
© БГУИР, 2005

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

Учебные цели:

1. Изучить назначение и практическое применение приборов типа ДП-5 и ДП-24 и др.
2. Уметь рассчитывать дозы облучения и их мощности на загрязненной территории.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Обнаружение ионизирующих излучений основано на способности этих излучений ионизировать среду, в которой они распространяются. Ионизация среды вызывает физические и химические изменения в веществе, которые могут быть обнаружены и измерены. Для обнаружения и измерения ионизирующих излучений применяются следующие методы: ионизационный, стинтилляционный, химический, фотографический и другие.

В данной лабораторной работе используются приборы, действие которых основано на оценке степени ионизации среды при воздействии ионизирующего излучения.

1.1. Ионизационный метод регистрации излучений

Основными элементами приборов, выявляющих ионизацию среды: воспринимающее устройство (ионизационная камера или газоразрядный счетчик) (рис.1), регистрирующее устройство (микроамперметр) и источник питания.

Ионизационная камера представляет собой замкнутый объем, заполненный воздухом. Внутри камеры находятся два изолированных друг от друга электрода (анод и катод), к которым приложено напряжение от источника постоянного тока. При отсутствии ионизирующего излучения в цепи ионизационной камеры тока не будет, так как воздух является изолятором. При воздействии же излучений в ионизационной камере атомы воздуха ионизируются.

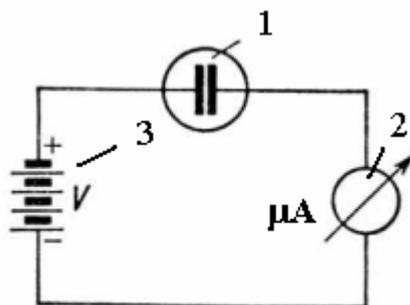


Рис. 1. Основные элементы прибора ионизационного метода регистрации:
1 – ионизационная камера; 2 – микроамперметр; 3 – источник питания.

В электрическом поле, создаваемом источником питания, положительные ионы перемещаются к катоду, а отрицательные – к аноду. В цепи камеры возникает ионизационный ток, который подается на усилительную схему, где усиливается до величины достаточной для работы регистрирующего устройства. Регистрация тока производится с помощью микроамперметра.

Числовое значение ионизационного тока пропорционально мощности излучения. Следовательно, по величине ионизационного тока можно судить о мощности дозы излучений или радиационном фоне воздействующем на камеру. Ионизационная камера работает в области насыщения. Вольтамперная характеристика ионизационной камеры, т.е. зависимость тока от напряжения приведена на рис. 2.

Горизонтальный участок АВ характеризует ток, не зависящий от напряжения (ток насыщения I_0), и соответствует полному собиранию на электродах ионизационной камеры всех образовавшихся ионов. Этот участок является рабочей областью ионизационной камеры.

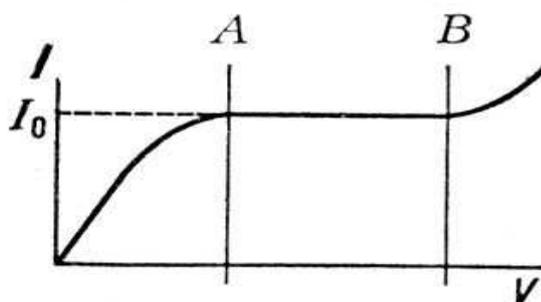


Рис. 2. Вольтамперная характеристика ионизационной камеры

Ионизационные камеры позволяют исследовать ионизацию короткопробежных, высокоактивных частиц, способных полностью затормозиться в межэлектродном пространстве (альфа-частицы, осколки делящихся ядер). Для измерения радиоактивных излучений малой интенсивности используется газоразрядный счетчик.

Газоразрядный счетчик представляет собой полый герметичный металлический или стеклянный цилиндр, заполненный разреженной смесью инертных газов (аргон, неон) с некоторыми добавками, улучшающими работу счетчика (пары спирта). Внутри цилиндра (рис. 3), вдоль его оси, натянута тонкая металлическая нить 4 (анод), изолированная от цилиндра. Катодом 2 служит металлический корпус или тонкий слой металла, нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянного корпуса счетчика. К аноду и катоду подается напряжение в несколько сот вольт.

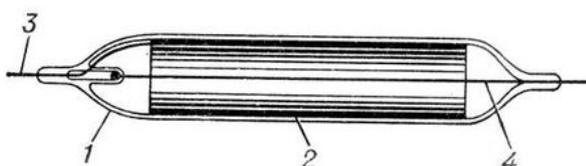


Рис. 3. Схема стеклянного счетчика Гейгера-Мюллера:

1 – герметическая запаянная стеклянная трубка; 2 – катод (тонкий слой меди на трубке; 3 – вывод катода; 4 –анод (тонкая натянутая нить).

Если в рабочем объеме счетчика нет свободных электронов, то в цепи счетчика электрического тока также не будет. При воздействии ионизирующих излучений в рабочем объеме счетчика образуются заряженные частицы. Электроны, двигаясь в электрическом поле к аноду счетчика, площадь которого значительно меньше площади катода, приобретают кинетическую энергию, достаточную для дополнительной ионизации атомов газовой среды. Выбитые при этом электроны также производят ионизацию. Таким образом, одна частица радиоактивного излучения, попавшая в объем смеси газового счетчика, вызывает образование лавины свободных электронов. На нити счетчика собирается большое количество электронов. В результате этого положительный потенциал резко уменьшается и возникает электрический импульс.

Электрические импульсы во внешней цепи, возникающие при вспышках разряда в счетчике, усиливаются и регистрируются счетчиком или пересчетной схемой.



Рис. 4. Счетная характеристика счетчика Гейгера-Мюллера

На рис. 4 приведена счетная характеристика счетчика Гейгера-Мюллера, где отмечена зависимость числа регистрируемых в единицу времени импульсов N от приложенного к счетчику напряжения V . Рабочий участок характеристики (область Гейгера) имеет протяженность от нескольких десятков вольт до нескольких сотен вольт. В области Гейгера число отсчетов практически равно числу ионизирующих частиц (квантов) попадающих в счетчик. Регистрируя количество импульсов тока, возникающих в единицу времени, можно судить об интенсивности ионизирующих излучений.

Рассмотренный выше метод регистрации ионизирующих излучений нашел широкое применение в приборах радиационной разведки и дозиметрического контроля. По табелю в невоенизированных формированиях гражданской обороны имеются два вида таких приборов: дозиметры и радиометры.

Дозиметр — это прибор, позволяющий измерять дозу облучения, полученную человеком при нахождении на загрязненной местности или во время работы с источниками радиоактивных излучений. Различают четыре вида доз облучения: экспозиционная, поглощенная, эквивалентная и эффективная.

Экспозиционная доза облучения характеризует степень ионизации воздушной среды при воздействии гамма-и рентгеновского излучения. Определяется отношением суммарного заряда ионов одного знака, образовавшихся в

объеме воздуха при облучении его ионизирующим излучением, к массе воздуха в данном объеме.

Поглощенная доза облучения определяется величиной энергии ионизирующего излучения поглощенной массой любого вещества.

Эквивалентная и эффективная дозы введены для оценки воздействия ионизирующего излучения на организм человека. Первая доза учитывает вид радиоактивного излучения на организм человека. Эффективная доза учитывает риск облучения отдельного органа (ткани) человека к риску облучения всего организма.

Радиометр предназначен для измерения уровня радиации или мощности экспозиционной дозы облучения. Объектами измерений радиометрами могут быть: продукты питания, вода, местность и другие материалы, которые подверглись радиоактивному заражению.

Под мощностью любой дозы облучения понимают изменение дозы во времени. Единицами мощностей доз облучения могут быть: Рентген/час, Грей/секунда и т.д.

Краткая характеристика доз облучения, единицы их измерения, соотношения между единицами измерения приведены в прил. 1.

1.2. Измерители мощности экспозиционной дозы облучения

Измерители мощности приборы ДП – 5А (Б), ДП – 5В и др. предназначены для измерения уровней радиации на местности и радиоактивного заражения различных предметов. Комплектность прибора ДП-5В представлена на рис.5.

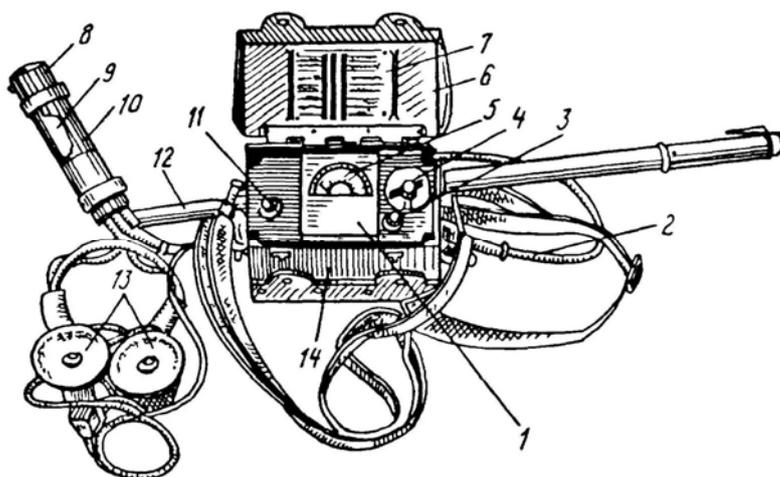


Рис. 5. Измеритель мощности экспозиционной дозы ДП – 5В:

1 – измерительный пульт; 2 – соединительный кабель; 3 – кнопка сброса показаний; 4 – переключатель поддиапазонов; 5 – микроамперметр; 6 – крышка футляра прибора; 7 – таблица допустимых значений заражения объектов; 8 – блок детектирования; 9 – поворотный экран; 10 – контрольный источник; 11 – выключатель подсчета шкалы микроамперметра; 12 – удлинительная штанга; 13 – головные телефоны; 14 – футляр.

Прибор состоит из измерительного пульта 1, блока детектирования 8 (зонда в ДП – 5А (Б)), соединенных с пультом гибким кабелем 2; контрольного стронциево-иттриевого источника бета-излучения 10 для проверки работоспособности прибора.

Примечание. Контрольный источник у ДП – 5А (Б) размещается с внутренней стороны крышки футляра, а у ДП – 5В на блоке детектирования.

На панели измерительного пульта размещаются: микроамперметр 5 с двумя измерительными шкалами; переключатель поддиапазонов 4; кнопка сброса показаний 3; выключатель подсвета шкалы 11; головные телефоны 13. Внизу кожуха имеется отсек для размещения источников питания.

Приборы ДП – 5А (Б) и ДП – 5В имеют шесть поддиапазонов измерений (табл. 1). Отсчет показаний приборов производится по нижней шкале микроамперметра в Р/ч, по верхней шкале – в мР/ч с последующим умножением на соответствующий коэффициент поддиапазона.

Таблица 1. Поддиапазоны измерений и их значения

Поддиапазоны	Положение ручки переключателя поддиапазоны	Шкала	Единица измерения	Пределы измерений	Время установления показателей, с
I	200	0 – 200	Р/ч	5 – 200	10
II	X 1000	0 – 5	мР/ч	500 – 5000	10
III	X 100	0 – 5	мР/ч	50 – 500	30
IV	X 10	0 – 5	мР/ч	5 – 50	45
V	X 1	0 – 5	мР/ч	0,5 – 5	45
VI	X 0,1	0 – 5	мР/ч	0,05 – 0,5	45

Приборы имеют звуковую индикацию на всех поддиапазонах, кроме первого. Звуковая индикация прослушивается с помощью головных телефонов.

Названные приборы дают возможность обнаружения также бета-излучения.

Зонд или блок детектирования 8 представляют собой стальной цилиндрический корпус с окном для прохождения бета-частиц. На корпус надет металлический поворотный экран 9, который фиксируется в двух положениях («Г» и «Б») на зонде и в трех положениях («Г», «Б» и «К») на блоке детектирования. В положении «Г» окно корпуса закрывается экраном и в счетчик могут проникать только гамма-лучи. При повороте экрана в положение «Б» окно корпуса открывается и бета-частицы проникают к счетчику. В положении «К» контрольный источник 10 бета-излучения устанавливается против окна и проверяется работоспособность прибора ДП – 5В.

На корпусах зонда и блока детектирования имеются по два выступа, с помощью которых они устанавливаются на обследуемые поверхности при индикации бета-излучений. Внутри корпуса находится плата, на которой смонтированы газоразрядные счетчики и электрическая схема.

Телефон 13 подключается к измерительному пульту и фиксирует наличие радиоактивных излучений.

Подготовка прибора к работе:

- вынуть из футляра зонд или блок детектирования и присоединить ручку к зонду, а к блоку детектирования – удлинительную штангу 12;
- включить прибор, установив ручки переключателей поддиапазонов в положение: «Реж.» ДП-5А и «▲» (контроль режима); ДП-5В стрелка прибора должна установиться в режимном секторе; в ДП-5А с помощью ручки потенциометра стрелку прибора установить в режимном секторе на «▼»;
- провести проверку работоспособности приборов с помощью контрольных источников кроме первого поддиапазона («200»). Для этого необходимо:
 - подключить телефоны; экраны зонда и блока детектирования установить в положения «Б» и «К» соответственно;
 - в приборе ДП-5А открыть контрольный бета-источник и установить зонд опорными выступами на крышку футляра так, чтобы источник находился против открытого окна зонда;
 - переключатель поддиапазонов последовательно установить в положения « $\times 1000$ », « $\times 100$ », « $\times 10$ », « $\times 1$ » и « $\times 0,1$ ». При этом стрелка прибора должна отклоняться и прослушиваться щелчки в телефонах;

Примечание. Стрелка микроамперметра должна зашкаливать на V и VI поддиапазонах, отклоняться на VI, а на II и III может не отклоняться из-за недостаточной активности контрольного бета-источника.

- ручку переключателей поддиапазонов установить в положение «Выкл.» ДП – 5А и «▲» – ДП – 5В;
- нажать кнопку «Сброс»; повернуть экран в положение «Г». Прибор готов к работе.

1.3. Измерители экспозиционной дозы облучения ДП – 24 (ДП – 22В)

Измерители ДП – 24 (ДП – 22В) предназначены для контроля экспозиционных доз гамма-облучения, получаемых людьми при нахождении на зараженной радиоактивными веществами местности или при работе с источниками ионизирующих излучений. В комплект прибора ДП – 24 (рис.6) входят зарядное устройство 1 и пять индивидуальных дозиметров карманных прямопоказывающих 2 типа ДКП – 50А.

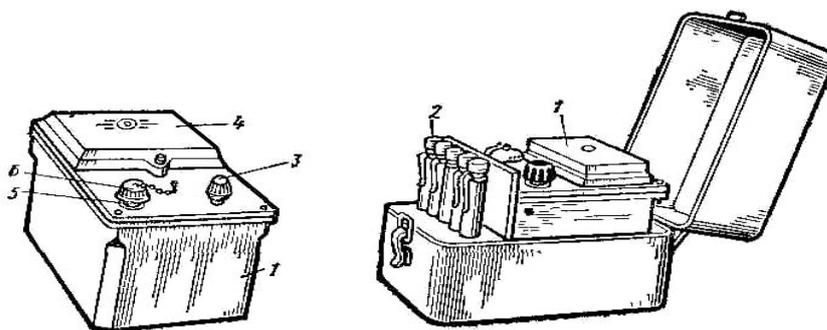


Рис. 6. Комплект измерителей дозы ДП – 24:

1 – зарядное устройство ЗД-5; 2 – измерители дозы ДКП – 50А; 3 – ручка потенциометра; 4 – крышка отсека питания; 5 – гнездо «заряд»; 6 – колпачок.

Зарядное устройство ЗД-5 предназначено для зарядки дозиметров ДКП –50А. В корпусе ЗД – 5 размещены: преобразователь напряжения, выпрямитель высокого напряжения, потенциометр – регулятор напряжения и элементы питания. На верхней панели устройства находятся: ручка потенциометра 3, зарядное гнездо 5 с колпачком 6 и крышка отсека питания 4.

Дозиметр карманный прямопоказывающий ДКП – 50А предназначен для измерения экспозиционных доз гамма-излучения. Конструктивно он выполнен в форме авторучки (рис.7).

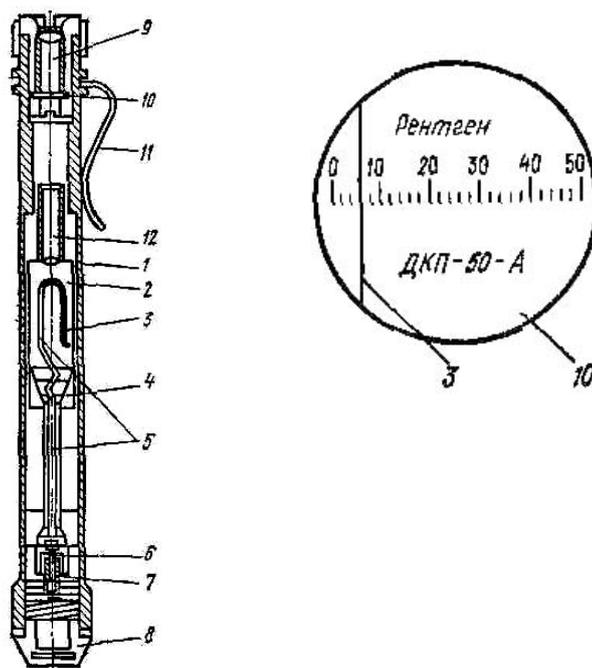


Рис. 7. Измеритель дозы ДКП – 50А:

1 – корпус дозиметра; 2 – ионизационная камера; 3 – подвижная платинированная нить; 4 – конденсатор; 5 – внутренний электрод; 6 – подвижный контактный штырь; 7 – диафрагма; 8 – защитная оправа; 9 – окуляр; 10 – шкала; 11 – держатель; 12 – объектив.

Дозиметр состоит из дюралевого корпуса 1, в котором расположены ионизационная камера с конденсатором, электроскоп, отсчетное устройство и зарядная часть.

Основной частью дозиметра является малогабаритная ионизационная камера 2, к которой подключен конденсатор 4 с электроскопом. В камере размещены два электрода (внешний и внутренний). Внешним электродом является дюралевый корпус 1; внутренним электродом – алюминиевый стержень 5. Электроскоп образует изогнутая часть внутреннего электрода (держатель), к которому приклеена платинированная визирная нить (подвижный элемент) 3.

В передней части корпуса расположено отсчетное устройство – микроскоп с 90-кратным увеличением. Микроскоп состоит из окуляра 9, объектива

12, шкалы 10, имеющей 25 делений (от 0 до 50). Цена одного деления соответствует двум рентгенам. Шкала и окуляр крепятся гайкой.

В задней части корпуса находится зарядная часть, состоящая из диафрагмы 7 с подвижным контактными штырем 6. При нажатии штырь 6 замыкается с внутренним электродом ионизационной камеры. При снятии нагрузки контактный штырь диафрагмой возвращается в исходное положение. Зарядную часть дозиметра предохраняет от загрязнения защитная оправа 8. Дозиметр крепится к карману одежды с помощью держателя 11.

Принцип действия дозиметра подобен действию электроскопа. В процессе зарядки дозиметра визирная нить 3 электроскопа отклоняется от внутреннего электрода 5 под влиянием сил электростатического отталкивания. Отклонение нити зависит от приложенного напряжения. Приложенное напряжение при зарядке регулируют и величину его подбирают так, чтобы изображение визирной нити совместилось с нулем шкалы отсчетного устройства.

При воздействии гамма-излучения на заряженный дозиметр в рабочем объеме камеры возникает ионизационный ток. Ионизационный ток уменьшает первоначальный заряд конденсатора и камеры, а, следовательно, и потенциал внутреннего электрода. Изменение потенциала, измеряемого электроскопом, пропорционально экспозиционной дозе гамма-излучения. Но изменение потенциала внутреннего электрода приводит к уменьшению сил электростатического отталкивания между визирной нитью и держателем электроскопа. В результате визирная нить сближается с держателем, а изображение ее перемещается по шкале отсчетного устройства. Держа дозиметр против света и наблюдая через окуляр за нитью, можно произвести отсчет полученной экспозиционной дозы облучения.

Комплект измерителей дозы ИД-1 предназначен для измерения поглощенных доз гамма-нейтронного излучения. Он состоит из индивидуальных дозиметров ИД-1 и зарядного устройства ЗД-6. Принцип работы дозиметра ИД-1 аналогичен принципу работы дозиметров ДКП-50А.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Измерение мощности экспозиционной дозы на различных поверхностях и объектах с помощью приборов типа ДП-5

Знания достоверных данных о радиоактивном заражении, полученные с помощью дозиметрических приборов, позволяют выбрать наиболее целесообразные варианты действий, исключающих или способствующих уменьшению радиационных потерь среди населения.

Измерение мощности экспозиционной дозы производится в следующей последовательности:

- а) экран зонда (блока детектирования) установить в положение «Г»;
- б) переключатель поддиапазонов на измерительном пульте устанавливается в одном из положений, при котором стрелка отклоняется в пределах шкалы (табл.1);

в) выбирается место контроля радиоактивного загрязнения объекта (объект при этом должен находиться на расстоянии 15-20 м от места измерения);

г) на месте нахождения обследуемого объекта измеряется мощность экспозиционной дозы гамма-фона (P_{ϕ});

д) на месте измерения гамма-фона устанавливается обследуемый объект;

е) перемещая зонд (блок детектирования) на высоте 1,5-2,0 см от поверхности обследуемого объекта отыскивается наиболее зараженный участок по наибольшей частоте сигнала в телефонах прибора;

ж) производится отсчет показаний прибора с учетом коэффициента поддиапазона ($P_{изм}$);

з) рассчитывается значение загрязнения поверхности обследуемого объекта ($P_{об}$) из выражения

$$P_{об} = P_{изм} - P_{\phi} / K_3 ,$$

где P_{ϕ} – мощность экспозиционной дозы гамма-фона;

K_3 - коэффициент, учитывающий экранирующее действие объекта, определяемый по таблицам.

Примечание. Коэффициент экранирующего действия для автомобилей, станков и прочего оборудования составляет $K=1,5$; для людей и животных $K=1,2$; для мелких объектов $K=1$.

Для измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучений на местности необходимо:

а) подготовить прибор для работы (методика подготовки прибора такая же, как и при измерении загрязненных поверхностей объектов);

б) при измерении уровня радиации экран зонда должен находиться на высоте 0,7-1,0 м от поверхности земли.

Для измерения степени радиоактивного заражения воды и продуктов питания берутся пробы и производятся измерения в защитном сооружении или помещении. Измерения производятся по вышеизложенной методике.

На крышке футляра прибора приведены сведения о допустимых нормах радиоактивного заражения и указаны поддиапазоны, на которых они измеряются.

Обнаружение бета-излучения производится в следующей последовательности:

а) установить экран зонда (блока детектирования) в положение «Б»;

б) зонд поднести к обследуемой поверхности на расстоянии 1,5-2,0 см;

в) ручку переключателя поддиапазонов последовательно устанавливать в положения «X0,1», «X1», «X10» до получения отклонения стрелки прибора в пределах шкалы;

г) установить экран зонда (блока детектирования) в положение «Г»;

д) произвести измерения гамма-излучения на обследуемой поверхности;

е) разность результатов измерений указывает на наличие бета-излучения.

Обнаружение загрязненности по бета-излучению чаще требуется для того, чтобы определить, на какой стороне брезентовых тентов кузовов автомобилей (стенок тарных ящиков, кухонных емкостей, стен и т.п.) находятся радионуклиды. Если стенка обследуемого объекта загрязнена по бета-излучению лишь с

одной стороны, то наличие такого загрязнения будет обнаружено только с этой стороны.

2.2. Измерение экспозиционной дозы облучения с помощью приборов ДП-24 (-22В)

Контроль за облучением населения, находящегося на загрязненной местности, производится с помощью дозиметров типа ДКП-50А, входящих в состав приборов ДП-24 (-22В). Дозиметр ДКП-50А обеспечивает измерение индивидуальных экспозиционных доз гамма-излучения в диапазоне от 2 до 50 Р.

Дозиметры, выдаваемые населению, готовятся к работе в следующем порядке:

- отвинтить защитную оправу дозиметра (пробку со стеклом) и защитный колпачок зарядного гнезда ЗД-5;
- ручку потенциометра зарядного устройства повернуть влево до отказа;
- дозиметр вставить в зарядное гнездо зарядного устройства, при этом включается подсветка зарядного гнезда;
- наблюдая в окуляр, слегка нажать на дозиметр и, поворачивая ручку потенциометра вправо, установить нить на нуль шкалы;
- вынуть дозиметр из зарядного гнезда и проверить положение нити на свет: ее изображение должно быть на отметке «0»;
- завернуть защитную оправу дозиметра и колпачок зарядного гнезда.

Дозиметр готов к работе.

Величину накопленной экспозиционной дозы облучения определяют по положению нити на шкале отсчетного устройства. Цена одного деления шкалы соответствует двум рентгенам. Отсчет необходимо производить при вертикальном положении нити, чтобы исключить влияние на показание дозиметра прогиба нити от веса.

2.3. Расчет экспозиционной и эквивалентной доз облучения и их мощностей

Территория Республики Беларусь загрязнена радиоактивными веществами в 1986 году в результате катастрофы на четвертом реакторе Чернобыльской атомной электростанции. В результате катастрофы в окружающую среду было выброшено радиоактивных изотопов, суммарная активность которых составила $5 \cdot 10^{18}$ беккерелей.

В настоящее время на радиационную обстановку в республике оказывают наибольшее влияние изотопы: цезий-137, стронций-90 и плутоний-239. Последние два изотопа имеют место только в двух южных районах Гомельской области. Большая часть территории республики загрязнена цезием-137, имеющим период полураспада 30 лет.

ЗАДАНИЕ

Рассчитать значения экспозиционной и эквивалентной доз облучения, а также их мощностей в одном из населенных пунктов Республики Беларусь через один год после катастрофы на Чернобыльской АЭС и на время проведения

лабораторного занятия. При расчете считать, что населенные пункты загрязнены цезием-137, а естественный фон в них составляет 20 мкР/ч.

Определить поддиапазон прибора типа ДП-5, в котором он должен показать рассчитанные значения мощностей экспозиционных доз облучения и положение нити на шкале ДКП-50А.

Примечание. Номер варианта выдается преподавателем (табл.2).

Исходными данными для расчетов являются:

а) карта радиационной обстановки Республики Беларусь. На карте уровни загрязнения указаны в единицах измерения поверхностной активности, т.е. в кюри на квадратный километр ($\text{Ки}/\text{км}^2$). Мощность экспозиционной дозы измеряется в рентгенах в час (Р/ч). Кроме того, шкалы приборов типа ДП-5 проградуированы также в Р/ч. В связи с этим следует знать, что 1 $\text{Ки}/\text{км}^2$ эквивалентен 15 мкР/час, а 1 мкР/ч создает эквивалентную дозу облучения, равную 0,05 мЗв в год.;

Таблица 2

	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
Населенный пункт Республики Беларусь	Брагин	Наровля	Речица	Улясы (заповедник)	Хойники

б) график снижения уровня загрязнения цезием-137 в течение периода полураспада (прил.2).

