

Ф-3667

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Подлежит возврату
№ 0185

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гражданская оборона

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Методические указания

Для студентов всех специальностей
очной формы обучения

МОСКВА 2002

Составители: Г.Д. Денисов, В.А. Чудненко

Редактор В.А. Чудненко

В методических указаниях даются рекомендации по самостоятельному изучению и выполнению практической работы по оценке радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях военного характера и после аварии на АЭС в мирное время. Особое внимание уделено решению задач выявления и оценки радиационной обстановки методом прогнозирования.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технического университета).

Рецензенты: О.Н. Заломнова
В.И. Острейко

© Московский государственный институт
радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет), 2002

Введение

За последние годы в мире произошли существенные изменения в военно-политической обстановке, уменьшилось противостояние в связи с решением о сокращении ядерных потенциалов, запрещении и уничтожении химического оружия.

Произошел решительный поворот к разработке новых форм и способов вооруженной борьбы, появилось высокоточное оружие на новых физических принципах. В США настойчиво ведутся работы по программе ПРО и по борьбе с мировым терроризмом.

Поэтому военная опасность для нас продолжает сохраняться и при определенных условиях может перерасти в военные конфликты различной интенсивности с использованием всего арсенала сил, средств и способов вооруженной борьбы, в том числе и ядерного оружия.

Следовательно, для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей в чрезвычайных ситуациях военного и мирного времени необходимо, чтобы руководящий состав органов управления ГОЧС и гражданских организаций гражданской обороны (формирований ГО) умели решать задачи выявления и оценки радиационной обстановки методом прогнозирования.

В ходе оценки радиационной обстановки (ОРО) решаются ряд типовых задач по определению вариантов действий формирований ГО, рабочих, служащих, населения и производственной деятельности объектов экономики (ОЭ) в условиях радиоактивного загрязнения местности (РАЗМ) после ядерного взрыва или аварии (теракта) на АЭС. К типовым задачам по ОРО относятся следующие:

1. Приведение уровней радиации (УР) к одному времени после ядерного взрыва (ЯВ) или аварии на АЭС [1, с.68; 2,4.]
2. Определение возможных доз излучения при действиях на местности, загрязненной радиоактивными веществами (РВ) [1, с.67-74; 2,3,4].
3. Определение допустимой продолжительности пребывания людей на загрязненной местности [1, с.71].

4. Определение режимов защиты (РЗ), служащих и производственной деятельности ОЭ [1, с.73; 2,3,4].

5. Определение возможных радиационных потерь рабочих, служащих, населения и личного состава формирований ГО [4, с.23, табл.10].

6. Определение допустимого времени начала преодоления зон радиоактивного загрязнения (ЗРЗ). Пример решения задачи указан в [1, с.73].

7. Определение допустимого времени начала и продолжительности проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) на местности, загрязненной РВ [1, с.72].

8. Определение допустимой продолжительности работы в ЗРЗ и времени подхода загрязненного РВ воздуха к ОЭ (городу) после аварии на АЭС [8, табл.12...17].

9. Определение биологического воздействия различных видов излучения на организм человека [8].

10. Определение меры риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности [8].

Решению задач выявления и ОРО в данных указаниях уделяется особое внимание. Перечень указанных задач издан отдельной брошюрой [8, тема 1.6].

Тема 1.6 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.

Занятие 1.6.1. Оценка радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях.

Учебная цель: Изучить методику оценки радиационной обстановки. Получить практические навыки в решении задач выявления и ОРО методом прогнозирования.

Метод: практическое занятие.

Учебное время: 2 учебных часа.

Учебные вопросы:

1. Методика оценки радиационной обстановки после ядерного взрыва.

2. Методика оценки радиационной обстановки после аварии (теракта) на АЭС.

Указания на самостоятельное изучение и выполнение практической работы

1. Самостоятельно изучить учебно-методический материал [1, с.67-74; 2, с. 14-21, 112-160; 4, с. 5-24] и настоящие указания.

2. В ходе выполнения самостоятельной работы необходимо изучить: зависимость дозы излучения от продолжительности пребывания людей на загрязненной РВ местности; уровни радиации и применяемые средства защиты; применение различных математических зависимостей для расчета возможных доз излучения при пребывании людей в одном месте зоны радиоактивного загрязнения (ЗРЗ) и при перемещении их в этой зоне в первые часы и сутки после ядерного взрыва или аварии (теракта) на АЭС.

3. Необходимо обратить внимание на то, что в расчетных формулах используется время, прошедшее после ЯВ или аварии на АЭС, а не значение астрономического времени.

4. Освоить графическое отображение на схемах зон РАЗМ и спада уровней радиации в зависимости от исходных данных и результатов проведенных расчетов в процессе решения типовых задач [8].

5. Задание на дом:

изучить математические зависимости и порядок пользования соответствующими таблицами, графиками, рисунками и схемами для решения конкретных задач в ходе ОРО;

выполнить индивидуальное домашнее задание;

подготовиться к выполнению аудиторной расчётно-графической контрольной работы, предварительно получив в библиотеке МИРЭА брошюру "Типовые задачи по оценке обстановки в чрезвычайных ситуациях", изд. 2002 г. [8].

1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПОСЛЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Угроза загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами ЯВ требует быстрого и точного выявления и оценки радиационной обстановки. Под радиационной обстановкой (РО) понимают масштабы и степень РАЗМ, оказывающие влияние на действия формирований ГО, работу объектов экономики и жизнедеятельность населения. Под ОРО подразумевается решение типовых задач по возможным вариантам действий рабочих, служащих, населения и личного состава формирований ГО, а также функционирования ОЭ на загрязненной местности.