На основании исходных данных расчет производят в следующей последовательности:

а) по карте радиационной обстановки республики определяется уровень загрязнения в указанном населенном пункте ($\text{Ки}/\text{км}^2$);

б) перевести единицы измерения поверхностной активности в единицы измерения мощностей экспозиционной и эквивалентной доз облучения (п.а в исходных данных);

в) определить номер поддиапазона прибора типа ДП-5 для рассчитанной мощности экспозиционной дозы облучения и положение нити на шкале ДКП-50А;

г) по графику (прил.2) определить уровень загрязнения того же населенного пункта на время проведения лабораторного занятия и рассчитать мощность экспозиционной и эквивалентную дозы облучения;

д) на основании полученных данных сделать выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить основные методы выявления и оценки ионизирующих излучений.

2. Сущность ионизационного способа регистрации ионизирующих излучений.

3. Сущность способа регистрации ионизирующих излучений в приборе типа ДП-5.
4. Понятие экспозиционной дозы облучения, единицы ее измерения.
5. Что учитывает коэффициент качества облучения в эквивалентной дозе и единицы измерения этой дозы?
6. Понятие поглощенной дозы облучения, единицы ее измерения.
7. Что учитывает взвешенный коэффициент в эффективной дозе облучения, единицы измерения этой дозы?
8. Понятие мощности доз облучения и единицы их измерения.
9. Почему максимальное значение шкалы в ДКП-50А не превышает 50 рентген?

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Иванов. Курс дозиметрии. М.: Атомиздат, 1978.
2. В.Ф. Козлов. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Г.Р. Львов. Чернобыль: анатомия взрыва//Наука и жизнь №12, 1989.
4. Технические описания приборов типа ДП-5 и ДП-22(-24).

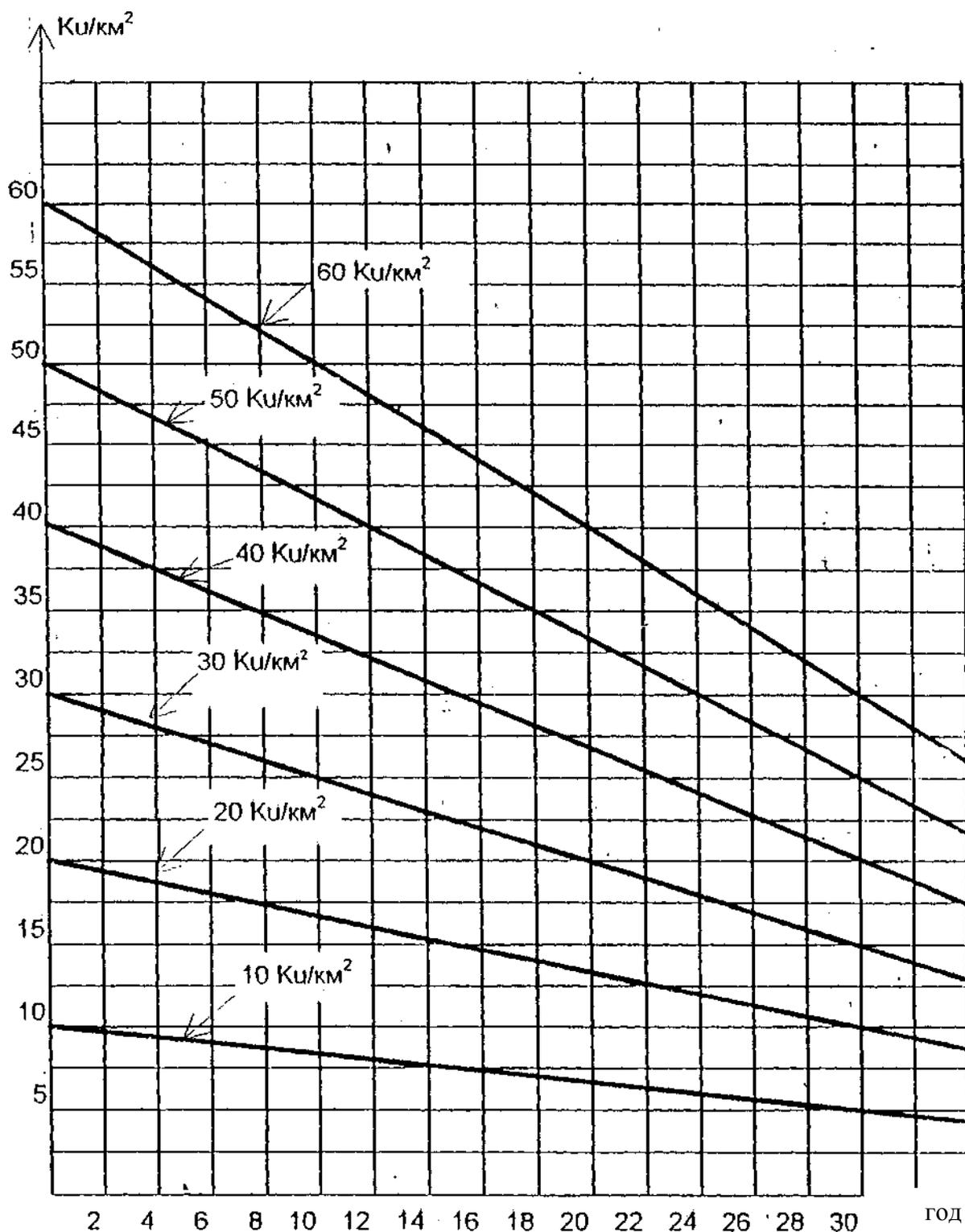
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Единицы измерений радиоактивности, доз облучения и их соотношения

№ п/п	Наименование	Единицы измерения в СИ	Внесистемные единицы измерения и их соотношения
1	Активность «А» (характеризует интенсивность распада ядер в веществе)	Беккерель(Бк)- 1 распад в секунду	Кюри (Ки) 1 Ки=3,7*10 ¹⁰ Бк
2	Экспозиционная доза «Х» (характеризует степень ионизации воздуха гамма-излучением)	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р) 1Кл/кг=3,876 Р
3	Поглощенная доза «Д» (характеризует энергию ионизирующего излучения, поглощаемую в 1 кг массы любого вещества)	Грей (Гр) 1 Дж/кг-1 Гр	Рад 1 Гр= 100 рад
4	Эквивалентная доза «Н» (учитывает вид ионизирующего излучения, воздействующего на биоткань) и оценивается выражением $H = D * k$, где k-коэффициент качества облучения, определяемый по таблице: $K_{\gamma, \beta} = 1; K_n = 10; K_{\alpha} = 20$	Зиверт (Зв)	Бэр 100 бэр=1 Зв
5	Эффективная доза $H_{эф}$ (учитывает какой орган человеческого организма подвергается воздействию ионизирующего излучения); оценивается выражением: $H_{эф} = H_i * W_i$, где H_i – среднее значение эквивалентной дозы облучения в i-ом органе (ткани); W_i – взвешивающий коэффициент, равный отношению риска эффекта облучения данного органа (ткани) к суммарному риску облучения всего организма. Значения W_i определяются по таблицам.	Зиверт (Зв)	Бэр 100 бэр=1 Зв

**График снижения уровня загрязнения
в течение периода полураспада цезия-137**



Учебное издание

Асаенок Иван Степанович
Навоша Адам Имполитович
Машкович Александр Иванович
Зацепин Евгений Николаевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ И
ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине
“Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность”
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

:

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра производственной и экологической безопасности

ОЦЕНКА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

Методическое пособие
к практическим занятиям по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2003

УДК 621.039.553.5(075.8)
ББК 68.69я73
О-93

А в т о р ы:
И.С. Асаёнок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, К.Д. Яшин

Оценка ионизирующих излучений и методы защиты от них: Метод.
О-93 пособие к практ. занятиям по дисц. «Защита населения и хозяйственных
объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для
студ. всех спец. и всех форм обуч. БГУИР/ И.С. Асаёнок, А.И. Навоша,
А.И. Машкович, К.Д. Яшин. – Мн.: БГУИР, 2003. – 40 с.

ISBN 985-444-551-8.

Методическое пособие содержит краткие сведения о радиоактивных веществах, видах излучения ядер и процессах их взаимодействия с веществом, дозовых характеристиках ионизирующих излучений и единицах их измерения. Приведены примеры решения задач с использованием изложенных методик и варианты задач для самостоятельной работы. В приложениях приведены справочные материалы, необходимые для решения задач. Пособие предназначено для практических занятий.

УДК
621.039.553.5(075.8)
ББК 68.69я73

ISBN 985-444-551-8

© Коллектив авторов, 2003
© БГУИР, 2003

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные понятия о радиоактивности.....	79
Примеры решения задач.....	83
Задачи для самостоятельной работы.....	84
Контрольные вопросы.....	86
2. Прохождение ионизирующих излучений через вещество и защита от них.....	87
Примеры решения задач.....	90
Задачи для самостоятельной работы.....	92
Контрольные вопросы.....	94
3. Дозиметрические величины и их единицы.....	95
Примеры решения задач.....	98
Задачи для самостоятельной работы.....	99
Контрольные вопросы.....	101
Литература.....	102
Приложения.....	103

1. Основные понятия о радиоактивности

Во многих областях практической деятельности человека используются источники ионизирующих излучений. Непрерывно расширяется сфера их применения в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, научных исследованиях. Растет круг лиц, постоянно работающих с источниками и полями ионизирующих излучений. Всё это приводит к возрастанию потенциальной радиационной опасности и возможности загрязнения окружающей среды продуктами радиоактивного распада. С последствиями реализации этой потенциальной опасности уже пришлось столкнуться очень большому числу людей.

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в природную среду было выброшено огромное количество радиоактивных веществ. Биосфера Земли – это единый взаимосвязанный организм и отгородиться от заражённых территорий, источников радиоактивности, перекрыть все пути их поступления в организм человека невозможно. Однако уменьшение степени воздействия – задача разрешимая.

Важнейшую роль в этом должна сыграть широкая информированность населения республики, понимание потенциальной опасности радиоактивного заражения и путей защиты от воздействия ионизирующих излучений.

Наименьшая частица вещества, сохраняющая химические свойства определенного элемента, называется атомом. Атом состоит из ядра и окружающих его электронов. В свою очередь ядро состоит из элементарных частиц – протонов и нейтронов. Если нейтрон электрически нейтрален, то протон имеет положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду атомного электрона. Атом вещества электрически нейтрален, так как количество протонов в ядре равно числу электронов на орбитах.

Число протонов в ядре называется атомным номером и обозначается буквой Z . Оно совпадает с порядковым номером химического элемента в периодической системе Д.И. Менделеева. Очевидно, что заряд ядра равен $Z \cdot e$, поэтому число Z называется также зарядовым числом ядра.

Нейтрон электрически нейтрален. Протоны и нейтроны объединяют общим названием – нуклоны. Общее число нуклонов в ядре называют массовым числом A_m или атомной массой:

$$A_m = Z + n_e,$$

где n_e – количество нейтронов в ядре.

Чтобы охарактеризовать химический элемент, используют его символ X и указывают атомный номер и массовое число ядра:

$${}^A_m Z X.$$

Например, запись «плутоний-239 ${}^{239}_{94}Pu$ » означает: ядро атома плутония содержит 94 протона и 145 нейтронов ($239-94=145$).

В ядрах атомов одного и того же химического элемента число нейтронов может быть различным, а число протонов постоянное. Элементы, ядра которых содержат одинаковое число протонов, но различное количество нейтронов, называют изотопами. Элементы, ядра которых имеют одно и то же массовое чис-

ло A_m при разных Z , называют изобарами.

Как известно, одноименно заряженные частицы отталкиваются. Поэтому наличие в ядре нескольких положительно заряженных протонов свидетельствует о существовании специфических ядерных сил притяжения, которые преобладают над электрическими силами отталкивания протонов. Эти силы обеспечивают стабильность ядер. Поэтому ядерными силами называются силы, связывающие протоны и нейтроны в ядре.

Измерения ядерных масс показали, что масса ядра M всегда меньше суммы масс составляющих его нуклонов:

$$M < Z \cdot m_p + (A_m - Z) \cdot m_n, \quad (1.1)$$

где m_p и m_n – масса покоя протона и нейтрона соответственно.

Согласно формуле Эйнштейна масса m и энергия E связаны соотношением

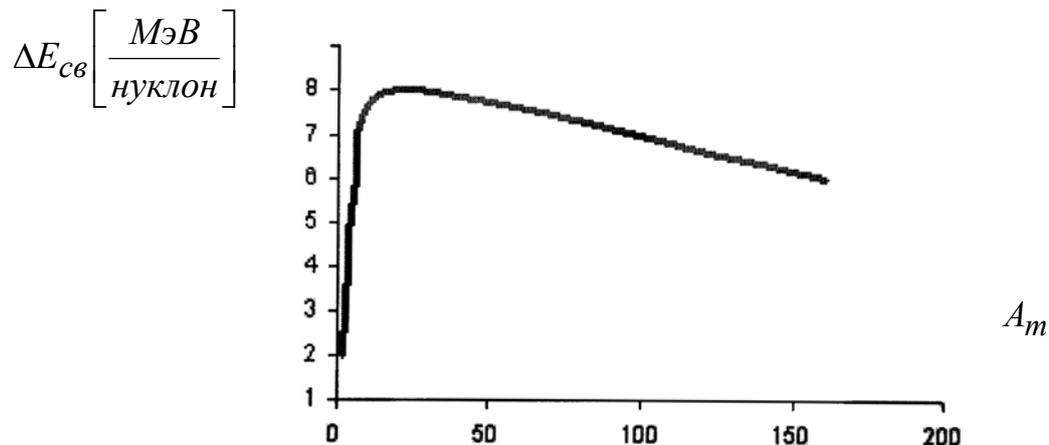
$$E = m \cdot c^2. \quad (1.2)$$

Сопоставляя выражения (1.1) и (1.2), можно сделать вывод, что при образовании ядра выделяется некоторая энергия. Соответственно такое же количество энергии необходимо затратить для разделения ядра на отдельные нуклоны. Энергия связи ядра – это энергия или работа, которую необходимо затратить для расщепления ядра на составляющие его нуклоны без придания им кинетической энергии. Следует подчеркнуть, что энергия связи не содержится в самом ядре. Это энергия, которой не достает ядру по сравнению с суммарной энергией покоя составляющих его нуклонов.

Удельной энергией связи ядра называют энергию связи, приходящуюся на один нуклон, т.е.

$$\Delta E_{св} = E_{св} / A_m. \quad (1.3)$$

Зависимость удельной энергии связи от массового числа A_m для стабильных ядер показана на рисунке:



С увеличением A_m кривая сначала возрастает и выходит на насыщение (примерно 8 МэВ/нуклон) при $A_m=15$. При A_m более 60 кривая медленно спадает. Следовательно, наиболее устойчивыми являются ядра элементов в середине периодической системы, т.е. те, у которых наибольшая удельная энергия

связи.

Энергетически выгодны процессы синтеза лёгких ядер в более тяжёлые и деления тяжёлых ядер на более лёгкие. Примером синтеза лёгких ядер в более тяжёлые с выделением энергии является взрыв водородной бомбы. Деление тяжёлых ядер с выделением энергии используется на АЭС и в ядерном боеприпасе.

Ядро, имеющее наименьшую возможную энергию, равную энергии связи, называют находящимся в основном состоянии. Если ядро имеет энергию $E > E_{мин}$, то говорят о возбуждённом состоянии ядра. Случай, когда $E = 0$, соответствует распаду его на составляющие нуклоны. Следовательно, ядра атомов могут быть неустойчивыми. Такие неустойчивые ядра имеются в радиоактивных веществах.

Вещество является радиоактивным, если оно содержит радионуклиды и в нем идет процесс радиоактивного распада. Под радионуклидом понимают радиоактивное ядро с присущими ему Z и A_m . Процесс самопроизвольного превращения неустойчивых ядер одного химического элемента в ядра другого элемента сопровождается испусканием элементарных частиц или излучением квантов энергии. Интенсивность данного процесса не поддается управлению и определяется исключительно индивидуальными физическими свойствами самих радионуклидов.

Самопроизвольный распад атомных ядер подчиняется закону

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1.4)$$

где N – количество ядер в объёме вещества в момент времени t ;

N_0 – количество ядер в данном объёме вещества в момент времени $t = 0$;

λ – постоянная распада.

Постоянная λ имеет смысл вероятности распада ядер за единицу времени. Это отношение доли ядер dN/N , распадающихся за интервал времени dt , к этому интервалу времени:

$$\lambda = (1/N)(dN/dt). \quad (1.5)$$

Для характеристики устойчивости ядер к распаду пользуются понятием периода полураспада $T_{1/2}$. Он равен времени, в течение которого исходное количество радионуклидов данного вещества уменьшается в 2 раза, т.е. $N = 1/2 N_0$.

Связь между $T_{1/2}$ и λ вытекает из выражения (1.4). Если $e^{-\lambda t} = 1/2$, то

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda. \quad (1.6)$$

Процесс радиоактивного распада сопровождается выделением энергии. При этом выполняются законы сохранения энергии, электрического заряда и другие законы материального мира.

Число распадов ядер данного препарата в единицу времени характеризует активность вещества. Согласно выражению (1.4) активность определяется величиной

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N_0 e^{-\lambda t}, \text{ или } A = A_0 e^{-\lambda t}, \quad (1.7)$$

где $A_0 = \lambda N_0$ – радиоактивность вещества в начальный момент времени.

Из сравнения выражений (1.4) и (1.7) следует, что активность вещества с течением времени падает по экспоненциальному закону радиоактивного распада, но в любой момент времени её уровень существенно зависит от начальной активности:

$$A_0 = \lambda N_0 = (\ln 2 / T_{1/2}) N_0 = (0,693 / T_{1/2}) N_0.$$

За единицу измерения активности в системе СИ принят беккерель (Бк). Это активность данного количества вещества, при котором за одну секунду происходит один распад. Эта единица активности мала, поэтому используют кратные ей единицы килобеккерель (кБк) и мегабеккерель (МБк). Широкое распространение получила внесистемная единица активности кюри (Ки). 1 Ки равен $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в секунду. Такой активностью обладает один грамм радия, в котором за одну секунду происходит 37 млрд распадов. Легко получить взаимосвязь между единицами активности: 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Массу m радионуклида активностью A можно определить из выражения

$$m = k \cdot A_m \cdot T_{1/2} \cdot A, \quad (1.8)$$

где k – константа, зависящая от избранных единиц измерения;

A_m – атомная масса радионуклида.

Если период полураспада задан в сутках, активность – в беккерелях, а масса – в граммах, то

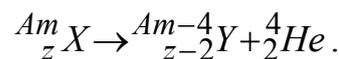
$$k = 2,07 \cdot 10^{-19}.$$

Если радионуклиды распределены по объёму вещества, то его активность определяют в единицах объёма, т.е. объёмная радиоактивность A_V – Бк/м³ или Ки/км³.

Если радионуклиды распределены по поверхности, то ее характеризуют активностью единицы поверхности, т.е. поверхностной радиоактивностью A_s , Бк/м² или Ки/км². Аналогично можно вывести удельную активность в расчете на массу.

По проникающей способности радиоактивные излучения подразделяют на три основных вида: альфа-, бета- и гамма-излучения.

Альфа-излучением (распадом) называется самопроизвольное испускание радиоактивным ядром альфа-частиц, представляющих собой ядра гелия (${}^4_2\text{He}$). Распад протекает по схеме



Как видно из схемы, атомный номер дочернего ядра (Y) уменьшается на две единицы. Заряд альфа-частиц положительный. Обособлению этой группы нуклонов способствует насыщение ядерных сил, так что сформировавшаяся альфа-частица подвержена меньшему действию ядерных сил притяжения, чем отдельные нуклоны.

Альфа-частицы характеризуют двумя основными параметрами: длиной

пробега (в воздухе до 9 см, в биологической ткани до 52 мкм) и кинетической энергией E_α , изменяющейся от 2 до 9 МэВ.

Бета-распад объединяет два основных вида ядерных превращений: электронный (β^-) и позитронный (β^+) распад. При первом виде превращений ядро испускает электрон и антинейтрино (при β^- распаде), а при втором – позитрон и нейтрино (при β^+ распаде). Электрон (позитрон) и антинейтрино (нейтрино) не существуют в атомных ядрах. Они образуются в результате ядерной реакции в ядре. Нуклоны в радиоактивных ядрах нестабильны и в процессе реакции преобразуются в другие виды частиц.

Бета-частицы характеризуют теми же двумя параметрами, что и альфа-частицы. Так как масса альфа-частицы в несколько раз больше бета-частицы, то длина пробега последней больше (в воздухе до 20 м, а в биологической ткани до 3 мм). Для бета-распада величина кинетической энергии заключена в области от 15 кэВ до 15 МэВ.

Гамма-излучением называется электромагнитное излучение, энергия которого высвобождается при переходе ядер из возбужденного в основное или менее возбужденное состояние, а также при ядерных реакциях. Длина волны гамма-излучения не превышает 0,1 нанометра. Процесс гамма-излучения не является самостоятельным типом радиоактивности, так как происходит без изменения массового и зарядового чисел ядра.

Примеры решения задач

Задача 1. Начальная активность A кобальта-60 (^{60}Co) составляла 10^9 Бк. Рассчитать активность A этого вещества через 5 лет.

Решение.

1. Из прил. 1 находим период полураспада кобальта-60. Он составляет $T_{1/2} = 5,27$ года.

2. Определяем активность этого вещества через 5 лет из выражения (1.7):

$$A = A_0 e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}} = 10^9 e^{-\frac{0,693 \cdot 5}{5,27}} = 0,52 \cdot 10^9 \text{ (Бк)}.$$

Задача 2. Определить активность пробы, содержащей изотопы рутения-103 (^{103}Ru) и рутения-106 (^{106}Ru), массой 32,6 и 120 граммов, соответственно.

Решение.

1. Из прил. 1 находим периоды полураспада рутения-103 и -106. Они составляют

$$T_{1/2}(^{103}\text{Ru}) = 39,3 \text{ сут}; \quad T_{1/2}(^{106}\text{Ru}) = 365 \text{ сут}.$$

2. Определяем активность рутения-103 и 106 из выражения (1.8):

$$A_{103} = \frac{m_{103}}{k \cdot A_m \cdot T_{1/2}} = \frac{32,6}{2,07 \cdot 10^{-19} \cdot 103 \cdot 39,3} = 3,9 \cdot 10^{16} \text{ (Бк)};$$

$$A_{106} = \frac{m_{106}}{k \cdot A_m \cdot T_{1/2}} = \frac{120}{2,07 \cdot 10^{-19} \cdot 106 \cdot 365} = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ (Бк)}.$$

Активность пробы определяется из соотношения

$$A_{np} = A_{103} + A_{106} = (3,9 + 1,5) \cdot 10^{16} = 5,4 \cdot 10^{16} \text{ (Бк)}.$$

Задача 3. Поверхностная активность загрязненной местности As составляет 40 Ки/км². Определить плотность потока частиц Φ на площади 1 см², если выход частиц на распад равен 1.

Решение.

Плотность потока частиц оценивается выражением

$$\Phi = A_s \cdot S \text{ [распадов в секунду]},$$

где A_s – поверхностная активность загрязненной местности;

S – площадь загрязненной местности.

Тогда $\Phi = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 40 \cdot 1 = 148$ (распадов в секунду).

Задача 4. Начальная активность радия-226 (²²⁶Ra) составляет 10¹² Бк. Рассчитать число радиоактивных ядер этого вещества через 1000 лет.

Решение.

1. Из прил. 1 находим период полураспада радия-226. Он составляет

$$T_{1/2} = 1600 \text{ лет.}$$

2. Определяем активность радия через 1000 лет по формуле (1.7):

$$A = A_0 e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}} = 10^{12} e^{-\frac{0,693 \cdot 1000}{1600}} = 0,65 \cdot 10^{12} \text{ (Бк)}.$$

3. Рассчитываем число радиоактивных ядер из выражения

$$A = \lambda N,$$

где A – активность вещества;

λ – постоянная распада;

N – число радиоактивных ядер в веществе.

Тогда

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \cdot T_{1/2}}{0,693} = \frac{0,65 \cdot 10^{12} \cdot 1600 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{0,693} = 4,8 \cdot 10^{22} \text{ (ядер)}.$$

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1. Начальная активность вещества M составляет A₀ Бк. Рассчитать активность этого вещества через t лет. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество М	Цезий ^{134}Cs	Радий ^{226}Ra	Европий ^{154}Eu	Калий ^{40}Ka	Стронций ^{90}Sr	Цезий ^{137}Cs
A_0 , Бк	10^{10}	10^9	10^8	10^7	10^6	10^{11}
Время t, лет	0,5	1400	12	25	20	27

Окончание табл. 1.1

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество М	Натрий ^{22}Na	Плутоний ^{239}Pu	Радий ^{226}Ra	Рутений ^{106}Ru	Теллур ^{204}Tl	Цинк ^{65}Zn
A_0 , Бк	10^5	10^6	10^8	10^{12}	10^{11}	10^9
Время t, лет	1,5	15 000	1200	0,5	2,5	0,4

Задача 2. Начальная активность вещества М составляет A_0 Бк. Рассчитать число радиоактивных ядер этого вещества через t лет. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество М	Прометий ^{145}Pm	Рутений ^{106}Ru	Натрий ^{22}Na	Плутоний ^{239}Pu	Европий ^{154}Eu	Цезий ^{137}Cs
A_0 , Бк	10^8	10^7	10^9	10^6	10^7	10^8
Время t, лет	2,0	0,5	1,6	22 500	8,5	20

Окончание табл. 1.2

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество М	Кобальт ^{60}Co	Стронций ^{90}Sr	Цинк ^{65}Zn	Теллур ^{204}Tl	Калий ^{40}Ka	Цезий ^{134}Cs
A_0 , Бк	10^6	10^8	10^6	10^8	10^7	10^9
Время t, лет	2,6	10,5	0,3	2,5	25	1,5

Задача 3. Поверхностная активность загрязненной местности составляет A_s , Ки/км². Рассчитать плотность потока частиц Φ на площади S, если выход частиц на распад равен 1. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
A_s , Ки/км ²	40	20	10	5	15	80
S, см ²	1	5	100	40	10 000	800

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
As, Ку/км ²	60	5	45	12	28	90
S, см ²	150	800	20	60	2000	4000

Задача 4. Рассчитать активность пробы $A_{\text{пр}}$, содержащей изотопы веществ M_1 и M_2 , массой m_1 и m_2 граммов, соответственно. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество M_1	Бром ^{82}Br	Лантан ^{140}La	Цинк ^{65}Zn	Йод ^{131}I	Марганец ^{52}Mn	Полоний ^{210}Po
Масса m_1 , г	25,2	30,5	125	40,5	115	212
Вещество M_2	Йод ^{131}I	Полоний ^{210}Po	Марганец ^{52}Mn	Рутений ^{103}Ru	Полоний ^{210}Po	Бром ^{82}Br
Масса m_2 , г	50,5	895	170	85,6	205	2,6

Окончание табл. 1.4

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество M_1	Мышьяк ^{74}As	Рутений ^{103}Ru	Медь ^{64}Cu	Бром ^{82}Br	Йод ^{131}I	Полоний ^{210}Po
Масса m_1 , г	25,3	35,4	150	16,5	41,3	12,8
Вещество M_2	Лантан ^{140}La	Полоний ^{210}Po	Рутений ^{106}Ru	Рутений ^{103}Ru	Полоний ^{210}Po	Цинк ^{65}Zn
Масса m_2 , г	60,5	4,2	695	8,7	758	694

Контрольные вопросы

1. Поясните, из каких элементарных частиц состоит атом любого вещества и что показывает порядковый номер в таблице Д.И. Менделеева.
2. Какие силы в атомном ядре удерживают положительно заряженные протоны?
3. Что понимают под изотопами и изобарами; в чем отличие этих элементов друг от друга?
4. Поясните, что понимают под удельной энергией связи ядра и в чем ее отличие от энергии связи ядра.
5. Какие вещества называют радиоактивными и что понимают под радионуклидом?
6. Что характеризует постоянная распада радиоактивного вещества?
7. Поясните, что такое период полураспада радиоактивного вещества.
8. Какая связь существует между периодом полураспада и постоянной распада радиоактивного вещества?

9. Поясните, что такое активность радиоактивного вещества и дайте характеристику единиц ее измерения.

10. Что такое объемная и поверхностная радиоактивность, единицы их измерения?

11. Перечислите основные виды излучений радиоактивных ядер.

12. Дайте характеристику альфа-распада радиоактивного ядра.

13. Назовите виды бета-распадов радиоактивного ядра и их сущность.

14. Дайте характеристику гамма-лучей и поясните, в чем их отличие от альфа- и бета-излучений.

2. Прохождение ионизирующих излучений через вещество и защита от них

При прохождении ионизирующего излучения через вещество (среду) имеет место передача энергии веществу. Основным процессом передачи энергии является ионизация. Для заряженных частиц характерна постепенная передача энергии в процессе многократного столкновения с электронами и ядрами вещества.

Альфа-частицы, проходя через вещество (среду), взаимодействуют с электронами атомов вещества. Процесс взаимодействия альфа-частиц с ядрами вещества маловероятен, так как, во-первых, масса ядра атомов вещества значительно больше массы частицы, во-вторых, ядро и альфа-частица имеют одинаковый (положительный) электрический заряд. В процессе столкновения альфа-частицы с ядром она отклоняется на практически незначительный угол. Следовательно, путь альфа-частицы в веществе (среде) практически прямолинеен. При взаимодействии альфа-частицы с атомными электронами вещества имеет место потеря этой частицей кинетической энергии. Получив кинетическую энергию, один или несколько атомных электронов уходят с орбит и атом становится ионом. Если полученной энергии недостаточно, то атомные электроны смещаются на другие орбиты и атом возбуждается. И в том, и в другом случае потери энергии альфа-частицей называют ионизационными.

Если концентрация электронов в веществе равна n_e , то потери энергии альфа-частицей (ионизационные потери) в результате ее взаимодействия со всеми встречающимися на пути электронами будут определяться величиной $-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион}}$ – уменьшением энергии частицы на единице пути. Ионизационные потери характеризуются величиной средних потерь энергии альфа-частицы на единице пути. Эти потери оцениваются выражением

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион}} \approx \frac{z_\alpha^2 n_e}{V_\alpha^2}, \quad (2.1)$$

где z_α – заряд альфа-частицы;

n_e – концентрация электронов в веществе;

V_α – скорость движения альфа-частицы.

В результате экспериментальных данных установлен ряд эмпирических

соотношений между энергией альфа-частицы и ее пробегом. Пробег альфа-частицы (R_α , см) с энергией E_0 до 9 МэВ в воздухе определяется из соотношения

$$R_\alpha = 1,24E_0 - 2,62 \text{ (см)}. \quad (2.2)$$

Для веществ, отличающихся от воздуха, пробег альфа-частицы оценивается выражением

$$R_\alpha = \frac{10^{-4} \sqrt{A_m E_0^3}}{\rho_x} \text{ [см]}, \quad (2.3)$$

где A_m – атомная масса вещества;

E_0 – энергия альфа-частицы, МэВ;

ρ_x – плотность вещества, г/см³.

Так как пробег альфа-частиц незначителен (в воздухе до 9 см, в биологических тканях десятки микрометров), то защита от внешнего облучения не является проблемой. Для защиты от альфа-частиц достаточен слой воздуха в несколько сантиметров. Также применяют экраны из плексигласа и стекла толщиной в несколько миллиметров.

Процесс прохождения бета-частиц через вещество более сложный, так как энергия этих частиц расходуется не только на ионизационные, но и радиационные потери, а также на их рассеяние.

Ионизационные потери кинетической энергии бета-частицей рассчитываются из выражения (2.1).

При взаимодействии бета-частицы с ядром атома вещества имеют место радиационные потери, которые определяются из выражения (2.1, но с заменой индексов α на индекс β)

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{rad} \approx \frac{z_\beta^2}{m_\beta^2}, \quad (2.4)$$

где m_β – масса бета-частицы.

Кроме того, за счет заряда ядра вокруг него создается кулоновское поле. Кулоновские силы пропорциональны заряду ядра. Под действием кулоновских сил заряженная бета-частица, имея малую массу, получает ускорение. Согласно классической электродинамике любая заряженная частица, движущаяся с ускорением, излучает электромагнитные волны, интенсивность которых пропорциональна квадрату ускорения частицы. Это излучение ускоренной бета-частицы называют тормозным, а длина его волны соответствует длине волны рентгеновского излучения. Потери на тормозное излучение пропорциональны заряду ядра. Поэтому для тяжёлых элементов они более существенны, чем для легких. Отсюда следует, что вклад тормозного излучения в полную потерю энергии бета-частицы возрастает с увеличением её кинетической энергии в тяжёлых веществах.

Для оценки максимального пробега бета-частицы в воздухе (R_β) исполь-

зуют эмпирическое соотношение

$$R_{\beta} \geq 4,1E_0 \text{ [м]}, \quad (2.5)$$

где E_0 – кинетическая энергия бета-частицы (МэВ). Приблизительно пробег бета-частицы в любом веществе (R_{β}) оценивается выражением

$$R_{\beta} = \frac{R_{\beta}(z/A_m)_{\beta}}{(zA_m)_{\beta}}, \quad (2.6)$$

где z – атомный (зарядный) номер вещества;

A_m – атомная масса вещества.

Для защиты от бета-частиц применяются комбинированные экраны, которые изготавливаются из материалов с малой и большой атомной массой. Материалы с малой атомной массой дают наименьшее тормозное излучение. При использовании экранов для защиты из таких материалов, возникает высокоинтенсивное излучение малоэнергетических квантов, а при применении экранов из тяжелых материалов возникают кванты больших энергий, но меньшей интенсивности. При этом, со стороны источника излучения располагают материал с малой атомной массой, а за ним – с большой. Возникающие в материале внутреннего экрана кванты с малой энергией поглощаются в дополнительном экране из материала с большой атомной массой.

Гамма- и рентгеновское излучение представляют собой электромагнитные волны. Для этих видов излучения не существует понятий пробега и потерь энергии на единицу пути. Гамма-лучи, проходя через вещество, взаимодействуют как с электронами, так и с ядрами атомов вещества. В результате взаимодействия интенсивность лучей уменьшается. Для однородного вещества ослабление лучей происходит по экспоненциальному закону:

$$I = I_0 e^{-\mu d}, \quad (2.7)$$

где I – интенсивность лучей после прохождения слоя вещества (поглотителя) толщиной d ;

I_0 – начальная интенсивность гамма-лучей;

μ – линейный коэффициент ослабления, определяемый по таблицам.

Под интенсивностью понимается произведение энергии гамма-кванта на число гамма-квантов, падающих каждую секунду на поглотитель. Линейный коэффициент (μ , см^{-1}) зависит от энергии излучения и свойств поглощающего материала. Массовый коэффициент ослабления (μ_m) связан с линейным соотношением

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} [\text{см}^2/\text{г}], \quad (2.8)$$

где ρ – плотность поглощающего материала, $\text{г}/\text{см}^3$.

Толщину слоя вещества, необходимую для уменьшения интенсивности энергии гамма-излучения в два раза, называют слоем половинного ослабления ($\Delta_{1/2}$). Из закона поглощения получим

$$\Delta_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}. \quad (2.9)$$

Для защиты от гамма-излучений применяют экраны из материалов с большой атомной массой и высокой плотностью (свинец, вольфрам и др.).

Прежде чем использовать тот или другой материал для экрана, проводят расчет толщины защитного слоя. Эффективность экранов оценивают кратностью ослабления (К). Кратность ослабления рассчитывают из выражения

$$K = \frac{X}{X_D}, \text{ или } K = \frac{P_x}{P_{x_D}}, \quad (2.10)$$

где X или P_x – величина экспозиционной дозы или мощность экспозиционной дозы в данной точке при отсутствии экрана;

X_D или P_{x_D} – то же, но при наличии экрана.

Примеры решения задач

Задача 1. Рассчитать пробег альфа-частиц в воздухе и алюминии в зависимости от энергии частиц $E_0 = 4,5$ МэВ. Плотность алюминия $\rho = 2,7$ г/см³, а атомная масса $A_m = 27$.

Решение.

1. Определяем пробег альфа-частиц в воздухе из соотношения (2.2):

$$R_\alpha = 1,24 \cdot E_0 - 2,62 = 1,24 \cdot 4,5 - 2,62 = 2,96 \text{ (см)}.$$

2. Определяем пробег альфа-частиц в алюминии из выражения (2.3):

$$R_\alpha = \frac{10^{-4} \sqrt{A_m E_0^3}}{\rho_x} = \frac{10^{-4} \sqrt{27 \cdot 91,125}}{2,7} = \frac{10^{-4} \cdot 49,6}{2,7} = 18,37 \cdot 10^{-4} \text{ (см)}.$$

Задача 2. На свинцовую пластину падает поток гамма-квантов с энергией 1 МэВ. После прохождения пластины интенсивность потока уменьшается на 10%. Определить толщину пластины, слой половинного ослабления и массовый коэффициент ослабления свинца для гамма-квантов этой энергии.

Решение.

1. Из прил. 2 находим плотность свинца и значение линейного коэффициента ослабления для $E_\gamma = 1$ МэВ. Они равны 11,3 и 0,789 г/см³, соответственно.

Толщину пластины определим из закона поглощения (2.7):

$$d = \frac{\ln(I_0 / I)}{\mu} = \frac{\ln(1/0,9)}{0,789} \approx 0,14 \text{ (см)}.$$

2. Из равенства (2.9) следует, что

$$\Delta_{1/2} = \frac{0,693}{0,789} \approx 0,87 \text{ (см)}.$$

3. Определим массовый коэффициент ослабления из соотношения (2.8):

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,789}{11,3} \approx 0,07 \text{ (см}^2\text{/г)}.$$

Задача 3. Рассчитать толщину стен помещения из бетона, в котором раз-

мещается источник излучения кобальт-60 активностью 3 Ки; энергия излучения $E_0 = 0,1$ МэВ. Расстояние от источника излучения до лиц (не связанных с работой источника), находящихся в соседнем помещении, 5 метров.

Решение.

1. Определяем мощность экспозиционной дозы P_x по формуле

$$P_x = \frac{AK_\gamma}{R^2},$$

где A – активность источника излучения;

K_γ – гамма-постоянная радионуклида, определяемая по прил. 1;

R – расстояние от источника до рабочего места.

Гамма-постоянная равна мощности экспозиционной дозы, создаваемой гамма-излучением точечного радионуклидного источника активностью 1 мКи на расстоянии 1 см от него. Гамма-постоянная выражается в $\text{P}\cdot\text{см}^2 / (\text{мКи}\cdot\text{ч})$.

Тогда
$$P_x = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 12,93}{2,5 \cdot 10^5} = 0,155 \text{ (P/ч)}.$$

2. Рассчитываем кратность ослабления из выражения (2.10):

$$K = \frac{P_x}{P_{x\Pi\Pi}}$$

где $P_{x\Pi\Pi}$ – предел дозы, который согласно нормам радиационной безопасности составляет 0,057 мбэр/ч.

Тогда
$$K = \frac{0,155 \cdot 10^3}{0,057} = 2,7 \cdot 10^3.$$

По графику (прил. 3) определяем толщину стен помещения, которая составит примерно 18 см.

Задача 4. Мощность экспозиционной дозы без защиты на рабочем месте равна $P_x = 280$ мР/ч. Рассчитать толщину защиты из железа, если источником излучения является цезий-137 ($E_\gamma = 0,662$ МэВ), а время работы 25 часов в неделю.

Решение.

1. Рассчитаем предельно допустимую мощность экспозиционной дозы $P_{x\Pi\Pi}$ из выражения

$$P_{x\Pi\Pi} = \frac{100}{t},$$

где t – время работы в неделю, ч.

Тогда
$$P_{x\Pi\Pi} = \frac{100}{25} \text{ (мР/ч)}.$$

2. Определяем кратность ослабления из выражения (2.10):

$$K = \frac{P_x}{P_{x_{\text{ПД}}}} = \frac{280}{4} = 70.$$

3. Из прил. 2 находим линейный коэффициент ослабления гамма-излучения при $E_\gamma = 0,662$ МэВ. Он равен 0,57.

4. Рассчитаем толщину защиты d из железа, используя соотношение

$$d = \frac{\ln K}{\mu} = \frac{\ln 70}{0,57} \approx 7,5 \text{ (см)}.$$

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1. На пластину М падает поток гамма-квантов с энергией E_0 , МэВ. После прохождения пластины интенсивность потока уменьшается на $n\%$. Определить толщину пластины, слой половинного ослабления и массовый коэффициент ослабления пластины для гамма-квантов этой энергии. Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Пластина М	Алюминий	Бетон	Железо	Медь	Олово	Свинец
Энергия E_0 , МэВ	1,0	0,5	1,25	1,5	0,4	1,0
n , %	25	20	30	50	10	15

Окончание табл. 2.1

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Пластина М	Алюминий	Бетон	Железо	Медь	Олово	Свинец
Энергия E_0 , МэВ	1,5	1,25	2,0	1,25	1,0	2,0
n , %	40	20	60	20	10	50

Задача 2. Рассчитать пробег альфа-частиц в веществе (среде) N в зависимости от их энергии E_0 и плотности вещества ρ_x . Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество (среда), N	Алюминий	Воздух	Алюминий	Воздух	Алюминий	Воздух
Энергия E_0 , МэВ	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0
ρ_x , г/см ³	2,7	1,0	2,7	1,0	2,7	1,0

Окончание табл. 2.2

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество (среда), N	Алюминий	Воздух	Алюминий	Воздух	Алюминий	Воздух
Энергия E_0 , МэВ	7,0	7,0	8,0	8,0	8,5	8,5
ρ_x , г/см ³	2,7	1,0	2,7	1,0	2,7	1,0

Задача 3 Мощность экспозиционной дозы без защиты на рабочем месте равна P_x , мР/ч. Рассчитать толщину защиты из вещества M , если источником является цезий-137 (E_γ , МэВ), а время работы t часов в неделю. Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество M	Алюминий	Бетон	Железо	Медь	Олово	Свинец
Энергия E_γ , МэВ	0,662	0,6	0,8	1,0	0,5	1,25
Время работы, t	7	10	13	5	10	11
P_x , мР/ч	280	220	140	250	240	220

Окончание табл. 2.3

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество M	Алюминий	Бетон	Железо	Медь	Олово	Свинец
Энергия E_γ , МэВ	1,0	0,8	1,0	0,662	1,5	0,662
Время работы, t	8	7	4	6	5	9
P_x , мР/ч	240	280	250	320	250	270

Задача 4. Рассчитать толщину стен помещения из бетона, в котором размещается источник излучения N активностью A , энергия излучения которого E_0 МэВ. Расстояние от источника излучения до лиц, находящихся в соседнем помещении (не связанных с работой источника), R метров. Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Источник излучения, N	Натрий ^{22}Na	Йод ^{131}I	Бром ^{82}Br	Мышьяк ^{74}As	Цезий ^{134}Cs	Ртуть ^{203}Hg
Активность источника A , Ки	2	1	3	4	5	6
Энергия излучения E_0 , МэВ	0,1	0,6	0,3	0,2	0,5	0,4
Расст. от ист. до РМ R , м	5	6	7	4	5	4

Окончание табл. 2.4

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Источник излучения, N	Аргон ^{41}Ar	Кобальт ^{60}Co	Цезий ^{137}Cs	Рутений ^{106}Ru	Европий ^{154}Eu	Медь ^{64}Cu
Активность источника A , Ки	1	4	5	3	6	2
Энергия излучения E_0 , МэВ	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,3
Расст. от ист. до РМ R , м	5	7	4	6	7	4

Контрольные вопросы

1. Поясните, в чем сущность взаимодействия альфа-частиц с атомными электронами вещества.
2. Что понимают под ионизационными потерями и от каких трех факторов они зависят?
3. Поясните принцип взаимодействия альфа-частиц с ядрами вещества.
4. Поясните сущность взаимодействия бета-частиц с ядрами вещества.
5. Что понимают под тормозным излучением и при каких видах излучения ядра они имеют место?
6. Что такое радиационные потери и от каких двух факторов они зависят?
7. Поясните, почему при одинаковой кинетической энергии 5 МэВ альфа-частица имеет длину пробега в воздухе до 9 см, а бета-частица – до 20 м.
8. По какому закону уменьшается интенсивность гамма-излучения при прохождении его через вещество?
9. Что понимают под линейным коэффициентом ослабления и в чем его отличие от массового коэффициента?
10. Поясните принцип изготовления защитных экранов от бета-частиц.
11. Каким показателем оценивается эффективность экранов, используемых для защиты от ионизирующих излучений и как он рассчитывается?

3. Дозиметрические величины и их единицы

Первая из характеристик взаимодействия излучения и среды – это ионизационный эффект. В начальный период развития радиационной дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространяющимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры поля излучения использовали степень ионизации воздуха рентгеновских трубок или аппаратов. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название «экспозиционная доза».

Экспозиционная доза определяет ионизационную способность рентгеновского и гамма-излучения и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц, в единице массы атмосферного воздуха. Экспозиционная доза X – это отношение суммарного заряда dQ всех ионов одного знака в элементарном объеме воздуха к массе dm воздуха в этом объеме, т.е.

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (3.1)$$

В системе СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон деленный на килограмм [Кл/кг]. Внесистемная единица – рентген (R). $1R$ соответствует образованию $2,08 \cdot 10^{18}$ пар ионов в 1 см^3 воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст.

Однако при расширении круга известных видов ионизирующего излучения и сфер его приложения оказалось, что мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразия протекающих при этом процессов. Важным из них, дающим начало физико-химическим изменениям в облучаемом веществе и приводящим к определенному радиационному эффекту, является поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. В результате этого возникло понятие «поглощенная доза».

Поглощенная доза показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы любого облучаемого вещества. Если в результате воздействия на любое вещество массой dm поглощается энергия ионизирующего излучения dE , то поглощенная доза определяется выражением

$$D = \frac{dE}{dm}. \quad (3.2)$$

За единицу поглощенной дозы в системе СИ принят грей (Gr). Это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж. Внесистемной единицей поглощения дозы является рад.

$$1 Gr = 100 \text{ рад}.$$

Эквивалентная доза отличается от поглощенной тем, что она учитывает особенности радиационного эффекта в биологической ткани. Этот эффект при одной и той же поглощенной дозе D может быть весьма различным в зависимости от того, каким видом излучения производится воздействие на ткань. Ука-

занные особенности разрушительного воздействия на конкретный вид ткани установлены эмпирически. Они численно оцениваются усредненным коэффициентом качества облучения \bar{k} (табл. 3.1), что позволяет определить эквивалентную дозу H выражением

$$H = \bar{k} D. \quad (3.3)$$

Для излучений, \bar{k} которых равны единице, $H=D$. За единицу эквивалентной дозы в системе СИ принят зиверт (Зв). 1 зиверт равен такой эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества облучения составляет 1 Дж/кг в биологической ткани стандартного состава. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{Зв} = 100 \text{бэр}.$$

Таблица 3.1

Значения \bar{k} для некоторых видов излучения

Вид излучения	\bar{k}
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Бета-излучение (электроны и позитроны)	1
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
Альфа-излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Нейтроны с энергией 0,1...10 МэВ	10
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3

Эффективная эквивалентная доза введена для оценки опасности для всего организма при облучении отдельных органов и тканей, которые имеют неодинаковую восприимчивость к ионизирующим излучениям. Эффективная эквивалентная доза облучения оценивается соотношением

$$H_{эф} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i, \quad (3.4)$$

где W_i – взвешивающий коэффициент, характеризующий степень риска облучения данного органа (ткани) по отношению к суммарному риску облучения всего организма;

H_i – среднее значение эквивалентной дозы облучения в i -м органе или ткани организма.

Взвешивающие коэффициенты (коэффициенты радиационного риска) позволяют определять риск облучения вне зависимости от того, облучается весь организм равномерно или неравномерно. Значения W_i приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Органы ткани	W_i
1	2
Гонады (половые железы)	0,20
Красный костный мозг	0,12
Легкие	0,12

1	2
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных тканей	0,01
Головной мозг	0,025
Остальные ткани	0,05

Сумма взвешивающих коэффициентов W_{Σ} для всего организма

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + \dots + W_i = 1. \quad (3.5)$$

Взвешивающие коэффициенты устанавливаются эмпирически и рассчитываются таким образом, чтобы их сумма для всего организма составляла единицу.

Например, при работе с источником ионизирующего излучения работник получил облучение органов малого таза и нижних конечностей дозой в 300 бэр. Эффективная доза данного излучения составила 84 бэр ($H_{эф} = 300 \cdot 0,25 + 300 \cdot 0,03$).

Как видим, облучение указанных участков тела дозой в 300 бэр вызовет у работника такие же изменения, которые бы у него произошли при облучении всего организма дозой в 84 бэр. При этом облучение только нижних конечностей было бы эквивалентно облучению всего организма дозой в 9 бэр ($300 \cdot 0,03$).

Важной характеристикой ионизирующих излучений является мощность дозы P , которая показывает, какую дозу облучения получает среда или вещество за единицу времени. Мощность любой дозы – это изменение дозы во времени. Она оценивается выражениями

$$P_D = \frac{dD}{dt} \text{ и } P_X = \frac{dX}{dt}, \quad (3.6)$$

где P_D – мощность поглощенной дозы;

P_X – мощность экспозиционной дозы.

Для экспозиционной дозы единицей этой величины являются Кл/(кг·ч); Р/ч; для поглощенной дозы Гр/ч или рад/с.

Аналогичным образом введены понятия мощности других доз ионизирующих излучений.

Мощности поглощенной и экспозиционной доз для точечного источника гамма-излучения можно определить по формулам

$$P_X = \frac{A \cdot K_{\gamma}}{R^2} \text{ и } P_{\dot{A}} = \frac{A \cdot \tilde{A}_{\delta}}{R^2}, \quad (3.7)$$

где A – активность источника излучения;

R – расстояние от источника излучения до рабочего места;

K_{γ} и \tilde{A}_{δ} – соответственно гамма- и керма-постоянные радионуклида, опре-

деляемые по таблице (прил. 1).

Керма-постоянная равна мощности поглощенной дозы в воздухе, создаваемой гамма-излучением точечного радионуклидного источника активностью 1 Бк на расстоянии 1 м от него. Она выражается в $\text{Гр}\cdot\text{м}^2/(\text{Бк}\cdot\text{с})$.

Гамма-постоянная равна мощности экспозиционной дозы, создаваемой гамма-излучением точечного радионуклидного источника активностью 1 мКи на расстоянии 1 см от него. Выражается гамма-постоянная в $\text{Р}\cdot\text{см}^2/(\text{мКи}\cdot\text{ч})$.

С учетом (3.7) поглощенная и экспозиционная дозы, накопленные за время облучения t , равны соответственно

$$D = \frac{A \cdot \Gamma_{\delta} \cdot t}{R^2} \text{ и } X = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot t}{R^2}. \quad (3.8)$$

Примеры решения задач

Задача 1. Определить величину экспозиционной дозы гамма-излучения от точечного источника кобальта-60 (^{60}Co) активностью 10 мКи на расстоянии 0,5 м в течение 1 недели.

Решение.

1. Из прил. 1 определяем период полураспада для кобальта-60. Он равен $T_{1/2}=5,3$ года.

2. Так как период полураспада намного больше времени облучения, то для определения экспозиционной дозы используем выражение (3.8):

$$X = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot t}{R^2} = \frac{10 \cdot 12,93 \cdot 7 \cdot 24}{50^2} = 8,67 (\text{Р}).$$

Задача 2. Определить, какую эквивалентную дозу накопил биологический объект за 7 суток, если он подвергся комбинированному облучению альфа- и бета-частицами, мощности поглощенных доз которых составили 20 и 300 $\text{Гр}/\text{ч}$ соответственно.

Решение.

1. Рассчитываем дозу, полученную биологическим объектом за 7 суток (168 ч) облучения альфа-частицами из соотношения (3.6),

$$D_{\alpha} = P_{\alpha} \cdot t = 20 \cdot 168 = 3360 (\text{Гр}).$$

2. Рассчитываем дозу, полученную биологическим объектом за 7 суток при облучении бета-частицами,

$$D_{\beta} = P_{\beta} \cdot t = 20 \cdot 168 = 50400 (\text{Гр}).$$

3. Определяем эквивалентную дозу, полученную при облучении объекта альфа- и бета-частицами, с учетом коэффициентов качества облучения из выражения (3.3):

$$H = \bar{K}_{\alpha} \cdot D_{\alpha} + \bar{K}_{\beta} \cdot D_{\beta} = 20 \cdot 3360 + 1 \cdot 50400 = 1,18 \cdot 10^5 (\text{Гр}).$$

Задача 3. При работе с источником ионизирующих излучений рабочий получил облучение гонад (половых желез) и клеток костных поверхностей эквивалентной дозой 550 бэр. Определить эффективную эквивалентную дозу облучения. Используя материал прил. 4, сделать выводы о последствиях этого облучения.

Решение.

1. По табл. 3.2 определяем значения взвешивающих коэффициентов для гонад и клеток костных тканей. Они составляют 0,20 и 0,01 соответственно.

2. Определяем эффективную эквивалентную дозу облучения из соотношения (3.4):

$$H_{эф} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i = 550 \cdot 0,20 + 550 \cdot 0,01 = 115,5 \text{ (бэр)}.$$

Выводы: 1. Полученная доза превышает допустимую месячную дозу облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени.

2. Эта же доза вызовет временную стерилизацию мужчин.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1. Определить, какую эквивалентную дозу накопил биологический объект за время t , если он подвергся комбинированному облучению двумя видами излучения, мощности поглощенных доз которых составили $P_{д1}$ и $P_{д2}$ соответственно. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Время облучения t , сут.	4	14	21	15	20	5
Первый вид излучения	Альфа	Гамма	Бета	Протоны	Гамма	Нейтроны до 10 МэВ
$P_{д1}$, Гр/ч	25	30	15	10	8	18
Второй вид излучения	Бета	Протоны	Гамма	Бета	Нейтроны до 10 МэВ	Альфа
$P_{д2}$, Гр/ч	35	20	12	17	15	13

Окончание табл. 3.3

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Время облучения t , сут.	2	3	5	4	6	7
Первый вид излучения	Нейтроны до 10 МэВ	Протоны	Гамма	Альфа	Бета	Гамма
$P_{д1}$, Гр/ч	14	8	17	6	5	3
Второй вид излучения	Гамма	Бета	Нейтроны до 10 МэВ	Гамма	Протоны	Альфа
$P_{д2}$, Гр/ч	24	10	13	12	6	2

Задача 2. Доза, поглощенная в биологической ткани при облучении альфа-частицами, составила D рад. Какой дозе квантового облучения это соответствует по биологическому действию? Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Д, рад	10	64	18	92	56	170

Окончание табл. 3.4

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Д, рад	200	160	360	840	440	320

Задача 3. При работе с источником ионизирующих излучений рабочий получил облучение органов N и M эквивалентной дозой H бэр. Определить эффективную эквивалентную дозу облучения. Используя материал прил. 4, сделать выводы о последствиях этого облучения. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Орган N	Легкие	Головной мозг	Кожа	Щитовидная железа	Гонады	Печень
Орган M	Пищевод	Клетки костных тканей	Клетки костных тканей	Пищевод	Мочевой пузырь	Кожа
H , бэр	500	350	600	550	950	450

Окончание табл. 3.5

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Орган N	Печень	Гонады	Кожа	Легкие	Головной мозг	Щитовидная железа
Орган M	Кожа	Мочевой пузырь	Клетки костных тканей	Пищевод	Клетки костных тканей	Пищевод
H , бэр	1200	1350	2150	1780	1690	1000

Задача 4. Определить величину экспозиционной дозы гамма-излучения от точечного источника радиоактивного вещества N активностью A мКи на расстоянии R метров в течение 1 недели. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество N	Цезий ^{134}Cs	Цезий ^{137}Cs	Кобальт ^{60}Co	Рутений ^{106}Ru	Марганец ^{52}Mn	Европий ^{154}Eu
Активность A , мКи	8	10	6	12	14	9
Расстояние R , м	0,3	0,4	0,5	0,2	0,6	0,4

Окончание табл. 3.6

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество N	Натрий ^{22}Na	Европий ^{154}Eu	Цезий ^{137}Cs	Кобальт ^{60}Co	Цезий ^{134}Cs	Рутений ^{106}Ru
Активность A , мКи	10	12	8	7	12	10
Расстояние R , м	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5

Контрольные вопросы

1. Поясните, что понимают под экспозиционной дозой облучения и назовите единицы ее измерения.
2. Что характеризует поглощенная доза облучения, как она рассчитывается и в каких единицах измеряется?
3. Поясните, что учитывает эквивалентная доза облучения и перечислите единицы ее измерения.
4. С какой целью введена эффективная эквивалентная доза облучения и в чем сущность взвешивающих коэффициентов?
5. Что понимают под мощностью любой дозы облучения и в каких единицах ее измеряют?
6. Перечислите приборы, с помощью которых измеряются дозы облучения.
7. С помощью каких приборов проводится измерение мощности доз облучения?
8. Перечислите приборы, позволяющие измерять активность радиоактивных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаенок И.С., Лубашев Л.П., Навоша А.И. Радиационная безопасность: Учеб. пособие. – Мн.: БГУИР, 2000.
2. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений. – М.: Атомиздат, 1980.
4. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. – Киев: Вищ. шк., 1989.
5. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. – М.: Энергоиздат, 1982.
6. Иванов В.И. Курс дозиметрии. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Люцко А.М. и др. Выжить после Чернобыля. – Мн.: Выш. шк., 1990.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

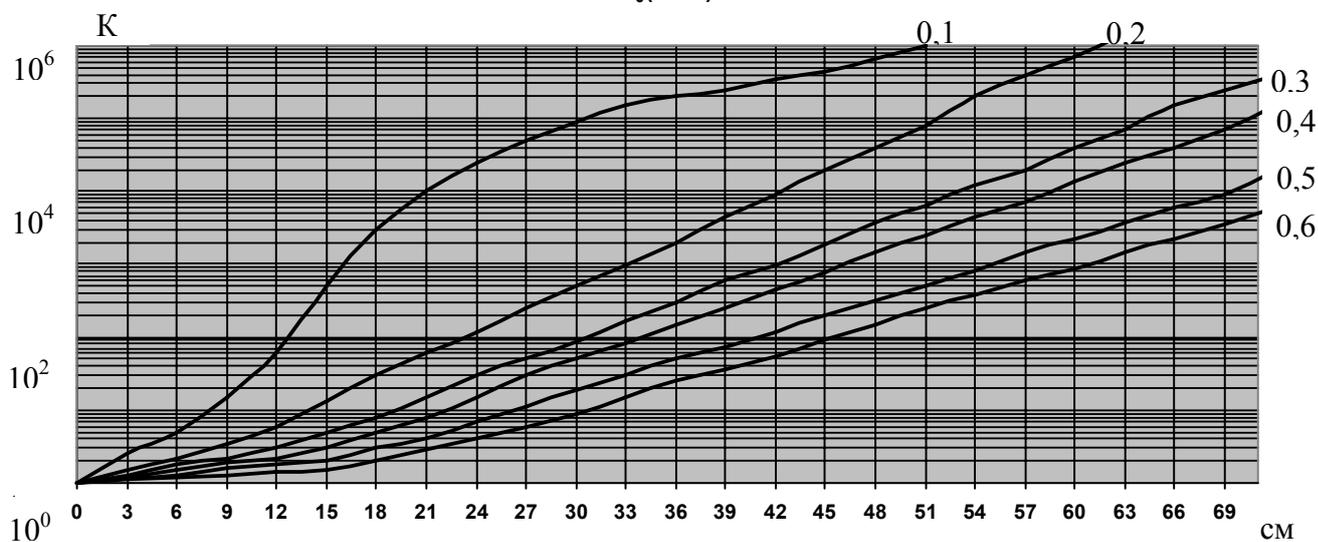
Характеристика радиоактивных веществ

№ п/п	Вещества	Постоянные			T _{1/2}
		Γ_{δ} [$\frac{Гр \cdot м^2}{Бк \cdot с} \cdot 10^{-18}$]	K _γ [$\frac{Р \cdot см^2}{мКи \cdot ч}$]	B _{sy} [$\frac{Зв \cdot м^2}{Бк \cdot с}$]	
1	Аргон-41 (⁴¹ Ar)	43,09	6,6		1,8 ч
2	Бром-82 (⁸² Br)	87,3	14,5		35,3 ч
3	Европий-154 (¹⁵⁴ Eu)	43,04	5,02		16 лет
4	Йод-131 (¹³¹ I)	14,2	2,15	1,93·10 ⁻¹⁶	8,04 сут
5	Калий-40 (⁴⁰ Ka)				30 лет
6	Кобальт-60 (⁶⁰ Co)	84,63	12,93	1,15·10 ⁻¹⁵	5,3 года
7	Лантан-140 (¹⁴⁰ La)	75,6	11,14		40,2 ч
8	Марганец-52 (⁵² Mn)	118,3	18,03		271 сут
9	Марганец-56 (⁵⁶ Mn)	55,8	2,28		2,6 ч
10	Медь-64 (⁶⁴ Cu)	7,42	1,12		12,7 ч
11	Мышьяк-74 (⁷⁴ As)	16,74	4,43		26 ч
12	Натрий-22 (²² Na)	78,02	11,9		2,6 года
13	Натрий-24 (²⁴ Na)	119,4	18,55		15,005 ч
14	Плутоний-239 (²³⁹Pu)			3,73·10 ⁻²⁰	24 300 лет
15	Полоний-210 (²¹⁰ Pl)				138,4 сут
16	Прометий-145 (¹⁴⁵ Pm)				2,6 года
17	Радий-226 (²²⁶ Ra)				1600 лет
18	Ртуть-203 (²⁰³ Hg)				46,8 сут
19	Рутений-103 (¹⁰³ Ru)			2,68·10 ⁻¹⁶	39,3 сут
20	Рутений-106 (¹⁰⁶ Ru)	7,58	1,54	1,03·10 ⁻¹⁶	1 год
21	Стронций-90 (⁹⁰ Sr)				29,12 года
22	Теллур-204 (²⁰⁴ Tl)				3,6 года
23	Цезий-134 (¹³⁴ Cs)	57,44	8,6	7,83·10 ⁻¹⁶	2,06 года
24	Цезий-137 (¹³⁷ Cs)	21,33	3,24	2,91·10 ⁻¹⁶	30 лет
25	Цинк-65 (⁶⁵ Zn)				244 сут

Линейный коэффициент ослабления узкого пучка гамма-излучения, см^{-1}

№ п/п	E_γ , МэВ	Алюминий, $\rho=2,7 \text{ г/см}^3$	Бетон, $\rho=2,35 \text{ г/см}^3$	Железо, $\rho=7,8 \text{ г/см}^3$	Медь, $\rho=8,92 \text{ г/см}^3$	Олово, $\rho=7,28 \text{ г/см}^3$	Свинец, $\rho=11,3 \text{ г/см}^3$
1	0,1	0,456	0,397	2,92	3,702	7,15	62,068
2	0,2	0,329	0,291	1,146	1,293	2,228	10,689
3	0,3	0,281	0,251	0,864	0,945	1,114	4,278
4	0,4	0,250	0,224	0,738	0,813	0,801	2,496
5	0,5	0,228	0,204	0,659	0,728	0,757	1,725
6	0,6	0,210	0,189	0,604	0,668	0,572	1,350
7	0,662	0,200	0,178	0,570	0,642	0,541	1,18
8	0,8	0,184	0,166	0,525	0,582	0,472	0,983
9	1,0	0,166	0,149	0,470	0,522	0,413	0,789
10	1,25	0,148	0,132	0,408	0,474	0,373	0,655
11	1,5	0,135	0,122	0,381	0,426	0,333	0,592
12	2,0	0,117	0,104	0,333	0,373	0,296	0,525
13	3,0	0,0953	0,0853	0,283	0,319	0,266	0,480
14	4,0	0,0837	0,0745	0,259	0,296	0,259	0,478
15	5,0	0,0761	0,0674	0,246	0,284	0,259	0,483
16	6,0	0,0712	0,0630	0,239	0,276	0,261	0,495
17	8,0	0,0650	0,0571	0,231	0,271	0,269	0,521
18	10,0	0,0618	0,0538	0,231	0,273	0,280	0,555

Толщина защиты из бетона ($\rho=2,3 \text{ г/см}^3$)



Значение некоторых доз облучения для населения

№ п/п	Наименование доз облучения	Величины доз и единицы измер.
1	Допустимая разовая доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени	50 бэр
2	Допустимая месячная доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени	100 бэр
3	Допустимая годовая доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени	300 бэр
4	Допустимая накопленная доза облучения при авариях на радиационно опасных объектах	25 бэр
5	Допустимая средняя годовая доза облучения персонала	2 бэр/год
6	Допустимая средняя годовая доза облучения населения	0,1 бэр/год
7	Доза облучения, вызывающая временную стерилизацию мужчин	10 бэр
8	Доза облучения, вызывающая постоянную стерилизацию мужчин	200 бэр
9	Доза облучения, вызывающая постоянную стерилизацию женщин	300 бэр
10	Доза облучения, которую выдерживают почки	2300 бэр
11	Доза облучения, которую выдерживают кости и хрящи	7000 бэр
12	Доза облучения, которую выдерживает печень	4000 бэр
13	Доза облучения, которую выдерживает головной мозг	8000 бэр

Учебное издание

**Асаёнок Иван Степанович,
Навоша Адам Имполитович,
Машкович Александр Иванович,
Яшин Константин Дмитриевич**

ОЦЕНКА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

Методическое пособие
к практическим занятиям по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Редактор Т.Н. Крюкова
Корректор Е.Н. Батурчик
Компьютерная верстка Т.В. Шестакова

Подписано в печать .09.2003.
Печать ризографическая.
Уч.-изд. л. 2,0.

Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Таймс».
Тираж 300 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 357.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.
220013, Минск, П. Бровки, 6

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра производственной и экологической безопасности

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2003

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73
О-93

А в т о р ы :
И.С. Асаёнок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, К.Д. Яшин

Оценка радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях:
Метод.

О-93 пособие для практ. занятий по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» / И.С. Асаёнок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, К.Д. Яшин. – Мн.: БГУИР, 2003. – 18 с.

ISBN 985-444-558-5.

Методическое пособие раскрывает понятия о сущности выявления и оценки радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях. Изложена методика решения и варианты задач для самостоятельной работы. В приложениях приведены справочные материалы.

УДК 621.039. (075.8)
ББК 68.69 я 73

2003
ISBN 985-444-558-5

© Коллектив авторов,
© БГУИР, 2003

Содержание

1.Сущность выявления и оценки радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях.....	107
2.Примеры решения задач.....	109
3.Задачи для самостоятельной работы.....	112
Контрольные вопросы.....	114
Литература.....	114
Приложения.....	115

1. Сущность выявления и оценки радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях

Радиационная обстановка может возникнуть при аварии на радиационно опасном объекте (например, атомной электростанции), а также при ядерном взрыве. Под оценкой радиационной обстановки понимают масштабы и степень радиационного заражения (загрязнения) местности, оказывающее влияние на жизнедеятельность населения и работу хозяйственных объектов.

Радиационная обстановка характеризуется двумя основными параметрами: размерами зон заражения и уровнями радиации.

Выявить радиационную обстановку – это значит: определить и нанести на рабочую карту (схему или план) зоны радиационного заражения и уровни радиации. Выявление радиационной обстановки может проводиться двумя способами: путем прогнозирования (предсказания) и по данным радиационной разведки.

Целью прогнозирования радиационного заражения (загрязнения) местности является установление с определенной степенью достоверности местоположения и размеров зон радиоактивного заражения (загрязнения).

Первый способ применяется штабами гражданской обороны хозяйственных объектов и вышестоящими штабами. Данные прогнозируемой обстановки используются для:

- а) своевременного оповещения населения о чрезвычайных ситуациях;
- б) заблаговременного принятия мер защиты;
- в) своевременной постановки задач на ведение радиационной разведки.

Второй способ применяют командиры невоенизированных формирований, а также штабы гражданской обороны хозяйственных объектов.

Исходные данные для оценки радиационной обстановки добываются подразделениями разведки, то есть: постами радиационного и химического наблюдения; звеньями или группами радиационной и химической разведки, а также из информации, поступающей от соседних и вышестоящих штабов гражданской обороны.

В случае аварии на атомной электростанции исходными данными для оценки обстановки будут являться: тип и мощность реактора; время аварии; реальные измерения мощности доз облучения; метеоусловия.

При ядерном взрыве исходными данными являются: вид, мощность и время взрыва; координаты взрыва; реальные измерения доз облучения; метеоусловия.

После выявления обстановки производится ее оценка. Под оценкой обстановки понимают решение задач по различным действиям невоенизированных формирований гражданской обороны, производственной деятельности хозяйственных объектов и населения в условиях радиационного заражения (загрязнения). Такими задачами могут быть: определение возможных доз облучения при действиях в зонах заражения; определение допустимого времени начала работ в зоне (начала входа в зону) заражения по заданной (допустимой или установленной) дозе облучения; определение

допустимой продолжительности пребывания в зоне заражения по заданной дозе облучения; определение необходимого количества смен для выполнения работ в зоне заражения, и другие.

Определение возможных доз облучения за время пребывания в зоне заражения позволяет оценить степень опасности поражения людей и наметить пути целесообразных действий. С этой целью рассчитанное значение дозы облучения сравнивают с допустимой дозой. Если окажется, что люди получают дозу, превышающую допустимую, то необходимо сократить время пребывания в зоне или начать работы позже. Допустимую дозу облучения для личного состава невоенизированных формирований ($D_{дон}$) устанавливает начальник гражданской обороны хозяйственного объекта, то есть руководитель предприятия.

Допустимая доза по нормам особого периода не должна превышать: при однократном облучении (в течение четырех суток) не более 50 Р; при многократном: в течение месяца – 100 Р, квартала – 200 Р и года – 300 Р.

Для определения экспозиционной дозы облучения в результате аварии на радиационно опасном объекте необходимы данные об уровне загрязнения местности спустя некоторое время после аварии ($P_{изм}$). Затем значение уровня загрязнения местности необходимо выразить через мощность экспозиционной дозы, при условии, что 1 Ки/км² эквивалентен 15 мкР/ч [3]. Рассчитывая величину эквивалентной дозы от внешнего облучения, следует иметь в виду, что 1 мкР/ч создает дозу облучения, равную 0,05 мЗв/год.

Экспозиционную дозу облучения X можно рассчитать из выражения

$$X = \frac{P_x \cdot t_p}{K_{осл}}, \quad (1)$$

где P_x – средний уровень радиации за время t пребывания человека в зоне заражения;

t_p – продолжительность работы, ч;

$K_{осл}$ – коэффициент ослабления радиации, определяемый по прил. 1.

Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне заражения по установленной дозе облучения позволяет оценить целесообразные действия людей на зараженной местности. Для оценки необходимо иметь следующие исходные данные:

а) P_1 – уровень радиации через 1 час после ядерного взрыва, определяемый из выражения

$$P_1 = P_{изм} \cdot K_2, \quad (2)$$

где $P_{изм}$ – измеренный уровень радиации на некоторое время, Р/ч;

K_2 – коэффициент пересчета уровня радиации на некоторое время t , прошедшее после взрыва. Он определяется по таблице, приведенной в прил. 2;

б) t_n – время начала пребывания в зоне заражения, в часах;

в) $D_{дон}$ – допустимая (установленная, заданная) доза облучения, Р.

Вначале рассчитывают относительную величину «а» (ее значение необходимо для вхождения в график) из выражения

$$a = \frac{P_1}{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{осл}}}. \quad (3)$$

Зная значения «а» и время t_n , по графику прил. 3 определяют допустимую продолжительность пребывания людей t_p на зараженной местности.

Определение потребного количества смен для выполнения работ в условиях заражения местности позволяет исключить переоблучение при выполнении заданного объема работ. Для правильного распределения сил и средств по сменам возникает необходимость расчета требуемого количества смен. Требуемое количество смен N определяется делением суммарной дозы облучения X , которая может быть получена за время работ, на допустимую дозу облучения ($D_{\text{дон}}$) для каждой смены, то есть

$$N = \frac{X}{D_{\text{дон}}}. \quad (4)$$

Суммарная доза облучения X рассчитывается по формуле

$$X = \frac{5P_n \cdot t_n - 5P_k \cdot t_k}{K_{\text{осл}}}, \quad (5)$$

где P_n – уровень радиации (Р/ч) в начале пребывания в зоне заражения на время t_n . Этот уровень радиации определяется из выражения

$$P_n = \frac{P_1}{K_2}, \quad (6)$$

где K_2 – коэффициент пересчета на время t_n , определяемый по прил. 2;

P_k – уровень радиации в конце пребывания в зоне заражения на время t_k , определяемое из соотношения

$$t_k = t_n + t_p, \quad (7)$$

где t_p – продолжительность работы, ч.

Затем рассчитывают относительную величину «а» из выражения (3) и, пользуясь графиком (прил. 3), определяют начало и продолжительность работы каждой смены.

2. Примеры решения задач

Задача 1. Определить допустимую продолжительность пребывания рабочих внутри здания цеха, имеющего коэффициент ослабления $K_{\text{осл}} = 10$, если работы начались через 2 часа после ядерного взрыва, а уровень радиации на это время составил 100 Р/ч. Допустимая доза на время работы составляет $D_{\text{дон}} = 25$ Р.

Решение.

1. Определяем уровень радиации через 1 час после взрыва из соотношения (2):

$$P_1 = P_{изм} \cdot K_2 = 100 \cdot 2,3 = 230 \text{ Р/ч.}$$

2. Рассчитываем относительную величину «а» из выражения (3):

$$a = \frac{P_1}{D_{доп} \cdot K_{осл}} = \frac{230}{25 \cdot 10} = 0,9.$$

3. По графику (прил. 3) определяем допустимое время пребывания рабочих внутри здания цеха (для $a = 0,9$ и времени начала облучения 2 часа); оно составит примерно 7,5 часов.

Вывод. В заданных условиях рабочие могут находиться не более 7,5 ч; при этом доза облучения не превысит допустимой (25 Р).

Задача 2. Рабочим предстоит вести работы на открытой местности, загрязненной цезием-137. Загрязнение произошло в результате аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. Уровень загрязнения на указанное время начала работ ($P_{изм}$) составлял 30 Ки/км². Определить экспозиционную дозу облучения, которую получают рабочие от внешнего облучения в течение 10 часов.

Решение.

1. По графику (прил. 4) определяем уровень загрязнения местности на год проведения практического занятия. Он составит 24 Ки/км², т.е.

$$P_{изм} = 24 \text{ Ки/км}^2.$$

2. Выражаем уровень загрязнения местности (Ки/км²) через мощность экспозиционной дозы при условии, что 1 Ки/км² эквивалентен 15 мкР/ч.

Тогда

$$P_x = 24 \cdot 15 = 360 \text{ мкР/ч.}$$

3. Рассчитываем величину экспозиционной дозы облучения, которую получают рабочие за 10 часов работы из выражения (1),

$$X = \frac{P_x \cdot t_p}{K_{осл}} = \frac{360 \cdot 10}{1} = 3600 \text{ мкР} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ мкР.}$$

Задача 3. На объекте через 1 час после ядерного взрыва уровень радиации составил 60 Р/ч. Определить количество смен, требуемое для проведения спасательных и других неотложных работ (СидНР) на открытой местности и продолжительность работы каждой смены, если на выполнение работ требуется 10 часов. Работы начнутся через 1,5 часа после взрыва, а допустимая доза облучения за время работ 30 Р.

Решение.

1. Рассчитываем суммарную дозу облучения за время работы из выражения (5):

$$X = \frac{5P_n \cdot t_n - 5P_k \cdot t_k}{K_{осл}}.$$

а) определяем уровень радиации в начале пребывания в зоне заражения (P_n) на время t_n из выражения (6):

$$P_n = \frac{P_1}{K_2} = \frac{60}{1,63} = 37 \text{ Р/ч};$$

б) определяем уровень радиации в конце пребывания в зоне заражения на время t_k , равное

$$t_k = t_n + t_p,$$

где t_p – продолжительность работы, ч.

Тогда

$$t_k = t_n + t_p = 1,5 + 10 = 11,5 \text{ часов.}$$

Следовательно,

$$P_k = \frac{P_1}{K_2} = \frac{60}{18,89} = 3,2 \text{ Р/ч},$$

так как K_2 для 11,5 часов (прил. 2) составляет 18,89.

Таким образом, суммарная доза облучения составит

$$X = \frac{5 \cdot 37 \cdot 1,5 - 5 \cdot 3,2 \cdot 11,5}{1} = 93,5 \text{ Р.}$$

2. Определяем потребное количество смен (N) из выражения (4):

$$N = \frac{X}{D_{\text{дон}}} = \frac{93,5}{30} \approx 3 \text{ смены.}$$

3. Определяем начало и продолжительность работы каждой смены. С этой целью рассчитываем относительную величину «а» из выражения (3):

$$a = \frac{P_1}{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{осл}}} = \frac{60}{30 \cdot 1} = 2.$$

Начало работы первой смены принимаем $t_{n1} = 1,5$ ч. Тогда продолжительность работы первой смены t_{p1} находим по прил. 3, она составит 1,5 часа.

Начало и продолжительность работы последующих смен:

$$t_{n2} = t_{n1} + t_{p1} = 1,5 + 1,5 = 3 \text{ часа}; t_{p2} = 4 \text{ часа.}$$

$$t_{n3} = t_{n2} + t_{p2} = 3 + 4 = 7 \text{ часов}; t_{p3} = 8 \text{ ч.}$$

Задача 4. Поверхность почвы загрязнена радионуклидом рутений-103 с поверхностной активностью 10 Ки/км². Рассчитать мощность эквивалентной дозы и эквивалентную дозу облучения населения за 1 год.

Решение.

1. Мощность эквивалентной дозы рассчитывается по формуле

$$P_n = A_s \cdot B_{\text{сγ}},$$

где A_s – поверхностная активность радионуклида, Ки/км²;

B_{γ} – дозовый коэффициент для гамма-излучения радионуклидов, определяемый по прил. 5. Этот коэффициент измеряется в $\text{Зв}\cdot\text{м}^2/(\text{Бк}\cdot\text{с})$. Тогда

$$P_n = 3,7 \cdot 10^5 \cdot 2,68 \cdot 10^{-16} = 9,9 \cdot 10^{-11} \text{ Зв/с.}$$

2. Определим эквивалентную дозу облучения из выражения

$$H = P_n \cdot t = 9,9 \cdot 10^{-11} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 31,2 \cdot 10^{-4} \text{ Зв.}$$

3. Задачи для самостоятельной работы

Задача 1. Рабочим предстоит вести работы на открытой местности, загрязненной цезием-137. Загрязнение произошло в результате аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. Уровень загрязнения на время аварии составил $P_{изм}$, $\text{Ки}/\text{км}^2$. Определить экспозиционную дозу облучения, которую получают рабочие от внешнего облучения в течение 36-часовой рабочей недели, работая N недель. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Уровень загрязнения $P_{изм}$, $\text{Ки}/\text{км}^2$	10	25	45	50	15	20
Время работы N, недель	5	7	6	4	8	9

Окончание табл. 1

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Уровень загрязнения $P_{изм}$, $\text{Ки}/\text{км}^2$	30	35	55	60	40	45
Время работы N, недель	20	18	16	14	12	10

Задача 2. Поверхность почвы загрязнена радионуклидом M с поверхностной активностью A_s , $\text{Ки}/\text{км}^2$. Определить мощность эквивалентной дозы и эквивалентную дозу облучения населения за год. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Радионуклид M	Цезий ^{137}Cs	Цезий ^{134}Cs	Кобальт ^{60}Co	Рутений ^{103}Ru	Рутений ^{106}Ru	Йод ^{131}I
Активность A_s , $\text{Ки}/\text{км}^2$	10	5	4	15	20	15

Окончание табл. 2

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Радионуклид М	Плутоний ^{239}Pu	Цезий ^{137}Cs	Кобальт ^{60}Co	Рутений ^{106}Ru	Йод ^{131}I	Цезий ^{134}Cs
Активность A_s , Ки/км ²	40	14	3	25	10	7

Задача 3. Рабочие ведут работы внутри здания цеха, имеющего коэффициент ослабления $K_{осл}$ через t часов после ядерного взрыва. Уровень радиации на t часов составлял $P_{изм}$, Р/ч. На время работы установлена доза $D_{доп}$, Р. Рассчитать допустимое время работы в здании цеха. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Коэффициент ослабления, $K_{осл}$	4	5	7	4	4	6
Время начала работ после взрыва t , ч	1,5	2,0	2,5	2,5	2,0	2,5
Уровень радиации $P_{изм}$, Р/ч	50	45	60	40	65	60
Установленная доза $D_{доп}$, Р	25	20	30	30	25	20

Окончание табл. 3

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Коэффициент ослабления, $K_{осл}$	4	3	4	4	6	3
Время начала работ после взрыва t , ч	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0	2,5
Уровень радиации $P_{изм}$, Р/ч	70	55	65	70	60	40
Установленная доза $D_{доп}$, Р	25	30	20	25	20	30

Задача 4. Определить количество смен, необходимое для проведения спасательных и других неотложных работ на открытой местности и продолжительность работы каждой смены, если на выполнение работ требуется N часов. Работы начнутся через 1,5 часа после взрыва, допустимая доза облучения за время работ $D_{доп}$, Р, а уровень радиации через 1 час после ядерного взрыва составил P_1 Р/ч. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Необходимое время на выполнение работ N , ч	10	12	11	10	9	13
Допустимая доза $D_{доп}$, Р	25	30	35	30	25	30
Уровень радиации на час после взрыва P_1 , Р/ч	50	40	45	55	48	52

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Необходимое время на выполнение работ N , ч	8	10	11	9	10	9
Допустимая доза $D_{дон}$, Р	20	35	30	35	40	30
Уровень радиации на час после взрыва P_1 , Р/ч	48	40	35	40	35	50

Контрольные вопросы

1. Что понимают под радиационной обстановкой и в результате чего она может возникнуть?
2. Перечислите параметры радиационной обстановки и поясните их сущность.
3. Назовите способы оценки радиационной обстановки и поясните их сущность.
4. Поясните цели прогнозируемой радиационной обстановки.
5. Перечислите источники, из которых командиры невоенизированных формирований и штабы гражданской обороны могут получить исходные данные для оценки радиационной обстановки.
6. Назовите перечень исходных данных, необходимых для оценки радиационной обстановки при аварии на атомной электростанции.
7. Назовите перечень исходных данных, необходимых для оценки радиационной обстановки при ядерном взрыве.
8. Что понимают под выявлением и оценкой радиационной обстановки?
9. Кто устанавливает допустимую дозу облучения личному составу формирования на время ведения спасательных работ в очаге ядерного поражения?
10. Перечислите величины допустимых доз облучения, установленных на время чрезвычайных ситуаций, при однократном и многократном облучении.

Литература

1. Асаенок И.С. и др. Радиационная безопасность. Учеб. пособие. – Мн., 2000.
2. Демиденко и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. Киев: Вища школа, 1989.
3. Люцко и др. Выжить после Чернобыля. – Мн.: Выш. шк., 1990.
4. Чернобыльская катастрофа: Причины и последствия (экспертное заключение). В 4 ч. / Под ред. В.Б. Нестеренко, Д.С. Фирсовой – Мн.: Тест, 1993.

Приложения

Приложение 1

Средние значения коэффициента ослабления дозы облучения

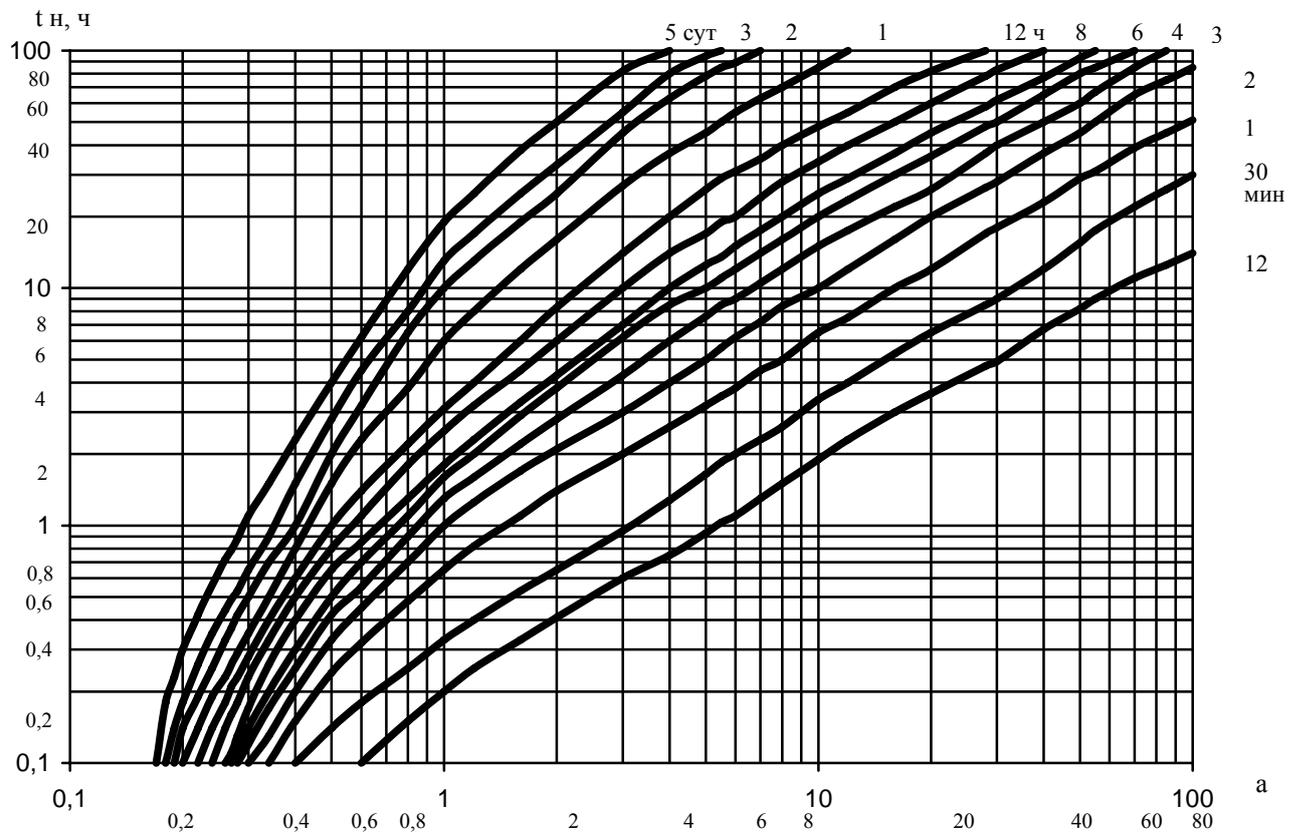
Наименование укрытий, транспортных средств или условия расположения людей	$K_{осл}$
Открытое расположение на местности	1
Транспортные средства	
Автомобили, автобусы, троллейбусы, товарные вагоны	2
Пассажирские вагоны, локомотивы	3
Железнодорожные платформы	1,5
Промышленные и административные здания	
Производственные одноэтажные здания (цеха)	7
Производственные административные трехэтажные здания	6
Жилые каменные дома	
Одноэтажные/подвал	10/40
Двухэтажные/подвал	15/100
Трехэтажные/подвал	20/400
Пятиэтажные/подвал	27/400
Жилые деревянные дома	
Одноэтажные/подвал	2/7
Двухэтажные/подвал	8/12

Приложение 2

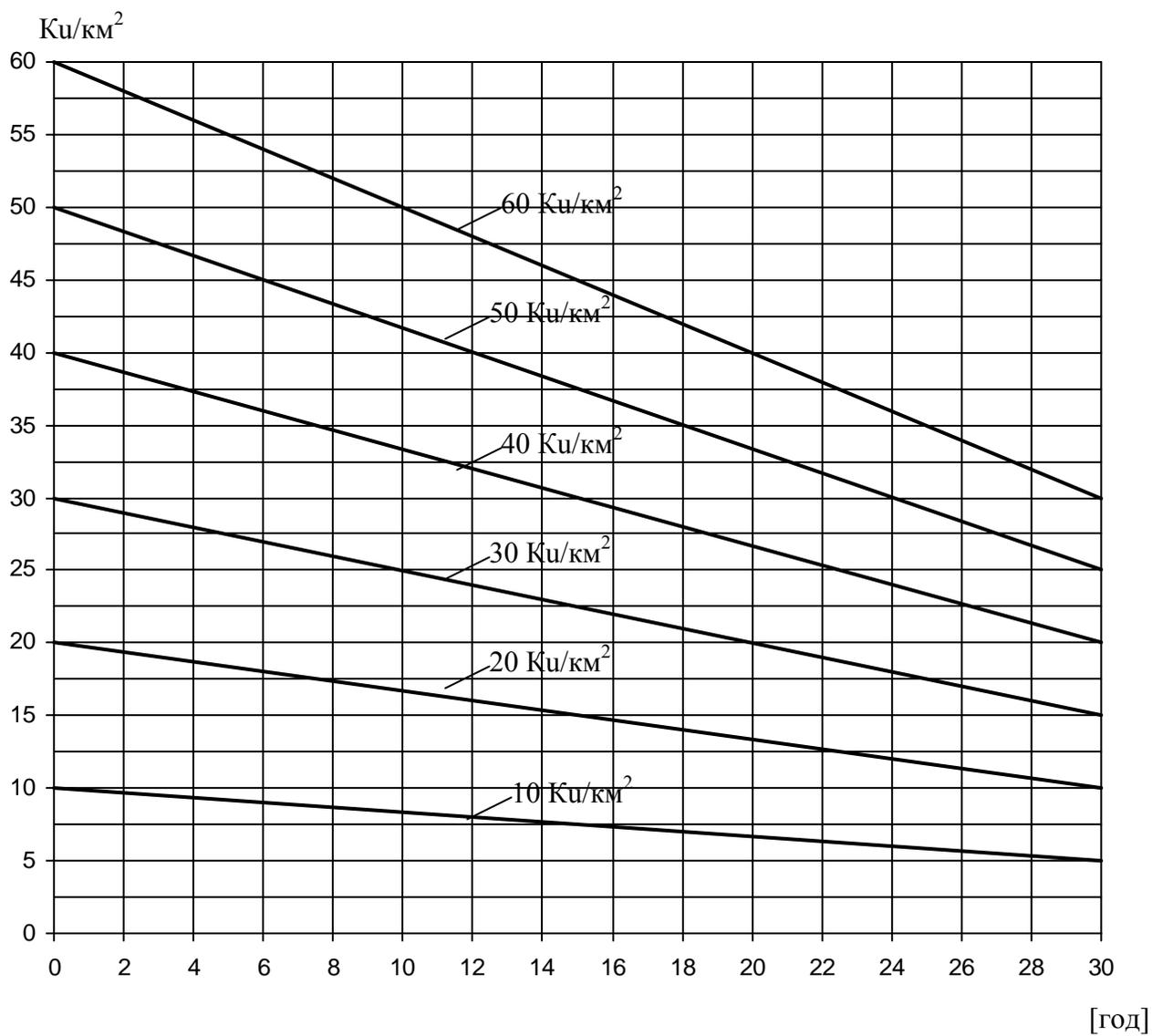
Коэффициент пересчета уровней радиации на любое время, прошедшее после взрыва (K_2)

t, ч	K_2						
0,25	0,19	1,25	1,31	2,5	3,0	3,75	4,88
0,3	0,24	1,5	1,63	2,75	3,37	4	5,28
0,5	0,43	1,75	1,66	3	3,74	4,5	6,08
0,75	0,71	2	2,3	3,25	4,11	5	6,9
1	1,0	2,25	2,65	3,5	4,5	5,5	7,73
6	8,59	8,5	13,04	12	19,72	17	29,95
6,5	9,45	9	13,96	13	21,71	18	32,08
7	10,33	9,5	14,9	14	23,73	19	34,21
7,5	11,22	10	15,85	15	25,73	20	36,44
8	12,13	11	17,77	16	27,86	21	38,61

**График для определения продолжительности пребывания
в зоне радиоактивного заражения**



**График снижения уровня загрязнения в течение периода
полураспада цезия-137**



Характеристика радиоактивных веществ

№ п/п	Вещества	Постоянные			T _{1/2}
		Γ_{δ} [$\frac{Гр \cdot м^2}{Бк \cdot с} \cdot 10^{-18}$]	K _γ [$\frac{Р \cdot см^2}{мКи \cdot ч}$]	B _{sy} [$\frac{Зв \cdot м^2}{Бк \cdot с}$]	
1	Аргон-41 (⁴¹ Ar)	43,09	6,6		1,8 ч
2	Бром-82 (⁸² Br)	87,3	14,5		35,3 ч
3	Европий-154 (¹⁵⁴ Eu)	43,04	5,02		16 лет
4	Йод-131 (¹³¹ I)	14,2	2,15	1,93·10 ⁻¹⁶	8,04 сут
5	Калий-40 (⁴⁰ Ka)				30 лет
6	Кобальт-60 (⁶⁰ Co)	84,63	12,93	1,15·10 ⁻¹⁵	5,3 года
7	Лантан-140 (¹⁴⁰ La)	75,6	11,14		40,2 ч
8	Марганец-52 (⁵² Ma)	118,3	18,03		271 сут
9	Марганец-56 (⁵⁶ Ma)	55,8	2,28		2,6 ч
10	Медь-60 (⁶⁰ Cu)	7,42	1,12		12,7 ч
11	Мышьяк-74 (⁷⁴ As)	16,74	4,43		26 ч
12	Натрий-22 (²² Na)	78,02	11,9		2,6 года
13	Натрий-24 (²⁴ Na)	119,4	18,55		15,005 ч
14	Плутоний-239 (²³⁹ Pu)			3,73·10 ⁻²⁰	24300 лет
15	Полоний-210 (²¹⁰ Pl)				138,4 сут
16	Радий-226 (²²⁶ Ra)				1600 лет
17	Ртуть-203 (²⁰³ Hg)				46,8 сут
18	Рутений-103 (¹⁰³ Ru)			2,68·10 ⁻¹⁶	39,3 сут
19	Рутений-106 (¹⁰⁶ Ru)	7,58	1,54	1,03·10 ⁻¹⁶	1 год
20	Стронций-90 (⁹⁰ Sr)				29,12 года
21	Теллур-204 (²⁰⁴ Tl)				3,6 года
22	Цезий-134 (¹³⁴ Cs)	57,44	8,6	7,83·10 ⁻¹⁶	2,06 года
23	Цезий-137 (¹³⁷ Cs)	21,33	3,24	2,91·10 ⁻¹⁶	30 лет
24	Цинк-65 (⁶⁵ Zn)				244 сут

Учебное издание

Асаёнок Иван Степанович
Навоша Адам Имполитович
Машкович Александр Иванович
Яшин Константин Дмитриевич

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Редактор Т.Н. Крюкова
Компьютерная верстка Т.В. Шестакова

Подписано в печать 7.10.2003.
Печать ризографическая.
Уч.-изд. л. 0,8.

Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Таймс».
Тираж 300 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,29.
Заказ 358.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.
220013, Минск, П. Бровки, 6

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра производственной и экологической безопасности

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2005

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73
О 93

А в т о р ы:
И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, К.Д. Яшин

О 93 **Оценка** надежности защиты производственного персонала в чрезвычайных ситуациях: Метод. пособие для практич. занятий по дисц. «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студ. всех спец. и форм обуч. БГУИР / И.С. Асаенок, А.И. Навоша, А.И. Машкович, К.Д. Яшин. – Мн.: БГУИР, 2005. – 32 с.
ISBN 985–444–759–6

Методическое пособие содержит оценку надёжности защиты рабочих и служащих промышленного объекта путём укрытия их в защитных сооружениях в чрезвычайных ситуациях. Изложены методика решения и варианты задач для самостоятельной работы. В приложениях приведены справочные материалы.

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73

ISBN 985–444–759–6

© Коллектив авторов, 2005
© БГУИР, 2005

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Одной из главных задач гражданской обороны является защита населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. Объем и характер защитных мероприятий определяются особенностями отдельных объектов и районов, а также обстановки, которая может сложиться в результате чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время планируются и проводятся в комплексе три основных способа защиты: укрытие населения в защитных сооружениях; эвакуация рабочих и служащих предприятий, учреждений и организаций в загородную зону; использование населением средств индивидуальной защиты.

Способ защиты населения будет зависеть от многих факторов, но основными из них будут: особенности сложившейся обстановки, наличие времени для проведения защитных мероприятий и другие. Сроки проведения защитных мероприятий могут оказаться крайне ограниченными, поэтому прежде всего необходимо укрытие населения в защитных сооружениях по месту его пребывания – на работе, учебе, по месту жительства.

Защитные сооружения (ЗС) – это сооружения, предназначенные для защиты населения от оружия массового поражения, а также от воздействия вторичных факторов при ядерных взрывах и применении обычных средств поражения. В зависимости от защитных свойств эти сооружения подразделяются на убежища, противорадиационные и простейшие укрытия.

Убежище – это сооружение, обеспечивающее надежную защиту людей от воздействия поражающих факторов оружия массового поражения. Надежность защиты достигается за счет прочности конструкций и перекрытий, а также создания санитарно-гигиенических условий, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность людей в убежище.

Убежище состоит из основных и вспомогательных помещений. К основным относятся помещения, в которых укрываются люди, тамбуры, шлюзы, а к вспомогательным – фильтровентиляционные камеры, дизельные электростанции, медицинская комната, санитарные узлы и другие.

Помещения для размещения укрываемых рассчитываются на определенное количество людей: на одного человека предусматривается не менее 0,5 м² площади пола и 1,5 м³ внутреннего объема. В помещениях оборудуются двух- или трехъярусные нары-скамейки для сидения (на первом ярусе) и лежания (на втором и третьем ярусах). По месту размещения убежища могут быть встроенными и отдельно стоящими. Наиболее распространены встроенные убежища. Под них используют подвальные или полуподвальные этажи производственных, общественных и жилых зданий. При невозможности устройства встроенных убежищ допускается строительство отдельно стоящих заглубленных убежищ. Такие убежища полностью или частично заглублены и осыпаны сверху и с боков грунтом. Расстояния от зданий и сооружений принимаются равными их высоте.

Каждое убежище имеет не менее двух входов, расположенных в противоположных сторонах с учетом направления движения основных потоков укрываемых, а встроенные убежища должны иметь и аварийный выход. Входы в убежища оборудуются в виде двух шлюзовых камер (тамбуров), отделенных от основного помещения и перегороженных между собой герметическими дверями. Снаружи входа размещается прочная защитно-герметическая дверь.

Убежище оборудуется различными инженерными системами: воздушно-снабжения, водоснабжения, электроснабжения, связи и др.

В фильтровентиляционной камере размещается фильтровентиляционный агрегат ФВА-49 (ФВК-1, -2). Он обеспечивает вентиляцию помещений убежища и очистку наружного воздуха от радиоактивных и отравляющих веществ, а также бактериальных средств.

Система фильтровентиляции может работать в трех режимах: чистой вентиляции, фильтровентиляции и регенерации. Режим чистой вентиляции применяется в том случае, когда воздух загрязнен радиационной пылью. Второй режим применяется для очистки воздуха от отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ, а также бактериальных средств. Третий режим применяется в случае попадания убежища в очаг пожара. При этом для защиты людей используется воздух, имеющийся в убежище, обогащенный кислородом.

Подача воздуха осуществляется по воздуховодам с помощью вентилятора. Количество наружного воздуха, подаваемого в убежище по режиму чистой вентиляции, определяется в зависимости от температуры воздуха и может быть от 7 до 20 м³/ч, а по режиму фильтровентиляции – от 2 до 8 м³/ч на каждого укрываемого человека.

Помещение для дизельной электростанции располагается у наружной стены укрытия, а от других помещений отделяется несгораемой стеной (перегородкой) с пределом огнестойкости 1 ч.

Водоснабжение и канализация убежища осуществляются на базе общих водопроводных и канализационных сетей. Кроме этого, в убежище предусматривается создание аварийных запасов воды. Минимальный запас воды в емкостях создают из расчета 6 л для питья и 4 л для санитарно-гигиенических потребностей на каждого укрываемого на весь расчетный срок пребывания.

Электроснабжение осуществляется от внешней электросети, а при необходимости – и от защищенной дизельной электростанции. На случай нарушения электроснабжения в убежище предусматривается аварийное освещение от переносных электрических фонарей, сухих батарей и других источников.

Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления объекта и репродуктор, подключенный к радиотрансляционной сети.

Отопление в убежище осуществляется от общей отопительной системы здания. Для регулирования температуры и отключения отопления в отопительной системе устанавливают запорную арматуру.

В помещении убежища размещаются дозиметрические приборы, приборы радиационной и химической разведки, защитная одежда, средства тушения пожара и аварийного освещения, санитарное имущество.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТА

В качестве показателя надёжности защиты рабочих и служащих объекта с использованием ЗС принимают коэффициент надёжности защиты ($K_{н.з}$). Он показывает, какая часть производственного персонала обеспечивается надёжной защитой при ожидаемых максимальных параметрах поражающих факторов ядерного взрыва.

Определение надёжности защиты производственного персонала производится в следующей последовательности.

А. Оценивается инженерная защита рабочих и служащих объекта. Показателем инженерной защиты является коэффициент $K_{инж.з}$. Он показывает, какая часть производственного персонала работающей смены может укрыться своевременно в ЗС объекта с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения, позволяющими укрывать людей в течение установленного срока:

$$K_{инж.з} = N_{инж.з} / N, \quad (1)$$

где $N_{инж.з}$ – суммарное количество укрываемых людей в установленные сроки в ЗС с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения;

N – общая численность рабочих и служащих, подлежащих укрытию.

Б. Определяется возможность своевременного доведения сигналов оповещения ГО до рабочих и служащих. Показателем надёжности защиты производственного персонала с учётом оповещения является коэффициент $K_{оп}$:

$$K_{оп} = N_{оп} / N, \quad (2)$$

где $N_{оп}$ – количество рабочих и служащих, своевременно оповещаемых из числа укрываемых в убежище.

В. Оценивается обученность производственного персонала способам защиты в чрезвычайных ситуациях (ЧС) и правилам действия по сигналам оповещения гражданской обороны (ГО). В качестве показателя, характеризующего подготовленность объекта к защите производственного персонала в зависимости от обученности людей, принимается коэффициент $K_{обуч}$:

$$K_{обуч} = N_{обуч} / N, \quad (3)$$

где $N_{обуч}$ – количество рабочих и служащих, обученных способам защиты и правилам действия по сигналам оповещения ГО, из числа своевременно укрываемых в убежищах.

Г. Определяется готовность убежищ к приёму укрываемых. Для этого определяется время, в течение которого убежища, используемые в мирное время в хозяйственных целях, могут быть подготовлены к приёму укрываемых (осво-

бождены от постороннего имущества, проверены на герметичность и функционирование всех систем жизнеобеспечения и т.д.).

Сравнение фактического времени подготовки убежища $T_{з.факт}$ с требуемым $T_{з.треб}$ определяет готовность убежища к приёму укрываемых. Для оценки надёжности защиты в расчёт принимаются только те ЗС, для которых выполняется условие:

$$\frac{T_{з.факт}}{T_{з.треб}} \leq 1. \quad (4)$$

Показателем, характеризующим надёжность защиты персонала в зависимости от готовности ЗС, является коэффициент $K_{зот}$:

$$K_{зот} = M_{зот} / N, \quad (5)$$

где $M_{зот}$ – количество мест в убежищах с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения, время готовности которых не превышает установленного.

Д. Анализируются результаты оценки надёжности по всем четырём частным показателям. На основе анализа определяется коэффициент надёжности защиты рабочих и служащих объекта $K_{н.з}$. Коэффициент надёжности защиты $K_{н.з}$ выбирается по минимальному значению из частных показателей – $K_{инж.з}$, $K_{оп}$, $K_{обуч}$, $K_{зот}$.

Значения показателей $K_{оп}$, $K_{обуч}$ и $K_{зот}$ во многом зависят от состава и уровня организационных мероприятий, проводимых руководящим составом и штабом ГО объекта. Выбор путей повышения этих показателей является скорее организационной и тактической задачей, нежели инженерной. Так, низкое значение $K_{оп}$ обусловлено несовершенством системы оповещения рабочих и служащих, $K_{обуч}$ – неподготовленностью персонала, $K_{зот}$ – неготовностью убежищ к приёму укрываемых.

Коэффициенты $K_{оп}$, $K_{обуч}$ и $K_{зот}$ могут быть рассчитаны только на базе сведений по конкретному объекту. В дальнейшем, решая задачу оценки коэффициента надёжности защиты $K_{н.з}$, показатели $K_{оп}$, $K_{обуч}$ и $K_{зот}$ будем считать заданными. Поэтому решение задачи по оценке $K_{н.з}$ будет сводиться к оценке инженерной защиты производственного персонала, т.е. к определению $K_{инж.з}$.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТА

Оценка инженерной защиты рабочих и служащих на объекте заключается в определении показателей, характеризующих способность ЗС обеспечить надёжную защиту людей. Это возможно при выполнении следующих основных условий: общая вместимость ЗС на объекте позволяет укрывать работающий персонал; защитные свойства ЗС соответствуют требуемым, т.е. обеспечивают

защиту людей от избыточного давления ударной волны и радиационных излучений, ожидаемых на объекте при ядерном взрыве; системы жизнеобеспечения ЗС обеспечивают жизнедеятельность укрываемых в течение установленного срока; размещение ЗС относительно мест работы позволяет людям укрыться по сигналам оповещения ГО в установленные сроки. На основании данной оценки намечаются меры по повышению надёжности защиты производственного персонала.

Для оценки защиты рабочих и служащих объекта необходимо иметь следующие исходные сведения:

- а) удаление объекта от вероятной точки прицеливания R_2 , км;
- б) ожидаемая мощность ядерного боеприпаса q , кт, и вид взрыва;
- в) вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк}$, км;
- г) данные о среднем ветре: $V_{с.в}$ – скорость среднего ветра, преобладающего в районе расположения объекта, км/ч; направление среднего ветра (принимается самое неблагоприятное – в сторону объекта);
- д) общее количество рабочих и служащих, подлежащих укрытию;
- е) распределение рабочих и служащих по участкам работ и их удаление от ЗС;
- ж) характеристики ЗС: типы ЗС (убежище, противорадиационное укрытие (ПРУ)); избыточное давление, которое выдерживают конструкции сооружения ($P_{ф.защ}$); коэффициент ослабления радиации $K_{осл}$ ограждающих конструкций, сооружения или материала и толщина каждого защитного слоя перекрытия; основные и вспомогательные помещения и их размеры (площадь, высота); тип и состав элементов воздухообеспечения; объём резервных ёмкостей систем водо- и электроснабжения;
- з) климатическая зона (I, II, III, IV) района расположения объекта.

Оценка инженерной защиты производственного персонала проводится по этапам, методика которых приведена в пп. 3.1 – 3.4.

3.1. Оценка защитных сооружений по вместимости

Вместимость ЗС объекта определяется в соответствии с нормами объёмно-планировочных решений. Помещения для укрываемых строятся из расчёта, чтобы на одного укрываемого приходилось $S_1 = 0,5 \text{ м}^2$ площади пола при двухъярусном и $S_1 = 0,4 \text{ м}^2$ при трёхъярусном расположении нар. Нижний ярус для сидения – из расчёта $0,45 \cdot 0,45 \text{ м}$ на человека и верхний для лежания – из расчёта $0,55 \cdot 1,8 \text{ м}$ на человека. При длине нар 180 см число мест для лежания составляет 20 % вместимости убежища при двухъярусном расположении нар и 30 % – при трёхъярусном. Двухъярусные нары устанавливаются при высоте помещения от 2,15 до 2,9 м, трёхъярусные – при высоте более 2,9 м. Внутренний объём помещения V_1 должен быть не менее $1,5 \text{ м}^3$ на укрываемого. При опреде-

лении объёма помещения на одного укрываемого учитывается объём всех помещений в зоне герметизации V_o .

С учётом изложенного возможность укрытия наибольшей работающей смены оценивается в следующей последовательности:

а) рассчитывается количество мест для укрываемых M на имеющейся площади S_n исходя из установленных норм на одного человека S_1 :

$$M = S_n / S_1; \quad (6)$$

б) проверяется соответствие объёма помещений в зоне герметизации на одного укрываемого. Для этого рассчитывается объём всех помещений в зоне герметизации V_o по общей площади всех помещений в зоне S_o и высоте помещения $h_{o,n}$:

$$V_o = S_o \cdot h_{o,n}. \quad (7)$$

Тогда объём помещений, приходящийся на одного укрываемого:

$$V_1 = V_o / M. \quad (8)$$

Если $V_1 \geq 1,5$ м³/чел., то расчётная вместимость M принимается за фактическую вместимость ЗС;

в) определяется необходимое количество нар: при установке двухъярусных нар $H = M / 5$ и при установке трёхъярусных нар $H = M / 6$;

г) определяется показатель $K_{эм}$, характеризующий защитное сооружение по вместимости:

$$K_{эм} = M / N, \quad (9)$$

где N – численность персонала, подлежащего укрытию.

По результатам расчётов делается вывод о возможности укрытия рабочих и служащих объекта в ЗС.

3.2. Оценка защитных сооружений по защитным свойствам

На этом этапе определяются защитные свойства ЗС и оценивается возможность надёжной защиты укрываемых людей от воздействия избыточного давления ударной волны и радиационных излучений, ожидаемых на объекте. Оценка возможностей надёжной защиты людей в сооружении проводится в следующей последовательности.

1. Определяются требуемые защитные свойства ЗС $\Delta P_{ф.треб}$ и $K_{осл.треб}$:

а) требуемая прочность ЗС по ударной волне $\Delta P_{ф.треб}$ должна соответствовать максимальному значению избыточного давления $\Delta P_{ф.макс}$, ожидаемого на объекте, т.е. $\Delta P_{ф.треб} = \Delta P_{ф.макс}$. Значение избыточного давления во фронте ударной волны $\Delta P_{ф.макс}$ определяется по прил. 1.

Для этого рассчитывается минимальное расстояние R_x от вероятного центра взрыва из соотношения

$$R_x = R_z - R_{отк}, \quad (10)$$

где R_2 – удаление объекта от вероятной точки прицеливания, км;

$R_{отк}$ – вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания.

Избыточное давление ударной волны выражают во внесистемных единицах кгс/см², учитывая, что 1 кгс/см² \cong 100 кПа;

б) требуемый коэффициент ослабления радиации от радиоактивного заражения $K_{осл.рз.треб}$ определяют по формуле

$$K_{осл.рз.треб} = \frac{D_{рз.макс}}{D_{дон}} = \frac{5P1_{макс} (t_H^{-0,2} - t_K^{-0,2})}{50}, \quad (11)$$

где $D_{рз.макс}$ – максимальная доза на открытой местности за 4 суток;

$P1_{макс}$ – максимальный уровень радиации на 1 ч после взрыва, ожидаемый на объекте и определяемый по прил.2;

$D_{дон}$ – предельно допустимая доза однократного облучения (50 Р) за 4 суток (96 ч) с момента заражения местности радиоактивными веществами;

t_H – время заражения относительно момента взрыва (ч), определяется из выражения

$$t_H = R_x / V_{с.в} + t_{вып}, \quad (12)$$

здесь $V_{с.в}$ – скорость ветра;

$t_{вып}$ – время выпадения радиоактивных веществ (в среднем можно принять равным 1 ч);

t_K – время окончания заражения, ч, рассчитываемое из соотношения

$$t_K = t_H + 96 \text{ ч.}$$

Если в районе расположения объекта ожидается действие проникающей радиации, то ее дозу необходимо учитывать (см. прил. 2) путем суммирования с величиной $D_{рз.макс}$.

2. Определяется защитное свойство ЗС от действия ударной волны, т.е. избыточное давление $P_{ф.защ}$, на которое рассчитаны элементы конструкций ЗС. Значение $P_{ф.защ}$ приводится в характеристике ЗС.

3. Определяется защитное свойство ЗС от радиационного излучения, т.е. коэффициент ослабления радиации $K_{осл.защ}$. Он приводится в характеристике ЗС или может быть получен расчётным путём:

$$K_{осл.защ} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i}, \quad (13)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий расположение убежища, определяемый по прил. 4;

n – число защитных слоёв материалов перекрытия ЗС;

h_i – толщина i -го защитного слоя;

d_i – толщина i -го слоя половинного ослабления радиации, см (определяется по прил. 5).

4. Выбираются защитные сооружения, у которых защитные свойства не ниже требуемых. Определяется показатель $K_{з.м}$, характеризующий инженерную защиту рабочих и служащих объекта по защитным свойствам:

$$K_{з.м} = N_{з.м} / N,$$

где $N_{з.м}$ – количество укрываемых в защитных сооружениях с защитными свойствами не ниже требуемых;

N – количество рабочих и служащих, подлежащих укрытию.

В выводах указывается, какие ЗС не соответствуют требованиям по защитным свойствам и какие мероприятия необходимо провести по повышению их защитных свойств.

3.3. Оценка систем жизнеобеспечения защитных сооружений

Для обеспечения жизнедеятельности укрываемых ЗС оборудуются системами воздухообеспечения, водоснабжения, электроснабжения и другими, оценка которых производится отдельно.

А. Оценка системы воздухообеспечения. Расчёт оборудования этой системы ведётся обычно для двух режимов работы: чистой вентиляции (режим I) и фильтровентиляции (режим II).

Количество наружного воздуха, которое должно подаваться в убежище, принимается: по режиму I – 8, 10, 11 и 13 м³/ч на одного человека при температуре наружного воздуха соответственно до 20 °С (I климатическая зона), 20...25° С (II зона), 25...30 °С (III зона) и более 30 °С (IV зона); по режиму II – 2 м³/ч на одного укрываемого.

Для воздухообеспечения убежищ применяются фильтровентиляционные комплекты ФВК-1 и ФВК-2. ФВК-1 обеспечивает I и II режимы вентиляции, ФВК-2 – все три режима вентиляции: в режиме I – 1200 м³ воздуха в час, в режиме II – 300 м³/ч. При недостаточной подаче воздуха вышеуказанными комплектами предусматривается установка дополнительных электроручных вентиляторов ЭРВ-72-2 (расчётная подача воздуха 900 – 1300 м³/ч) или ЭРВ-72-3 (подача воздуха 1300 – 1800 м³/ч).

Определяется количество укрываемых, которое система может обеспечить очищенным воздухом, $N_{о.возд}$ в режимах I(II), исходя из норм $WI(II)$ подачи воздуха на одного человека в час:

$$N_{о.возд} I(II) = \frac{W_o I(II)}{WI(II)}, \quad (14)$$

где $W_o I(II)$ – общая производительность системы в заданном режиме, м³/ч;

$WI(II)$ – норма подачи воздуха на одного человека в час, м³/(ч·чел.).

При необходимости система воздухообеспечения оценивается также по режиму III и делаются выводы о её возможностях.

Б. Оценка системы водоснабжения. Для этого определяется запас воды в имеющихся емкостях $W_{з.вод}$, сут. л, размещенных в ЗС. Рассчитывается возможность системы по количеству укрываемых $N_{о.вод}$, чел., обеспечиваемых водой в

течение заданного срока C , сут., исходя из установленной нормы (3 л) на одного укрываемого в сутки W_{600} , л/чел.:

$$N_{o.600} = \frac{W_{3.600}}{W_{600} \cdot C}. \quad (15)$$

По результатам расчёта делаются соответствующие выводы.

В. Оценка системы электроснабжения. Электроснабжение ЗС обеспечивается от сети предприятия (города). Оценивая систему электроснабжения, важно изыскать источники, которые обеспечат работу ЗС в аварийном режиме, т.е. при отключении электросети. Аварийными источниками в больших ЗС являются дизельные электростанции, а в малых и средних – аккумуляторные батареи, электрические фонари и др.

На основании частных оценок систем жизнеобеспечения выводится общая оценка по минимальному показателю (коэффициенту) $K_{ж.о}$ одной из систем:

$$K_{ж.о} = N_{ж.о} / N, \quad (16)$$

где $N_{ж.о}$ – наименьшее количество укрываемых людей.

3.4. Оценка защитных сооружений по своевременному укрытию производственного персонала

Для оценки ЗС по своевременному укрытию производственного персонала необходимо знать:

а) расстояние до рабочих участков относительно ЗС и количество человек, работающих на них;

б) время на укрытие рабочих (не более 8 мин).

При этом расстояние 100 м человек ускоренным шагом проходит в среднем за 2 мин; на то, чтобы зайти в ЗС и занять в нем место, требуется 2 мин.

Имея сведения по п. «а» и «б», оценка ЗС по своевременному укрытию персонала производится в следующей последовательности:

1) определяется время, необходимое рабочим, чтобы дойти до ЗС и занять в нем место;

2) сравнивается необходимое время для укрытия рабочих с заданным;

3) рассчитывается показатель (коэффициент) $K_{своев}$, характеризующий инженерную защиту объекта по своевременному укрытию персонала:

$$K_{своев} = N_{своев} / N, \quad (17)$$

где $N_{своев}$ – число рабочих, которые в установленные сроки смогут укрыться в ЗС;

4) делаются выводы о расположении ЗС по своевременному укрытию всех рабочих.

Общая оценка коэффициента инженерной защиты $K_{инж.з}$ определяется по минимальному значению одного из коэффициентов $K_{вм}$, $K_{з.т}$, $K_{ж.о}$ и $K_{своев}$.

На заключительном этапе работы определяется коэффициент надёжности защиты работающей смены объекта $K_{н.з}$ по минимальному значению из расчи-

танного $K_{инж.з}$ и заданных $K_{оп}$, $R_{обуч}$, $R_{зот}$. Затем намечаются пути и меры по повышению надёжности защиты рабочих и служащих объекта.

4. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТА

Задача. Определить коэффициент надёжности защиты ($K_{н.з}$) производственного персонала работающей смены объекта и предложить меры по его повышению при следующих исходных сведениях.

Объект расположен во II климатической зоне и имеет встроенное убежище со следующим основным оборудованием: система воздухообеспечения, включающая три комплекта ФВК-1 и один комплект ЭРВ-72-2; водоснабжение – от общезаводской системы; система энергоснабжения – от сети объекта; аварийный источник – аккумуляторные батареи. На объекте не ожидается сильных пожаров и загазованности воздуха вредными веществами.

Конструкция убежища рассчитана на динамические нагрузки, создаваемые избыточным давлением $\Delta P_{ф.защ} = 1$ кгс/см². Перекрытия убежища состоят из двух слоёв – бетона $h_1 = 40$ см и грунта $h_2 = 25$ см. Площадь помещений убежища S_0 : помещения для укрываемых $S_n = 285$ м², другие площади в зоне герметизации (тамбур-шлюз – 10 м², санитарный пост – 2 м², вспомогательные помещения – 68,5 м²) $S_{дон} = 80,5$ м². Высота помещения $h_{в.п} = 2,4$ м. Объем емкостей аварийного запаса воды 5400 л.

Общее количество рабочих и служащих на объекте N 710 чел. Они распределены по двум участкам с удалением от убежища: участок 1 (200 чел.) – на расстоянии 100 м, участок 2 (510 чел.) – на расстоянии 300 м.

Время на заполнение убежища укрываемыми людьми $t_{зан} \leq 8$ мин.

Продолжительность непрерывного пребывания людей в убежище $T = 3$ сут.

Удаление объекта от вероятной точки прицеливания R_r 5,1 км.

Ожидаемая мощность ядерного боеприпаса q 1 Мт, взрыв – наземный.

Вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк}$ 1,1 км.

Скорость среднего ветра $V_{с.с} = 50$ км/ч, с направлением в сторону объекта.

Показатель, характеризующий своевременность оповещения рабочих и служащих по сигналам ГО, $K_{оп} = 0,9$.

Показатель обученности рабочих и служащих правилам действий по сигналам оповещения ГО $K_{обуч} = 0,8$.

Показатель, характеризующий убежище по времени приведения в готовность к приёму укрываемых, $K_{зот} = 1$.

Последовательность решения задачи

Оценку инженерной защиты рабочих и служащих объекта производим согласно методике, изложенной в разд. 3, используя исходные сведения задачи на каждом этапе решения.

1. Оценка убежища по вместимости

Исходные сведения: площадь и высота помещений убежища; численность рабочих и служащих объекта.

Определяем количество мест для размещения укрываемых. Так как высота помещений убежища менее 2,9 м и позволяет установить двухъярусные нары, принимаем в качестве расчётной нормы площади на одного укрываемого $S_1 = 0,5 \text{ м}^2/\text{чел}$. Тогда расчётное количество мест в убежище M на площади для укрываемых S_n составит

$$M = S_n / S_1 = 285 / 0,5 = 570. \quad (18)$$

Найденное число определяет вместимость убежища при условии, что объём помещений в зоне герметизации V_o в расчёте на одного укрываемого не менее $1,5 \text{ м}^3/\text{чел}$. Проверяем соответствие объёма нормам на одного укрываемого:

$$V_1 = V_o / M = S_o \cdot h_{в.п} / M,$$

где S_o – общая площадь помещений в зоне герметизации;

$h_{в.п}$ – высота помещений, м.

Следовательно:

$$V_1 = 365,5 \cdot 2,4 / 570 = 1,54 \text{ м}^3/\text{чел}. \quad (19)$$

Таким образом, вместимость убежища соответствует расчётному количеству мест при $M = 570$.

Определяем необходимое количество нар для размещения укрываемых. Двухъярусные нары при длине 180 см позволяют разместить 5 человек, поэтому необходимо рассчитать число нар N :

$$N = 570 / 5 = 114 \text{ нар}. \quad (20)$$

Определяем коэффициент вместимости $K_{вм}$, характеризующий возможности убежища по укрытию рабочих и служащих объекта:

$$K_{вм} = M / N = 570 / 710 = 0,8. \quad (21)$$

Таким образом, убежище позволяет принять 80 % персонала; для размещения укрываемых в убежищах необходимо установить 114 двухъярусных нар, обеспечивающих 20 % мест для лежания и 80 % мест для сидения.

2. Оценка убежища по защитным свойствам

Исходные сведения: удаление объекта от точки прицеливания и вероятное отклонение от неё боеприпаса; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса и вид взрыва; скорость среднего ветра; динамические нагрузки, выдерживаемые конструкциями убежища ($\Delta P_{ф.защ}$), и характеристики перекрытия (виды материалов и толщина слоёв).

Определяем требуемые защитные свойства убежища:

по ударной волне – рассчитываем максимальное избыточное давление ударной волны, ожидаемое на объекте при ядерном взрыве ($\Delta P_{\phi.треб}$). Для этого находим минимальное расстояние до вероятного центра взрыва:

$$R_x = R_r - R_{отк} = 5,1 - 1,1 = 4 \text{ км} . \quad (22)$$

По прил. 1, зная значения $R_x = 4$ км и $q = 1$ Мт для наземного взрыва, находим $\Delta P_{\phi.макс}$. Оно составляет

$$\Delta P_{\phi.макс} = 0,5 \text{ кгс/см}^2; \quad (23)$$

по радиационным излучениям – определяем требуемый коэффициент ослабления радиации по формуле

$$K_{осл.рз.треб} = \frac{D_{рз.макс}}{50} = \frac{5 \cdot P_{1макс} \left(t_H^{-0,2} - t_K^{-0,2} \right)}{50}, \quad (24)$$

где $P_{1макс}$ – максимальный уровень радиации, ожидаемый на объекте, определяемый по прил.3, при $R_x = 4$ км и $V_{с.в} = 50$ км/ч, $P_{1макс} = 31000$ Р/ч;

$$t_H = R_x / V_{с.в} + t_{вып} = 4 / 50 + 1 = 0,08 + 1 = 1 \text{ ч}, \quad (25)$$

здесь $t_{вып}$ – время выпадения радиоактивных веществ, равное в среднем 1 ч;

$$t_K = t_H + 96 = 1 + 96 = 97 \text{ ч}, \quad (26)$$

здесь 96 – период однократного облучения (4 суток), ч.

Тогда

$$K_{осл.рз.треб} = \frac{5 \cdot 31000 \left(1^{-0,2} - 97^{-0,2} \right)}{50} = 1860 . \quad (27)$$

Действия проникающей радиации на объекте при $R_x = 4$ км не ожидается (см. прил. 2).

Определяем защитные свойства убежища:

а) от ударной волны – согласно исходным сведениям $\Delta P_{\phi.защ} = 1 \text{ кгс/см}^2$;

б) от радиоактивного заражения – коэффициент ослабления радиации убежищем не задан, поэтому определяем его расчётным путём по формуле

$$K_{осл.защ} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i} .$$

Известно, что перекрытие убежища состоит из двух слоёв ($n = 2$): слоя бетона h_1 (40 см) и слоя грунта h_2 (25 см). Толщина слоев половинного ослабления материалов от радиоактивного заражения (см. прил. 5) составляет для бетона $d_1 = 5,7$ см, для грунта $d_2 = 8,1$ см. Коэффициент K_p , учитывающий расположение убежища, находим по прил. 4. Для встроенного убежища, расположенного внутри производственного комплекса, $K_p = 8$. Тогда

$$K_{осл.защ} = 8 \cdot 2^{40/5,7} \cdot 2^{25/8,1} = 8200 .$$

Сравниваем защитные свойства убежища с требуемыми: $\Delta P_{ф.защ} = 1 \text{ кгс/см}^2$ и $\Delta P_{ф.треб} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$, $K_{осл.защ} = 8200$ и $K_{осл.треб} = 1860$. Следовательно, $\Delta P_{ф.защ} > \Delta P_{ф.треб}$, $K_{осл.защ} > K_{осл.треб}$, т.е. по защитным свойствам убежище обеспечивает защиту людей при вероятных значениях параметров поражающих факторов ядерного взрыва. Определяем показатель, характеризующий инженерную защиту рабочих и служащих объекта $K_{з.м}$ по защитным свойствам:

$$K_{з.м} = N_{з.м} / N = 570 / 710 = 0,8,$$

где $N_{з.м}$ – количество укрываемых людей в защитных сооружениях с требуемыми защитными свойствами.

Таким образом, защитные свойства убежища обеспечивают защиту 80 % рабочей смены (570 чел.), т.е. всех рабочих и служащих, вмещающихся в убежище.

3. Оценка систем жизнеобеспечения убежища

Системы воздухообеспечения

Исходные сведения: система воздухообеспечения включает три комплекта ФВК-1 и один ЭРВ-72-2; объекты расположены во II климатической зоне (температура наружного воздуха 20...25 °С).

Определяем возможности системы в режиме I (чистой вентиляции). Так как подача воздуха одним комплектом ФВК-1 в режиме I составляет 1200 м³/ч, а ЭРВ-72-2 – 900 м³/ч, то подача системы в режиме I:

$$W_o I = 3 \cdot 1200 + 900 = 4500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из нормы подачи воздуха на одного укрываемого в режиме I для II климатической зоны $WI = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$, система может обеспечить воздухом

$$N_{о.возд} I = W_o I / WI = 4500 / 10 = 450 \text{ чел.}$$

Определяем возможности системы в режиме II (фильтровентиляции). Исходя из того, что подача воздуха одним комплектом ФВК-1 в режиме II составляет 300 м³/ч, общая подача системы в режиме II составит

$$W_o II = 3 \cdot 300 = 900 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из нормы подачи воздуха на одного укрываемого в режиме фильтровентиляции $WII = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, система может обеспечить воздухом

$$N_{о.возд} II = W_o II / WII = 900 / 2 = 450 \text{ чел.}$$

Определяем возможности системы в режиме III (регенерации). В комплекте ФВК-1 не имеется регенеративной установки РУ-150/6, поэтому режим III системой не обеспечивается. По условию обстановки не ожидается сильной загазованности атмосферы, поэтому можно обойтись без режима III.

Таким образом, система воздухообеспечения может обеспечить воздухом в требуемых режимах (I и II) только 450 укрываемых, что значительно меньше расчетной вместимости убежища (570 чел.).

Системы водоснабжения

Исходные сведения: водоснабжение укрываемых в убежище обеспечивается от общезаводской системы; аварийный запас имеется в проточных емкостях вместимостью 5400 л; продолжительность укрытия 3 сут.

Исходя из норм на одного укрываемого 3 л в сутки, находим, что система способна обеспечить водой:

$$N_{o.вод} = W_{o.вод} / (3 \cdot 3) = 5400 / 9 = 600 \text{ чел.}$$

Таким образом, водой могут быть обеспечены укрываемые на расчётную вместимость убежища.

Системы электроснабжения

Исходные сведения: электроснабжение убежища обеспечивается от сети объекта; аварийный источник – аккумуляторные батареи; работа систем воздухообмена в режиме регенерации не предусматривается.

Из анализа возможных ситуаций следует, что в случае отключения сети объекта работу системы воздухообмена можно обеспечить вручную, так как комплект ФВК-1 включает электроручной вентилятор. Аварийный источник электроснабжения от аккумуляторных батарей будет использован только для освещения убежища.

Таким образом, система электроснабжения в аварийном режиме обеспечивает только освещение убежища, а работа системы воздухообмена осуществляется ручным приводом.

Оценив системы воздухо-, водо- и электроснабжения, определяем показатель (коэффициент) $K_{ж.о}$, характеризующий возможности инженерной защиты объекта по жизнеобеспечению укрываемых. Наименьшее количество укрываемых может обеспечить система воздухообмена – 450 чел.

Тогда

$$K_{ж.о} = \frac{450}{710} \cong 0,63 .$$

Таким образом, системы жизнеобеспечения позволяют обеспечить жизнедеятельность 63 % работающей смены в полном объеме норм в течение установленной продолжительности (3 сут.). Возможности по жизнеобеспечению укрываемых снижает система воздухообмена.

4. Оценка убежища по своевременному укрытию

Исходные сведения: расположение рабочих – участок 1 (200 чел.) на расстоянии 100 м от убежища, участок 2 (510 чел.) на расстоянии 300 м от убежища; время на укрытие людей – не более 8 мин.

Определяем время, необходимое рабочим, чтобы дойти до убежища и занять в нём место. Известно, что расстояние 100 м человек ускоренным шагом проходит в среднем за 2 мин, а чтобы зайти в убежище и занять место также требуется 2 мин. Тогда для рабочих участка 1 требуется максимум времени $t_3 = 2 + 2 = 4$ мин, а для рабочих участка 2 – 8 мин.

Сравниваем необходимое время для укрытия людей с заданным и убеждаемся, что условия расположения убежища обеспечивают своевременное укрытие всех рабочих $N_{своев} = 200 + 510 = 710$ чел.

Определяем показатель, характеризующий инженерную защиту объекта по своевременному укрытию персонала:

$$K_{своев} = N_{своев} / N = 710 / 710 = 1.$$

Таким образом, расположение убежища позволяет своевременно укрыть всех рабочих.

В ходе расчетов получены следующие показатели, характеризующие инженерную защиту рабочих и служащих объекта: по вместимости $K_{вм} = 0,8$; по защитным свойствам $K_{з.т} = 0,8$; по жизнеобеспечению укрываемых $K_{ж.о} = 0,63$; по своевременному укрытию людей $K_{своев} = 1,0$.

Возможности инженерной защиты в целом характеризуются минимальным показателем, т.е. $K_{инж.з} = 0,63$.

Далее определяем коэффициент надежности защиты $K_{н.з}$ работающей смены объекта. Из условий задачи известно, что $K_{он} = 0,9$; $K_{обуч} = 0,8$; $K_{зот} = 1$; коэффициент инженерной защиты при расчетах составил $K_{инж.з} = 0,63$. Коэффициент надежности защиты выбирается по минимальному значению перечисленных выше коэффициентов. Следовательно,

$$K_{н.з} = 0,63.$$

Так как коэффициент надёжности защиты существенно снижен из-за ограниченной возможности системы воздухообеспечения, то необходимо дооборудовать эту систему одним комплектом ФВК-1. Возможности системы воздухообеспечения в режиме I при таком дополнении составят: $W_o I = 4 \cdot 1200 + 900 = 5700 \text{ м}^3/\text{ч}$, а в режиме II – $W_o II = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тогда система может обеспечить в режиме I – $N_{о.возд} I = W_o I / WI = 5700 / 10 = 570$ чел., а в режиме II – $N_{о.возд} II = W_o II / WI = 1200 / 2 = 600$ чел.

Следовательно, повышение возможности системы после дооборудования одним комплектом ФВК-1 позволит увеличить численность защищаемых до полной вместимости убежища – 570 чел. и показатель защиты объекта по жизнеобеспечению повысится до $K_{ж.о} = N_{ж.о} / N = 570 / 710 = 0,8$. Возможности инженерной защиты в целом, определяемые минимальным показателем из $K_{вм}, K_{з.т}, K_{ж.о}, K_{своев}$, теперь будут характеризоваться единой величиной:

$$K_{вм} = K_{з.т} = K_{ж.о} = 0,8.$$

Для обеспечения инженерной защиты всего состава работающей смены 710 чел. требуется построить дополнительно одно убежище вместимостью 140 чел. После реализации данных предложений коэффициент надежности защиты будет зависеть только от показателя обученности $K_{обуч}$ и своевременности оповещения $K_{он}$.

5. ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Определить коэффициент надёжности защиты ($K_{н.з}$) рабочих и служащих работающей смены объекта и предложить меры по его повышению. Исходные данные для определения $K_{н.з}$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для определения $K_{н.з}$

Параметр		Номер варианта					
		1	2	3	4	5	6
Тип и размещение ЗС		Убежище встроенное					
Основное оборудование убежища		Воздухоснабжение – 3 комплекта ФВК-1; 1 комплект ЭВР-72-2. Водоснабжение – от общезаводской системы; аварийный запас воды – 5400 л. Электроснабжение – от сети объекта; аварийный источник питания– аккумуляторные батареи					
Другие характеристики убежища:							
расчётные нагрузки $\Delta P_{ф.защ}$, кгс/см ²		1	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
перекрытие, см	слой бетона h_1	35	40	45	50	55	60
	слой грунта h_2	20	25	30	35	40	45
площади помещений, м ²	S_n	265	275	285	295	300	310
	$S_{дон}$	100	95	90	85	80	75
высота помещений, м		2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
Персонал объекта N, чел.		690	693	696	699	862	870
Удаление от убежища, м	участка 1	50	100	150	200	250	300
	участка 2	300	250	200	150	100	50
Время на укрытие t_3 , мин		8	9	10	9	8	8
Продолжительность пребывания T , сут		2	3	2	3	2	3
Удаление объекта от вероятной точки прицеливания R_r , км		4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4
Мощность боеприпаса q , кт		100	200	300	500	1000	1000
Вид взрыва		Воздушный			Наземный		
Вероятное отклонение $R_{отк}$, км		2,4	2,1	1,75	1,8	1,0	1,1
Скорость ветра $V_{с.в}$, км/ч		25	25	25	50	50	50
Частные показатели	$K_{оп}$	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95
	$K_{обуч}$	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85
	$K_{сот}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Климатическая зона		1	2	3	1	2	3

Параметр	Номер варианта						
	7	8	9	10	11	12	
Тип и размещение ЗС	Убежище встроенное						
Основное оборудование убежища	Воздухоснабжение - 3 комплекта ФВК-1; 1 комплект ЭВР-72-2. Водоснабжение - от общезаводской системы; аварийный запас воды – 5400 л. Электроснабжение - от сети объекта; аварийный источник питания - аккумуляторные батареи						
Другие характеристики убежища:							
расчётные нагрузки $\Delta P_{ф.защ}$, кгс/см ²	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	
перекрытие, см	слой бетона h_1	45	35	55	40	35	45
	слой грунта h_2	25	30	35	45	40	35
площади помещений, м ²	S_n	320	330	340	350	360	370
	$S_{дон}$	70	65	60	55	50	45
высота помещений, м	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
Персонал объекта N , чел.	879	887	894	902	909	925	
Удаление от убежища, м	участка 1	350	200	250	300	250	100
	участка 2	50	150	100	250	80	150
Время на укрытие t_3 , мин	9	8	8	9	8	8	
Продолжительность пребывания T , сут	2	3	2	3	2	3	
Удаление объекта от вероятной точки прицеливания R_r , км	4,8	5,2	5,1	5,0	5,3	5,5	
Мощность боеприпаса q , кт	100	200	300	500	1000	1000	
Вид взрыва	Воздушный			Наземный			
Вероятное отклонение $R_{отк}$, км	2,3	2,3	1,75	0,6	0,8	1,0	
Скорость ветра $V_{с.в}$, км/ч	25	25	25	50	50	50	
Частные показатели	$K_{оп}$	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95
	$K_{обуч}$	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85
	$K_{зот}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Климатическая зона	1	2	3	1	2	3	

Примечание. На объекте не ожидается сильных пожаров и загазованности воздуха вредными веществами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.
2. Что понимают под защитными сооружениями и на какие виды они подразделяются?
3. Показатели, оценивающие защитные свойства убежищ.
4. Назначение основных и вспомогательных помещений в убежищах.
5. Факторы, влияющие на вместимость людей в убежище.
6. Виды убежищ по месту их размещения.
7. Назначение фильтровентиляционного агрегата и режимы его работы.
8. Инженерные системы, оборудуемые в убежищах.
9. Поясните физический смысл коэффициента надежности защиты.
10. Назовите исходные сведения, необходимые для оценки инженерной защиты производственного персонала объекта.
11. Последовательность оценки инженерной защиты производственного персонала объекта.
12. На какой показатель убежища влияет климатическая зона расположения объекта?

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманюк В.Г. и др. Гражданская оборона: Учебник для втузов. – М., 1986.
2. Демиденко Г. П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. – Киев, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Избыточное давление ударной волны при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Мощность боеприпаса Q , кт	Избыточное давление ударной волны $\Delta P_{ф макс}$, кгс/см ²									
	2,0	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
	Расстояние до центра (эпицентра) взрыва R_x , км									
100	0,68	0,77	1,00	1,20	1,30	1,40	1,60	1,70	2,10	2,50
	0,92	1,05	1,20	1,30	1,40	1,50	1,70	1,90	2,20	2,60
200	0,86	0,97	1,20	1,40	1,50	1,60	1,80	1,90	2,50	2,90
	1,15	1,35	1,50	1,60	1,70	1,80	2,00	2,20	2,60	3,00
300	0,98	1,10	1,37	1,57	1,67	1,85	2,07	2,27	2,80	3,35
	1,35	1,50	1,70	1,83	1,93	2,10	2,30	2,55	2,93	3,60
500	1,15	1,30	1,70	1,90	2,00	2,30	2,60	3,00	3,40	4,20
	1,60	1,80	2,10	2,30	2,40	2,60	2,80	3,20	3,60	4,40
1000	1,50	1,70	2,20	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	4,30	5,00
	2,00	2,30	2,90	3,00	3,40	3,50	3,60	4,00	4,50	5,40

Примечание. Верхние числа (расстояние до центра взрыва) приведены для воздушного взрыва, нижние – для наземного.

Приложение 2

Доза проникающей радиации при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Мощность боеприпаса Q , кт	Доза проникающей радиации P							
	0	5	10	20	30	50	100	200
	Расстояние до центра взрыва, км							
50	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,05	1,8	1,7
100	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,25	2,1	1,9
200	3,2	3,1	3,0	2,7	2,6	2,5	2,3	2,1
300	3,3	3,2	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3
500	3,5	3,4	3,2	3,0	2,9	2,75	2,6	2,4
1000	3,8	3,65	3,45	3,25	3,1	3,0	2,8	2,65
2000	4,2	4,0	3,8	3,6	3,45	3,25	3,15	2,95

**Уровень радиации $P_{1, \text{макс}}$ на оси наземного взрыва на 1 ч
в зависимости от скорости ветра $P/ч$**

R_x , км	Мощность боеприпаса q , кг						
	50	100	200	300	500	1000	2000
	Скорость ветра 25 км/ч						
2	8500	14000	25000	35700	57000	100000	195000
4	3200	5700	10000	14300	23000	44000	64800
6	2000	3600	6800	9200	14000	28000	52800
8	1200	2400	4700	6800	11000	19000	34900
10	830	1500	3200	4800	8000	15000	27300
12	620	1200	2500	3600	5600	11000	21600
	Скорость ветра 50 км/ч						
2	5000	9350	17100	26800	38100	69200	125500
4	2200	4000	7500	10700	17000	31000	59800
6	1400	2610	4750	6700	10500	20800	36800
8	910	1740	3010	4800	6900	13000	24600
10	730	1260	2400	3500	5300	9900	18000
12	560	1030	1900	2880	4300	8800	16000

Коэффициент условий расположения убежищ K_p

Условие расположения	K_p
Отдельно стоящее убежище вне застройки	1
Отдельно стоящее убежище в районе застройки	2
Встроенное в отдельно стоящем здании убежище: для выступающих из поверхности земли стен	2
для перекрытий	4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище: для выступающих из поверхности земли стен	4
для перекрытий	8

Толщина слоя половинного ослабления радиации для различных материалов d, см

Материал	Толщина слоя, см	
	Гамма-излучения радиоактивного заражения	Гамма-излучения проникающей радиации
Вода	13	23
Древесина	18,5	33
Грунт	8,1	14,4
Кирпич	8,1	14,4
Бетон	5,7	10
Кладка кирпичная	8,7	15
Кладка бутовая	5,4	9,6
Глина утрамбованная	6,3	11

Учебное издание

Асаенок Иван Степанович,
Навоша Адам Имполитович,
Машкович Александр Иванович,
Яшин Константин Дмитриевич

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов
в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Редактор Н.А. Бебель
Корректор Е.Н. Батурчик
Компьютерная верстка М.В. Шишло

Подписано в печать 31.01.2005.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,98.
Уч.-изд. л. 1,3.	Тираж 250 экз.	Заказ 575.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Кафедра производственной и экологической безопасности
А.И. Навоша А.И. Машкович

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО
ОБЪЕКТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей

Минск 2000

УДК 628.889 (075.8)
ББК 51.26 Я 73

Навоша А.И., Машкович А.И.

Н 37. Оценка устойчивости работы промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях: Метод. пособие для практических занятий по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» — Мн.: БГУИР, 2000. 28 с.: ил.

ISBN 985-444-189-X

Методическое пособие содержит инженерную методику оценки устойчивости работы промышленного объекта. Приведены примеры решения задач с использованием изложенных методик и варианты задач для самостоятельной работы студентов. В приложениях приведены все необходимые для решения задач справочные материалы. Пособие используется на практических занятиях по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студентов всех специальностей.

УДК 628.889 (075.8)
ББК 51.26 Я 73

ISBN 985-444-189-X

© А.И. Навоша,
А.И. Машкович, 2000

1. Понятие об устойчивости работы промышленного объекта

В современных условиях, когда научно–технический прогресс привел к созданию современных средств поражения, роль и значение экономики в особый период возросли еще больше. Чтобы обеспечить нормальное функционирование производства, уменьшить вероятность материальных потерь, следует еще в мирное время разработать и осуществить комплекс различных мероприятий. Эти мероприятия должны быть направлены на повышение устойчивости работы промышленных объектов в особый период.

Под устойчивостью работы промышленного объекта понимают способность его в условиях особого (военного) времени выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, а при получении слабых и средних разрушений— восстанавливать производство в минимальные сроки.

По каким же направлениям ведется работа на промышленных объектах в целях повышения их устойчивости в особое время? Такими направлениями являются:

- обеспечение надежной защиты рабочих и служащих;
- защита основных производственных фондов от поражающих факторов современных средств поражения;
- обеспечение устойчивого снабжения объектов всем необходимым для выпуска продукции;
- подготовка к восстановлению разрушенного производства;
- повышение надежности и оперативности управления производством.

Повышение устойчивости работы объекта достигается заблаговременным проведением комплекса инженерно–технических, технологических и организационных мероприятий. С целью выявления уязвимых мест в работе объекта и выработки наиболее эффективных рекомендаций, направленных на повышение его устойчивости, проводится исследование. В дальнейшем эти рекомендации включаются в план мероприятий по повышению устойчивости работы объекта, который и реализуется. Наиболее трудоемкие работы выполняются заблаговременно. Это строительство защитных сооружений, подземная прокладка коммуникаций и другие. Мероприятия, не требующие длительного времени на их реализацию или выполнение которых в мирное время нецелесообразно, проводятся в период угрозы нападения противника. Организатором и руководителем исследования является руководитель предприятия.

Оценка устойчивости работы промышленного объекта в особый период может быть выполнена при помощи моделирования уязвимости (характер разрушений, пожаров, поражений рабочих и служащих) объекта при воздействии поражающих факторов ядерного взрыва на основе использования результатов расчетных данных.

При этом учитываются следующие положения:

1. Основными поражающими факторами ядерного взрыва являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация (ПР), радиоактивное заражение (РЗ) и электромагнитный импульс. Поэтому оценивать устойчивость объекта нужно по отношению к каждому из поражающих факторов.

2. При взрыве могут возникнуть вторичные поражающие факторы: пожары, взрывы, заражения сильнодействующими ядовитыми веществами и другие. Они также должны учитываться при оценке устойчивости работы объекта.

3. Ядерные взрывы можно рассматривать как случайные события. Поэтому объективная оценка последствий ядерных взрывов может быть проведена на основании законов теории вероятностей. Так, при определении максимальных значений параметров поражающих факторов ядерного взрыва необходимо исходить из того, что попадание ядерных боеприпасов в цель подчиняется закону рассеяния. Согласно этому закону центры ядерных взрывов отклоняются, рассеиваются от точки прицеливания.

4. Промышленный объект состоит из зданий, сооружений, коммуникаций и других элементов. Элементы объекта обычно не являются равнопрочными. Их сопротивляемость воздействию поражающих факторов ядерного взрыва различна: одни разрушаются больше, другие — меньше или остаются неповрежденными. Кроме того, элементы различаются по эксплуатационным свойствам. Таким образом, устойчивость объекта в целом определяется устойчивостью каждого элемента в отдельности.

5. На каждом объекте имеются главные, второстепенные и вспомогательные элементы. В обеспечении функционирования объектов второстепенные и вспомогательные элементы могут играть немаловажную роль. Поэтому анализ уязвимости объекта предполагает обязательную оценку роли и значения каждого элемента, от которого в той или иной мере зависит функционирование предприятия.

6. Решая вопросы защиты и повышения устойчивости объекта, необходимо соблюдать принцип равной устойчивости ко всем поражающим факторам ядерного взрыва. Принцип равной устойчивости заключается в необходимости доведения защиты зданий, сооружений и оборудования объекта до такого целесообразного уровня, при котором выход из строя от поражающих факторов может возникнуть на одинаковом расстоянии от центра или эпицентра взрыва. Нецелесообразно, например, повышать устойчивость здания к воздействию светового излучения, если здание находится на таком расстоянии от эпицентра взрыва, на котором под действием ударной волны происходит его сильное разрушение.

Рассмотрим методику оценки устойчивости работы объекта к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного излучения. Другие факторы учитывать не будем из-за ограниченности времени.

Ударная волна поражает людей, разрушает или повреждает здания, сооружения, оборудование, технику и имущество. При воздействии ударной волны на людей она вызывает травмы различной степени. Причиной поражения является избыточное давление или косвенное поражение людей предметами, перемещающимися под воздействием скоростного напора.

При воздействии ударной волны здания, оборудование, коммунально-энергетические сети объекта могут быть разрушены в различной степени. Разрушения принято делить на слабые, средние и сильные.

В качестве количественного показателя устойчивости объекта к воздейст-

вию ударной волны принимается значение избыточного давления (ΔP_{ϕ}), при котором здания, сооружения и оборудование объекта сохраняются или получают слабые или средние разрушения. Это значение избыточного давления принято считать пределом устойчивости объекта к ударной волне ($\Delta P_{\phi \text{ lim}}$). Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны сводится к определению $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$. Для оценки необходимы следующие исходные данные: местоположение точки прицеливания; удаление объекта от точки прицеливания (R_{Γ}); ожидаемая мощность боеприпаса (q); вероятное максимальное отклонение центра взрыва от точки прицеливания ($R_{\text{отк}}$); характеристика объекта и его элементов.

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение избыточного давления ударной волны ($\Delta P_{\phi \text{ max}}$), ожидаемое на объекте при ядерном взрыве. Если известно удаление объекта от точки прицеливания (R_{Γ}), то расстояние от объекта до ближайшего вероятного центра взрыва R_{X} можно вычислить по формуле

$$R_{\text{X}} = R_{\Gamma} - R_{\text{отк}} \quad (1)$$

По прил. 1 находится избыточное давление для боеприпаса мощностью q на расстоянии R_{X} до центра взрыва при заданном виде взрыва. Найденное значение и будет максимальным ($\Delta P_{\phi \text{ max}}$), поскольку оно соответствует случаю, когда центр взрыва окажется на минимальном удалении от объекта.

2. Выделяются основные элементы на объекте, от которых зависит функционирование объекта и выпуск необходимой продукции. Для этого надо знать специфику производства, объем и характер задач военного времени, особенности технологического процесса, структуру производственных связей. На основе анализа выявляются основные цехи, участки производства, системы объекта, которые могут быть не только среди главных, но и среди второстепенных и вспомогательных элементов. Результаты оценки заносятся в табл. 2.1.

3. Определяется предел устойчивости к ударной волне каждого элемента — избыточное давление, приводящее к такой степени разрушения элемента, при которой возможно его восстановление силами объекта. Обычно это может быть в случае, если элемент цеха получит среднюю степень разрушения. Причем если элемент может получить данную степень разрушения в определенном диапазоне избыточных давлений, то за предел устойчивости берется нижняя граница диапазона. Например, если здание цеха может получить средние разрушения при избыточных давлениях $0,2 - 0,3 \text{ кгс/см}^2$, то за предел устойчивости берется $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 0,2 \text{ кгс/см}^2$. При этом избыточном давлении элемент в любом случае получит не более чем средние разрушения. Определение предела устойчивости объекта к воздействию ударной волны производится по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав основных цехов, участков производства и систем.

4. Заключение об устойчивости объекта к ударной волне производится путем сравнения найденного предела устойчивости объекта $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ с ожидаемым максимальным значением избыточного давления. Если окажется, что $\Delta P_{\phi \text{ lim}} \geq \Delta P_{\phi \text{ max}}$, то объект устойчив к ударной волне, если же $\Delta P_{\phi \text{ lim}} < \Delta P_{\phi \text{ max}}$ — неустойчив.

5. На основе анализа результатов оценки устойчивости делаются выводы и предложения по каждому цеху, участку и объекту в целом; разрабатываются предложения по повышению предела устойчивости объекта. Целесообразным пределом повышения устойчивости может считаться значение избыточного давления (ΔP_{ϕ}), вызывающее такую степень и характер разрушений на объекте, при которых восстановление его будет реальным. Предел устойчивости объекта необходимо повышать до $\Delta P_{\phi \text{ max}}$. Однако если придется при этом повышать пределы устойчивости многих элементов, что потребует значительных экономических затрат, то целесообразный предел необходимо уменьшить.

Поражающее действие светового излучения определяется поглощенной частью светового импульса. Световое излучение, воздействуя на незащищенных людей, вызывает ожоги открытых участков тела и поражает глаза. Воздействие светового излучения на здания и сооружения объекта проявляется в возникновении пожаров. На предприятиях могут образовываться отдельные и сплошные пожары, а также горения и тления в завалах. В качестве показателя устойчивости объекта к воздействию светового излучения принимается минимальное значение светового импульса, при котором может произойти воспламенение материалов или конструкций зданий и сооружений, в результате чего возникнут пожары на объекте. Это значение принято считать пределом устойчивости объекта к воздействию светового излучения $U_{\text{св. lim}}$.

Оценка уязвимости объекта при воздействии светового излучения начинается с определения максимального значения светового импульса ($U_{\text{св. max}}$) и значения максимального избыточного давления $\Delta P_{\phi \text{ max}}$, ожидаемых на объекте. Для оценки необходимы следующие исходные данные: характеристика зданий и сооружений; вид производства и используемые в технологическом процессе горючие вещества и материалы; вид готовой продукции; ожидаемая степень разрушения зданий и сооружений от воздействия ударной волны.

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение светового импульса ($U_{\text{св. max}}$) по прил. 6. Найденное значение необходимо для установления предела повышения противопожарной устойчивости объекта.

2. Определяется степень огнестойкости зданий и сооружений объекта. С этой целью изучается каждое здание и сооружение объекта и определяется, из каких материалов выполнены основные конструкции (части) здания, а также устанавливается предел огнестойкости этих конструкций. Степень огнестойкости определяется по прил. 7. Характеристики здания, результаты оценки занос-

сятся в табл. 2.2.

3. Выявляется категория производства по пожарной опасности. Для этого изучаются характер технологического процесса в здании и виды используемых в производстве материалов и веществ, а также вид готовой продукции. На основании этого по прил. 8 определяется категория производства по пожарной опасности.

4. Выявляются сгораемые материалы. С этой целью изучается каждое здание, производственные установки и выявляется наличие в конструкциях элементов, которые выполнены из сгораемых материалов. Затем по прил. 9 определяется величина светового импульса, при которой воспламеняются сгораемые материалы.

На основании полученных данных определяется предел устойчивости объекта к световому излучению. Объект считается устойчивым, если при ожидаемом максимальном световом импульсе не загораются какие-либо элементы или материалы, т. е. при условии, что $U_{\text{св. lim}} \geq U_{\text{св. max}}$.

5. На основании анализа результатов оценки делаются выводы и предложения в целом; разрабатываются предложения по повышению предела устойчивости объекта к световому излучению. Повышение устойчивости объекта сводится в конечном итоге к замене легковоспламеняющихся материалов конструкций зданий материалами, воспламеняющимися при более высоком световом импульсе.

Воздействие проникающей радиации на производственную деятельность предприятия проявляется главным образом через ее действие на людей. Поражение людей проникающей радиацией зависит от дозы облучения. В зависимости от полученной организмом человека дозы облучения различают четыре степени лучевой болезни. Такое же воздействие на производственную деятельность предприятия оказывает и радиоактивное заражение. Однако в отличие от проникающей радиации, действующей в течение нескольких секунд, гамма-излучение на местности, зараженной радиоактивными веществами, действует на организм более продолжительное время. Практически не приводят к существенному снижению трудоспособности следующие дозы излучения: при однократном облучении (в течение 4 суток) — 50 Р, при многократном облучении (за месяц) — 100 Р, (за 3 месяца) — 200 Р, (за год) — 300 Р.

За критерий устойчивости промышленного объекта в условиях воздействия проникающей радиации и радиоактивного заражения принимается допустимая (установленная) доза облучения, которую могут получить люди за время работы смены в конкретных условиях. Это значение принято считать пределом устойчивости объекта в условиях радиоактивного заражения $P1_{\text{lim}}$.

Оценка устойчивости объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения начинается с определения максимального уровня радиации, ожидаемого на объекте. Для оценки необходимы следующие данные: максимальная доза проникающей радиации $D_{\text{пр. max}}$ и максимальный уровень радиации на 1 ч после взрыва $P1_{\text{max}}$; характеристика производственных участ-

ков (конструкция здания, этажность, месторасположение); характеристика убежищ (тип, материал, толщина каждого защитного слоя перекрытия).

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение уровня радиации, ожидаемого на объекте, находящемся на заданном расстоянии R_x от точки прицеливания. По прил. 2 при заданной скорости ветра V_B и R_x находится ожидаемое значение уровня радиации на 1 ч после взрыва $P_{1\max}$. По прил. 3 для заданных q и R_x находится доза проникающей радиации $D_{пр.\max}$.

2. Определяется степень защищенности рабочих и служащих зданием и убежищем, в которых будет работать или укрываться производственный персонал. Значения коэффициентов ослабления для основных типов зданий и сооружений приведены в прил. 10, при этом отдельно от радиоактивного заражения ($K_{осл.зд.рз}$) и проникающей радиации ($K_{осл.зд.пр}$).

Коэффициент ослабления убежища зависит от его типа (встроенное или отдельно стоящее), толщины материала перекрытия, места расположения и рассчитывается по формуле

$$K_{осл} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}}, \quad (2)$$

где K_p — коэффициент, учитывающий расположение объекта, определяется по прил. 4;

n — число защитных слоев материалов перекрытия защитного сооружения;

h_i — толщина i -го защитного слоя;

d_i — толщина слоя половинного ослабления, определяется по прил. 5, см.

Данные расчетов заносятся в табл. 2.3.

3. Определяются дозы излучения, которые может получить производственный персонал при воздействии проникающей радиации и радиоактивного заражения. Доза облучения, которую могут получить рабочие и служащие объекта, определяется с учетом ослабления радиации конструкциями здания по формуле

$$D = \frac{D_{откр}}{K_{осл}}, \quad (3)$$

где $D_{откр}$ — доза облучения, которую могут получить люди на открытой местности.

Доза проникающей радиации на открытой местности $D_{откр.пр}$ определяется по прил. 3.

Доза облучения при воздействии радиоактивного заражения на открытой местности определяется по формуле

$$D_{\text{откр.рз}} = 5 \cdot (P_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}} - P_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}}), \quad (4)$$

где $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ — уровни радиации в начале и в конце пребывания на зараженной местности, Р/ч;

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ — время начала и окончания облучения относительно момента взрыва, ч

Уровень радиации в конце пребывания на зараженной местности определяется из соотношения

$$P_{\text{к}} = \frac{P1_{\text{max}}}{K}, \quad (5)$$

где K — коэффициент пересчета уровней радиации, определяемый по прил. 11.

Время окончания облучения ($t_{\text{к}}$) равно сумме времени начала и продолжительности работы ($t_{\text{р}}$), т. е.

$$t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + t_{\text{р}}.$$

4. Определяется предел устойчивости объекта в условиях радиоактивного заражения ($P1_{\text{lim}}$), т. е. предельное значение уровня радиации, при котором возможна производственная деятельность в обычном режиме и персонал не получит дозу облучения, более установленной:

$$P1_{\text{lim}} = \frac{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}}{5 \cdot (t_{\text{н}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}, \quad (6)$$

где $D_{\text{уст}}$ — допустимая (установленная) доза излучения для работающей смены.

Если $P1_{\text{lim}} < P1_{\text{max}}$, то объект неустойчив к радиоактивному заражению, и наоборот.

5. На основании полученных данных делаются выводы и предложения по повышению устойчивости (герметизация производственных помещений, повышение защитных свойств убежищ и укрытий и другие).

2. Примеры решения задач по оценке устойчивости промышленного объекта

Задача 1.

Оценить устойчивость сборочного цеха машиностроительного завода к воздействию ударной волны ядерного взрыва. Завод расположен на расстоянии 5,5 км от вероятной точки прицеливания, ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 1,1 \text{ км}$. Характеристика цеха: здание одноэтажное, кирпичное; перекрытия из железобетонных плит; тех-

нологическое оборудование включает мостовые краны и крановое оборудование, тяжелые станки; коммунально–энергетическая сеть (КЭС) состоит из системы подачи воздуха для пневмоинструмента (трубопроводы на металлических эстакадах) и кабельной наземной электросети.

Решение.

1. Определяем максимальное значение избыточного давления, ожидаемого на территории завода. Для этого находим минимальное расстояние до возможного центра взрыва по формуле (1)

$$R_x = R_r - R_{отк} = 5,5 - 1,1 = 4,4 \text{ км} .$$

2. По прил. 1 находим избыточное давление $\Delta P_{ф\max}$ на расстоянии 4,4 км для боеприпаса мощностью $q = 0,5 \text{ Мт}$ при наземном взрыве. Оно составляет $\Delta P_{ф\max} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$.

3. Выделяем основные элементы цеха и определяем их характеристики. Характеристики берем из задания и записываем в сводную табл. 2.1.

4. По прил. 12 находим для каждого элемента цеха $\Delta P_{ф}$, вызывающие слабые, средние и сильные разрушения. Эти данные отражаем в табл. 2.1 условными знаками.

5. Находим предел устойчивости каждого элемента цеха, т. е. избыточное давление, вызывающее средние разрушения. Так, здание имеет предел устойчивости к ударной волне $0,2 \text{ кгс/см}^2$, станки тяжелые — $0,4 \text{ кгс/см}^2$ и т. д.

6. Определяем предел устойчивости цеха в целом по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав элементов. Сопоставляя пределы устойчивости всех элементов цеха, находим, что предел устойчивости сборочного цеха $\Delta P_{ф\lim} = 0,2 \text{ кгс/см}^2$.

7. Анализируем результаты оценки и делаем выводы и предложения по повышению устойчивости цеха к ударной волне.

Таблица 2.1

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию ударной волны

Элементы цеха и краткая характеристика	Степень разрушения при $\Delta P_{ф}$, кгс/см ²									Предел устойчив., кгс/см ²
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Здание: одноэтажное, кирпичное; перекрытия из железобетонных плит										0,2

Внутреннее оборудование: мостовые краны, крановое оборудование; тяжелые станки									0,3
									0,4
КЭС: воздуховоды на металлических эстакадах, кабельная наземная электросеть									0,3
									0,3

Примечания: 1. Предел устойчивости цеха $0,2 \text{ кгс/см}^2$.

2. Условные обозначения:  — слабые разрушения;  — средние разрушения;  — сильные разрушения.

ния.

Выводы.

1. На территории цеха вероятное максимальное избыточное давление может составлять $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$, а предел устойчивости цеха к ударной волне — $0,2 \text{ кгс/см}^2$, что меньше $\Delta P_{\text{ф max}}$, и, следовательно, цех неустойчив к ударной волне; наиболее слабый элемент — здание цеха.

2. Так как ожидаемое максимальное избыточное давление ударной волны $0,3 \text{ кгс/см}^2$, а предел устойчивости большинства элементов цеха более $0,3 \text{ кгс/см}^2$, то целесообразно повысить предел устойчивости цеха до $0,3 \text{ кгс/см}^2$.

3. Для повышения устойчивости цеха к ударной волне необходимо: повысить устойчивость здания цеха устройством подкосов, дополнительных рамных конструкций, обваловкой здания.

Задача 2. Определить устойчивость механического цеха машиностроительного завода к воздействию светового излучения ядерного взрыва. Завод располагается на расстоянии 6 км от центра города, по которому вероятен ядерной воздушный удар; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$, вероятное максимальное отклонение эпицентра взрыва от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 0,8 \text{ км}$. Здание цеха: одноэтажное, кирпичное, предел огнестойкости стен 2,5 ч; чердачное перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (толь по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет; в цехе ведется обточка и фрезеровка деталей машин.

Решение. 1. Определяем максимальные значения избыточного давления ударной волны ($\Delta P_{\text{ф max}}$) и светового импульса ($U_{\text{св. max}}$). Для этого находим

вероятное минимальное расстояние до возможного центра взрыва по формуле

$$R_x = R_r - R_{отк} = 6 - 0,8 = 5,2 \text{ км}.$$

2. По прил. 1 находим максимальное избыточное давление $\Delta P_{ф\max} = 0,25 \text{ кгс/см}^2$, а по прил. 6 — максимальный световой импульс $U_{св.\max} = 30 \text{ кал/см}^2$.

3. Определяем степень огнестойкости здания цеха. Для этого изучаем его характеристику из условий примера; выбираем данные о материалах, из которых выполнены основные конструкции здания, и определяем предел их огнестойкости. По прил. 7 находим, что по указанным в условиях примера параметрам здание цеха относится ко II степени огнестойкости. Результаты оценки, а также характеристики здания и его элементов заносим в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию светового излучения

I	II	III	IV	V	VI	VII
Здание одноэтажное, кирпичное; перекрытия из ж/б плит; предел огнестойк. несущих стен 2,5 ч, перекрытий — 1 ч	II	Д	Двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет. Кровля толевая по деревянной обрешетке.	7,5 15,5	7,5	Средние

Примечание: I — элемент объекта; II — степень огнестойкости здания; III — категория пожарной опасности производства; IV — возгораемые элементы (материалы) в здании и их характеристика; V — величина светового импульса, вызывающая воспламенение сгораемых элементов, кал/см^2 ; VI — предел устойчивости здания к световому излучению, кал/см^2 ; VII — разрушения зданий при $\Delta P_{ф\max}$.

4. Определяем категорию пожарной опасности производства. В цехе производство связано с обработкой металлов в холодном состоянии. Горючие материалы не применяются, поэтому в соответствии с прил. 8 механический цех завода относится к категории Д.

5. Выявляем в конструкциях здания элементы, выполненные из сгораемых материалов, и изучаем их характеристики. Такими элементами являются: двери и оконные рамы, выполненные из дерева и окрашенные в темный цвет; кровля толевая по деревянной обрешетке.

По прил. 9 деревянные двери и оконные рамы воспламеняются от светового импульса $U_{св} = 7,5 \text{ кал/см}^2$, толевая кровля — $15,5 \text{ кал/см}^2$.

6. Определяем предел устойчивости цеха к световому излучению по минимальному световому импульсу. Пределом устойчивости цеха к световому излучению является $U_{св.\lim} = 7,5 \text{ кал/см}^2$. Так как $U_{св.\lim} < U_{св.\max}$, то цех неус-

тойчив к световому излучению.

7. Определяем степень разрушения здания цеха от ударной волны при ожидаемом максимальном избыточном давлении по прил. 12. При $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,25 \text{ кгс/см}^2$ здание цеха (одноэтажное, кирпичное) получит средние разрушения.

Выводы. 1. На объекте ожидается максимальный световой импульс 30 кал/см^2 , что вызовет сложную пожарную обстановку. Цех завода окажется в зоне сплошного пожара.

2. Цех завода неустойчив к световому излучению. Предел устойчивости цеха $7,5 \text{ кал/см}^2$.

3. Пожарную опасность для цеха представляют двери, оконные рамы и переплеты, выполненные из дерева и окрашенные в темный цвет, а также толевая кровля по деревянной обрешетке.

4. Целесообразно повысить предел устойчивости механического цеха, проводя следующие мероприятия: заменить деревянные оконные рамы и переплеты металлическими; обить двери кровельной сталью; заменить кровлю здания цеха асбоцементной; провести в цехе профилактические противопожарные меры (увеличить количество средств пожаротушения, своевременно убирать производственный мусор в здании цеха и на его территории).

Задача 3. Оценить устойчивость работы сборочного цеха машиностроительного завода к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения наземного ядерного взрыва. Завод расположен на окраине города; удаление объекта от точки прицеливания 9 км, ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 1 \text{ км}$. Скорость ветра $V_{\text{в}} = 50 \text{ км/ч}$. Направление — в сторону объекта. Здание цеха одноэтажное, кирпичное, расположено в районе застройки; убежище для укрытия рабочих цеха встроенное (в здании цеха); перекрытие из железобетона толщиной 40 см и грунтовая подушка 25 см; максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; установленная доза облучения ($D_{\text{уст}}$) 25 Р.

Решение. 1. Определяем максимальное значение уровня радиоактивного заражения и дозы проникающей радиации, ожидаемых на территории завода, для чего:

а) рассчитываем возможное минимальное расстояние от объекта эпицентра взрыва по формуле (1):

$$R_{\text{x}} = R_{\text{г}} - R_{\text{отк}} = 9 - 1 = 8 \text{ км};$$

б) по прил. 2 при $q = 0,5 \text{ Мт}$, $R_{\text{x}} = 8 \text{ км}$ находим ожидаемое значение уровня радиации на объекте на 1 ч после взрыва $P1_{\text{max}} = 6900 \text{ Р/ч}$;

в) по прил. 3 определяем максимальную дозу проникающей радиации $D_{\text{пр}}$, ожидаемую на объекте: $D_{\text{пр}} = 0$.

Таким образом, на территории цеха максимальный уровень радиации радиоактивного заражения составит 6900 Р/ч. Действия проникающей радиации в районе цеха не ожидается.

2. Определяем коэффициенты ослабления дозы излучения зданием и убежищем, для чего:

а) по прил. 10 находим коэффициенты ослабления для здания цеха от радиоактивного заражения и проникающей радиации по данным характеристикам здания цеха. Для производственного одноэтажного здания $K_{\text{осл.зд.рз.}}=7$, $K_{\text{осл.зд.пр}}=5$;

б) рассчитываем коэффициенты ослабления дозы облучения убежищем отдельно для радиоактивного заражения и проникающей радиации по следующим исходным данным: перекрытие убежища состоит из слоя бетона $h_1 = 40$ см и слоя грунта $h_2 = 25$ см; слои половинного ослабления материалов от радиоактивного заражения находим по прил. 5. Они составляют: от радиоактивного заражения для бетона — $d_1 = 5,7$ см, для грунта $d_2 = 8,1$ см;

в) по прил. 4 находим коэффициент K_p , учитывающий условия расположения убежища ($K_p = 8$ для убежища, встроенного в районе застройки).

Рассчитываем коэффициент ослабления дозы облучения убежищем для РЗ по формуле (2):

$$K_{\text{осл.уб.рз}} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = 8 \cdot 2^{40/5,7} \cdot 2^{25/8,1} = 8719$$

Коэффициент ослабления проникающей радиации рассчитываем по тем же данным, что и для РЗ, за исключением слоев половинного ослабления, которые составляют для бетона $d_1 = 10$ см, для грунта $d_2 = 14,4$ см:

$$K_{\text{осл.уб.пр}} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = 8 \cdot 2^{40/10} \cdot 2^{25/14,4} = 426$$

Данные расчета заносим в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения

Элемент цеха	Характеристика	$K_{\text{осл.}}$		Доза облучения, Р	
		от ПР	от РЗ	от ПР	от РЗ
1	2	3	4	5	6
Здание цеха	Одноэтажное, кирпичное в районе застройки	5	7	—	1920
Убежище	Встроенное в здание цеха. Перекрытие: бетон толщиной 40 см, грунт слоем 25 см	426	8719	—	1,5

3. Определяем дозу облучения, которую могут получить рабочие, находясь в здании и убежище, за рабочую смену ($t_p = 12$ ч).

Доза облучения в условиях РЗ в здании цеха рассчитывается по формулам (3 – 5):

$$D_{зд.рз} = \frac{D_{откр}}{K_{осл.зд.рз}} = \frac{5 \cdot (P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k)}{K_{осл.зд.рз}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{7} = 1920 \text{ Р}$$

так как $P_k = \frac{P_1}{K} = \frac{6900}{21,71} = 324 \text{ Р/ч}$,

(коэффициент К находим по прил. 11), $t_k = t_n + t_p = 1 + 12 = 13$ ч.

Так как для убежища коэффициент ослабления радиации от РЗ равен 8719, то доза облучения в убежище составит

$$D_{зд.рз} = \frac{D_{откр}}{K_{осл.уб.рз}} = \frac{5 \cdot (P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k)}{K_{осл.уб.рз}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{8719} = 1,5 \text{ Р}$$

Доза облучения от проникающей радиации на объекте равна 0 (см. п. 1).

4. Определяем предел устойчивости работы объекта в условиях РЗ по формуле (6):

$$P_{1\text{lim}} = \frac{D_{уст} \cdot K_{осл}}{5 \cdot (t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2})} = \frac{25 \cdot 7}{5 \cdot (1^{-0,2} - 13^{-0,2})} = \frac{175}{5 \cdot (1 - 0,6)} = 87 \text{ Р/ч}$$

Так как $P_{1\text{lim}} < P_{1\text{max}}$, то объект неустойчив к радиоактивному заражению.

Выводы. 1. На территории объекта максимальный уровень радиации может составлять 6900 Р/ч на 1 ч после взрыва. Действие проникающей радиации маловероятно.

2. Сборочный цех неустойчив к воздействию РЗ. Защитные свойства здания цеха не обеспечивают непрерывности работы в течение 12 ч В условиях максимального уровня радиации рабочие получают дозу 1920 Р, что значительно больше допустимой однократной дозы облучения (50 Р).

3. Убежище цеха обеспечивает надежную защиту, доза облучения в нем составит 1,5 Р.

4. Для повышения устойчивости работы цеха в условиях РЗ необходимо провести следующие мероприятия:

а) повысить степень герметизации здания цеха, для чего: обеспечить плотное закрытие окон и дверей; подготовить щиты для закрытия оконных проемов при разрушении остекления; предусмотреть закладку кирпичом одной трети оконных проемов;

б) разработать режимы радиационной защиты людей и оборудования цеха

в условиях РЗ местности.

3. Варианты задач для самостоятельной работы

Задача 1. Оценить устойчивость узла связи к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Узел связи расположен на расстоянии (R_r) 4,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1,2$ км. Здание узла связи одноэтажное кирпичное; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 2,5 ч, перекрытие из железобетонных плит с пределом стойкости 1 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: воздушные линии телефонно–телеграфной связи и кабельные наземные линии связи. Коммунально–энергетические системы: кабельная наземная электросеть; водо– и газопроводы заглубленные. На узле связи ведется проверка и ремонт радиоаппаратуры.

Рабочих и служащих узла связи предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого из железобетона толщиной 30 см и грунтовой подушки 20 см, максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 25 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону узла связи.

Задача 2. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 4,7 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,5$ км. Здание цеха с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 2 ч, перекрытие сгораемое; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально–энергетические системы: трансформаторная подстанция закрытого типа и трубопроводы на металлических эстакадах. В цехе ведется сборка и настройка радиоаппаратуры.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном внутри цеха убежище, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 60 см и грунтовой подушки 30 см; максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 20 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 3. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядер-

ного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 4,2 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1,2$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 3 ч; перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (только по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: контрольно-измерительная аппаратура; подъемно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические системы: сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций и трубопроводы, заглубленные на 20 см. В цехе ведется сборка электродвигателей и проверка их работоспособности.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном отдельно стоящем убежище, перекрытие которого состоит из кирпичной кладки толщиной 50 см и грунтовой подушки 40 см; максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 4. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 6 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,5$ км. Здание цеха с металлическим каркасом и бетонным заполнением; предел огнестойкости несущих стен 3 ч; перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в белый цвет.

Внутреннее оборудование: контрольно-измерительная аппаратура и ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально-энергетические системы: трансформаторная подстанция закрытого типа и кабельные наземные линии. В цехе ведется сборка ЭВМ и их настройка.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном внутри здания убежище, перекрытие которого состоит из слоя бетона толщиной 30 см и грунтовой подушки — 40 см; максимальная продолжительность рабочей смены 9 ч; допустимая доза облучения 25 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону завода.

Задача 5. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,8$ км. Здание цеха кирпичное двухэтажное; предел огне-

стойкости несущих стен 2,5 ч; чердачные перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: станки тяжелые, краны и крановое оборудование. Коммунально–энергетические системы: трубопроводы, заглубленные на 20 см и трансформаторная подстанция закрытого типа. В цехе ведется сборка и настройка тяжелых станков.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном внутри здания убежище, перекрытие которого состоит из слоя бетона толщиной 39,9 см и грунтовой подушки — 24,3 см; максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 6. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 8,4 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 1 \text{ Мт}$; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 0,9 \text{ км}$. Здание цеха одноэтажное с легким металлическим каркасом и стеновым бетонным заполнением; предел огнестойкости несущих стен из негоряемых материалов 2,5 ч, перекрытия из трудносгораемых материалов с пределом стойкости 0,25 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: трансформаторы от 100 до 1000 кВ и магнитные пускатели. Коммунально–энергетические системы: кабельные наземные линии и контрольно–измерительная аппаратура. В цехе ведется сборка электродвигателей.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем в районе застройки убежище, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 40,5 см и грунтовой подушки — 56,7 см, максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 35 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 7. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 0,6 \text{ км}$. Здание цеха одноэтажное кирпичное; предел огнестойкости несущих стен из трудносгораемых материалов 0,5 ч; чердачные перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт и подъемно–транспортное оборудование. Коммунально–энергетические системы:

кабельные наземные линии и сети коммунального хозяйства (водопровод, газопровод) заглубленные. В цехе ведется сборка электродвигателей мощностью до 10 кВт.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном внутри производственного комплекса убежище, перекрытие которого состоит из кирпичной кладки толщиной 26,1 см и грунтовой подушки — 48,6 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 8. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1$ км. Здание цеха с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 3 ч; перекрытия из негорючих материалов — 1 ч; кровля мягкая (только по деревянное обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: станки средние и ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально-энергетические системы: трубопроводы на железобетонных эстакадах и сооружения коммунального хозяйства без ограничивающих конструкций. В цехе ведется сборка и настройка средних станков.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном убежище в отдельно стоящем здании; перекрытие убежища состоит из кладки бутовой толщиной 27 см и грунтовой подушки — 32,4 см, максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 35 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 9. Оценить устойчивость узла связи к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Узел связи расположен на расстоянии (R_r) 4,2 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,6$ км. Здание узла связи с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен 2,5 ч, перекрытие из негорючих материалов с пределом стойкости 0,25 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и контрольно-измерительная аппаратура. Средства связи: радиостанции и воздушные линии телефонно-телеграфной связи.

Обслуживающий персонал предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище вне района застройки; перекрытие убежища состоит из утрамбованной глины толщиной 25,2 см и грунтовой подушки — 40,5 см, максимальная

продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 40 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону узла связи.

Задача 10. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,8$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из трудностгораемых материалов 2,5 ч; перекрытия из трудностгораемых материалов — 0,25 ч; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Средства связи: радиостанции и радиорелейные линии. В цехе проводится сборка и настройка средств радиосвязи.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 40,5 см и грунтовой подушки — 40,5 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 11. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,6 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,7$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из нестгораемых материалов 0,5 ч; перекрытия из стгораемых материалов; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет. В цехе ведется сборка ЭВМ.

Внутреннее оборудование: контрольно-измерительная аппаратура и подъемно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические системы: кабельные наземные линии и сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого состоит из бутовой кладки толщиной 27 см и грунтовой подушки — 32,4 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 12. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,1$ Мт; взрыв воздушный;

вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,6$ км. Здание цеха одноэтажное с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового металла; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 0,5 ч; перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и трансформаторы от 100 до 1000 кВ. Коммунально-энергетические системы: трубопроводы на металлических эстакадах и сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций. В цехе ведется сборка электродвигателей.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном убежище внутри производственного комплекса; перекрытие убежища состоит из бетона толщиной 22,8 см и грунтовой подушки — 24,3 см, максимальная продолжительность рабочей смены 13 ч; допустимая доза облучения 40 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под устойчивостью работы промышленного объекта?
2. Перечислить факторы, влияющие на повышение устойчивости работы промышленного объекта в особый период?
3. Дать определение очага ядерного поражения и перечислить его поражающие факторы.
4. Пояснить, к чему приводит воздействие ударной волны на организм человека.
5. Рассказать о воздействии ударной волны на промышленные здания и сооружения.
6. Пояснить, к чему приводит воздействие светового излучения на организм человека.
7. Рассказать о способах защиты человека от ударной волны и светового излучения.
8. Пояснить, к чему приводит воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения на организм человека.
9. Рассказать о способах защиты человека от проникающей радиации и радиоактивного заражения.
10. Пояснить, к чему приводит воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения в больших и малых дозах на промышленные здания и сооружения.

Приложение 1

Избыточное давление ударной волны (ΔP_{ϕ}) при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва, кгс/см²

Q, кг	Избыточное давление ΔP_{ϕ} , кгс/см ²							
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1
	Расстояние до эпицентра взрыва, км							
100	1,40	1,60	1,70	2,10	2,60	3,80	4,40	6,50
	1,50	1,70	1,90	2,20	2,50	3,20	3,90	5,20
200	1,60	1,80	1,90	2,50	2,90	4,40	5,50	7,90
	1,80	2,00	2,20	2,60	3,00	3,80	4,90	6,40
300	1,85	2,07	2,27	2,80	3,35	4,95	6,35	9,10
	2,10	2,30	2,55	2,93	3,60	4,40	5,65	7,30
500	2,30	2,60	3,00	3,40	4,20	6,00	7,55	11,50
	2,60	2,80	3,20	3,60	4,40	5,50	6,70	9,00
1000	3,00	3,30	3,60	4,30	5,00	7,50	9,50	14,30
	3,50	3,60	4,00	4,50	5,40	7,00	8,40	11,20

Примечание: Верхнее число — для воздушного взрыва, нижнее — для наземного.

Приложение 2

Уровни радиации на оси наземного взрыва на 1 ч, Р/ч

R _x , км	Мощность боеприпаса, кг						
	50	100	200	300	500	1000	2000
	Скорость ветра 25 км/ч						
2	8500	14000	25000	35700	57000	100000	195000
4	3200	5700	10000	14300	23000	44000	64800
6	2000	3600	6800	9200	14000	28000	52800
8	1200	2400	4700	6800	11000	19000	34900
10	830	1500	3200	4800	8000	15000	27300
12	620	1200	2500	3600	5600	11000	21600
	Скорость ветра 50 км/ч						
2	5000	9350	17100	26800	38100	69200	125500
4	2200	4000	7500	10700	17000	31000	59800
6	1400	2610	4750	6700	10500	20800	36800
8	910	1740	3010	4800	6900	13000	24600
10	730	1260	2400	3500	5300	9900	18000
12	560	1030	1900	2880	4300	8800	16000

Приложение 3

Доза проникающей радиации при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Мощность боеприпаса, кг	Доза проникающей радиации, Р							
	0	5	10	20	30	50	100	200
	Расстояние до центра взрыва, км							
50	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,05	1,8	1,7
100	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,25	2,1	1,9
200	3,2	3,1	3,0	2,7	2,6	2,5	2,3	2,1
300	3,3	3,2	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3
500	3,5	3,4	3,2	3,0	2,9	2,75	2,6	2,4
1000	3,8	3,65	3,45	3,25	3,1	3,0	2,8	2,65
2000	4,2	4,0	3,8	3,6	3,45	3,25	3,15	2,95

Приложение 4

Коэффициент условий расположения убежища (K_p)

Условия расположения	K_p
Отдельно стоящее убежище вне застройки	1
Отдельно стоящее убежище в районе застройки	2
Встроенное в отдельно стоящем здании убежище: для выступающих из земли стен для перекрытий	2
	4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище: для выступающих из земли стен для перекрытий	4
	8

Приложение 5

Толщина слоя половинного ослабления радиации для различных материалов (d), см

Материал	Толщина слоя, см	
	Гамма-излучение радиоактивного заражения	Гамма-излучение проникающей радиации
Вода	13	23
Древесина	18,5	33
Грунт	8,1	14,4
Кирпич	8,1	14,4
Бетон	5,7	10
Кладка кирпичная	8,7	15
Кладка бутовая	5,4	9,6
Глина утрамбованная	6,3	11

Приложение 6

Световые импульсы при различных мощностях
ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Q, кГ	Световые импульсы, кал/см ²										
	72,5	42,5	30	25	20	18	16	15	14	12	10
	Расстояние от центра (эпицентра) взрыва, км										
100	1,7	2,3	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6	3,7	3,9	4,2	4,6
	1,0	1,3	1,5	1,6	1,9	2,0	2,1	2,15	2,2	2,4	2,7
200	2,1	2,7	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,5	4,7	5,8	6,9
	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2
300	2,5	3,3	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	6,4	7,7
	1,4	1,8	2,2	2,4	2,6	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7
500	3,3	4,4	5,2	5,5	5,9	6,3	6,6	6,8	7,0	8,0	9,0
	1,8	2,4	2,8	3,0	3,2	3,6	3,8	3,9	4,1	4,4	4,8
1000	5,0	6,4	7,7	8,6	8,8	9,0	10,0	10,6	11,2	13,6	14,8
	3,1	4,0	4,8	4,9	5,1	5,6	6,2	6,6	6,8	7,2	7,8

Примечание. Верхнее число — для воздушного взрыва, нижнее — для наземного.

Приложение 7

Характеристика огнестойкости зданий и сооружений

Степень огнестойкости зданий	Несущие и самонесущие стены, стены лестничных клеток	Заполнение между стенами	Совмещенные перекрытия	Перегородки (несущие)
I	Несгораемые 3 ч	Несгораемые 3 ч	Несгораемые 1 ч	Несгораемые 1 ч
II	То же 2,5 ч	То же 0,25 ч	То же 0,25 ч	То же 0,25 ч
III	То же 2 ч	То же 0,25 ч	Сгораемые	Трудногораем. 0,25 ч
IV	Трудногораемые 0,5 ч	Трудногораем. 0,25 ч	То же	То же 0,25 ч
V	Сгораемые	Сгораемые	То же	Сгораемые

Категории производств по пожарной опасности

Категория производства	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Наименование производства
1	2	3
А	Применение веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия: воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже, горючих газов, которые взрываются при их содержании в воздухе 10% и менее к объему воздуха	Цехи обработки и применения металлического натрия или калия; водородные станции; химические цехи фабрик шелка; цехи дистилляции и газофракционирования производства искусственного жидкого топлива с температурой вспышки паров 28°C и ниже; склады баллонов для горючих газов, бензина; помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже
Б	Применение жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C; горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха; применение этих газов и жидкостей в количествах, которые могут	Цехи приготовления угольной пыли и древесной муки; промывочно—пропарочные станции тары от мазута и других жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C; размольные отделения мельниц; цехи обработки каучука; цехи изготовления сахарной пудры; мазутное хозяйство электростанций; насосные станции по перекачке жидкостей
	образовать с воздухом взрывоопасные смеси	с установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C и т.п.
В	Обработка и применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C	Лесопильные, деревообрабатывающие, столярные и лесотарные цехи; трикотажные и швейные фабрики; цехи текстильной и бумажной промышленности с сухими процессами производства; льнозаводы; зерноочистительные отделения мельниц и зерновые элеваторы; склады топливно—смазочных материалов; трансформаторные мастерские; закрытые склады угля и торфа; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C;

1	2	3
		Помещения для хранения автомобилей
Г	Обработка несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии и при выделении лучистого тепла, систематическом выделении искр и пламени, а также сжигание твердого, жидкого и газообразного топлива	Литейные и плавильные цехи металлов; кузницы; сварочные цехи; цехи прокатки металлов; мотороиспытательные станции; депо мотовозные и паровозные; помещения двигателей внутреннего сгорания; высоковольтные лаборатории; котельные и другие
Д	Обработка несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии	Механические цехи холодной обработки материалов; депо электровозов; инструментальные цехи; цехи холодной штамповки и холодного проката металлов; добыча и холодная обработка минералов, руд, асбеста, солей и других негорючих материалов; цехи переработки мясных, рыбных и молочных продуктов и другие

Приложение 9

Световые импульсы, кал/см², вызывающие воспламенение некоторых материалов при различных мощностях ядерного боеприпаса

Материалы	Мощность боеприпаса, кт			
	20	100	1000	10000
Доски сосновые (еловые) после распила	41,75	44	47	52,5
Доски, окрашенные в белый цвет	40	41,75	44	47
Доски, окрашенные в темный цвет	5,25	6,25	8,25	15
Кровля мягкая (толь, рубероид)	13,5	14,75	19,25	21
Черепица красная	21	26,25	31,5	41,75

Приложение 10

Коэффициенты ослабления доз радиации зданиями и сооружениями ($K_{\text{осл.зд.рз}}$ и $K_{\text{осл.зд.пр}}$)

Здания и сооружения	От радиоактивного заражения	От проникающей радиации
Производственные кирпичные одноэтажные здания (цехи)	7	5
Здания из сборного железобетона	8	6
Здания с легким металлическим каркасом	5	4
Здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением	12	8
Кирпичное одноэтажное здание	10	6
Одноэтажное здание с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового железа	7	5

Приложение 11

Коэффициент пересчета уровней радиации на заданное время t , прошедшее после взрыва (K_2)

$t, \text{ч}$	K_2								
0,25	0,19	2,00	2,30	4,00	5,28	8,00	12,13	14,00	23,73
0,30	0,24	2,25	2,65	4,50	6,08	8,50	13,04	15,00	25,73
0,50	0,43	2,50	3,00	5,00	6,90	9,00	13,96	16,00	27,86
0,75	0,71	2,75	3,37	5,50	7,73	9,50	14,90	17,00	29,95
1,00	1,00	3,00	3,74	6,00	8,59	10,00	15,85	18,00	32,08
1,25	1,31	3,25	4,11	6,50	9,45	11,00	17,77	19,00	34,21
1,50	1,63	3,50	4,50	7,00	10,33	12,00	19,72	20,00	36,44
1,75	1,66	3,75	4,88	7,50	11,22	13,00	21,71		

Степени разрушения элементов объекта при различных
избыточных давлениях, кгс/см²

Элемент объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
1	2	3	4
1. Производственные здания и сооружения			
1. Здания с легким металлическим каркасом	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5
2. Здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30 %	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
3. Здания из сборного железобетона	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,6
4. Одноэтажные здания с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового металла	0,05 – 0,07	0,07 – 0,1	0,1 – 0,15
5. Кирпичные бескаркасные здания с перекрытием из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	0,1 – 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,45
6. Кирпичные малоэтажные здания (один-два этажа)	0,08 – 0,15	0,15 – 0,25	0,25 – 0,35
2. Некоторые виды оборудования			
1. Станки тяжелые	0,25 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7
2. Станки средние	0,15 – 0,25	0,25 – 0,35	0,35 – 0,45
3. Краны и крановое оборудование	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7
4. Подъемно-транспортное оборудование	0,2 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6 – 0,8
5. Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	0,05 – 0,06	0,06 – 0,1	0,1 – 0,2
6. Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
7. Контрольно-измерительная аппаратура	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3
8. Магнитные пускатели	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6
3. Коммунально-энергетические сооружения и сети			
1. Трансформаторные подстанции закрытого типа	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7
2. Кабельные наземные линии	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
3. Трубопроводы, заглубленные на 20 см	1,5 – 2,0	2,0 – 3,5	3,5 – 5,0
4. Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6

1	2	3	4
5. Сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные	1–2	2–10	10–15
6. Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	0,5–15	1,5–2,5	2,5–3,0
4. Средства связи			
1. Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 1,0
2. Кабельные наземные линии связи	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
3. Радиостанции	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 1,1
4. Радиорелейные линии и стационарные воздушные линии связи	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 1,2

Литература

1. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. — Киев, 1989.
2. Асаенок И.С. и др. Защита населения и хозяйственных объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях. Уч. пособие. — Мн., 2000.

Учебное издание
Навоша Адам Имполитович
Машкович Александр Иванович

Оценка устойчивости работы промышленного объекта в
чрезвычайных ситуациях

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность»
для студентов всех специальностей

Редактор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать

Бумага

Уч.-изд. л.

Печать офсетная

Тираж 200 экз.

Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л.

Заказ

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Отпечатано в БГУИР. Лицензия ЛП №156.220013, Минск, П.Бровки, 6