Оценку РО могут проводить заранее, до наступления загрязнения, путем прогнозирования – по данным старшего органа управления ГОЧС или при обнаружении загрязнения – по данным радиационной разведки.

Исходными данными при прогнозировании являются параметры ядерного взрыва (мощность, вид, координаты, время) и метеословия (направление и скорость среднего ветра).

Исходными данными при радиационной разведке являются характер загрязнения местности, мощность дозы излучения и время после (ЯВ). Кроме перечисленных факторов, при ОРО учитываются условия защищенности людей и особенности производственного процесса, [4].

В случае, когда ОРО проводится по данным разведки, время ЯВ можно определить с помощью табл.1 по двум измерениям УР в одном и том же месте в разное время (тип задачи 1).

Пример решения подобной задачи рассмотрен в [1, с.68,69].

Зная УР на известное время после ЯВ, можно определить УР на любое другое время, пользуясь закономерностью изменения гамма-активности радиоактивных изотопов:

$$P_t = P_1(t/t_1)^{-1,2}, \text{ рад/ч}, \quad (1)$$

где P_t – УР в рассматриваемый момент времени t после ЯВ, рад/ч; P_1 – УР в момент времени t_1 после ЯВ, рад/ч.

Изменение уровня радиации с течением времени происходит по экспоненциальному закону и приведено на рис.1 и в [1, с.71, рис.21].

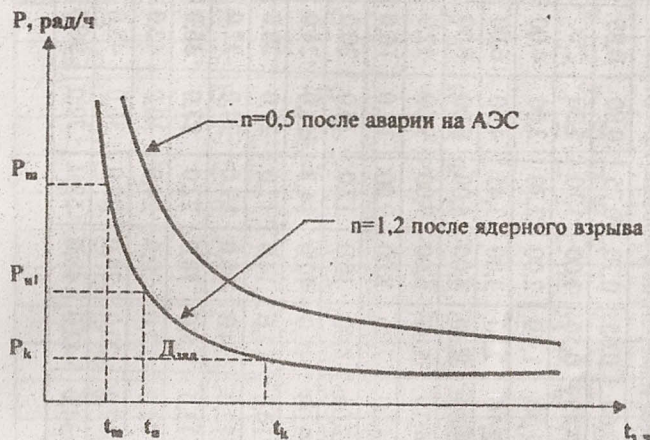


Рис.1 Характер изменения уровня радиации с течением времени (n – показатель степени)

Решая уравнение (1), можно убедиться, что УР снижается в 10 раз при семикратном увеличении времени. Пользуясь закономерностью (1), можно с достаточной точностью решать основные типовые задачи по ОРО.

УР на 1 час после ЯВ в момент времени t_1 принято обозначать индексом P_1 ; на 2 часа после ЯВ в момент t_2 – обозначать P_2 , на t_3 – P_3 и т. д.

При расчетах часто используют коэффициент пересчета для УР – $P_1/P_2 = t_2^{1,2}/t_1^{1,2} = K_{nt}$ или коэффициент спада УР – $P_1/P_2 = t_1^{1,2}/t_2^{1,2} = K_{ct}$.

Численные значения коэффициентов приведены в табл.2. При этом определение УР на требуемое время проводится по формулам соответственно:

$$P_t = P_2(K_{n2}/K_{nt}) \quad \text{или} \quad P_t = P_2(K_{ct}/K_{c2}). \quad (2)$$

Указанные формулы используются при решении задач выявления и ОРО типов 1, 2, 6, 7.

Время, прошедшее после ЯВ до второго измерения уровня радиации

Таблица 1

Время между измерениями	Отношение уровня радиации при втором измерении к уровню при первом												
	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Минуты: 15	-	-	-	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	1,00	1,10	1,30	2,00	3,00
30	-	0,50	0,55	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	2,00	2,30	3,00	4,00	6,00
45	1,10	1,20	1,25	1,30	1,45	1,50	2,10	2,30	3,00	3,45	4,30	6,00	9,00
Часы: 1,0	1,40	1,45	1,50	2,00	2,20	2,30	3,00	3,30	4,00	5,00	6,00	8,00	12,0
1,5	2,30	2,35	2,50	3,00	3,30	3,50	4,30	5,00	6,00	7,00	9,00	12,0	18,0
2,0	3,10	3,30	3,40	4,00	4,30	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	12,0	16,0	24,0
2,5	4,00	4,20	4,45	5,00	5,30	6,00	7,00	8,00	10,0	12,0	15,0	20,0	30,0
3,0	4,40	5,00	5,30	6,00	7,00	8,00	9,00	10,0	12,0	14,3	18,0	24,0	36,0
3,5	5,3	6,00	6,30	7,00	8,00	9,00	10,0	12,0	14,0	17,0	21,0	28,0	42,0
4,0	6,30	7,00	7,30	8,50	9,00	10,0	12,0	14,0	16,0	19,0	24,0	32,0	48,0
4,5	7,00	8,00	8,30	9,00	10,0	11,0	13,0	15,0	18,0	22,0	27,0	36,0	54,0
5,0	8,00	8,30	9,00	11,0	12,0	13,0	15,0	17,0	20,0	24,0	30,0	42,0	60,0
5,5	9,30	10,0	11,0	13,0	14,0	15,0	17,0	20,0	24,0	29,0	36,0	48,0	72,0
6,0	18,0	20,0	22,0	24,0	28,0	30,0	34,0	42,0	48,0	58,0	72,0	96,0	144

8

Коэффициенты пересчета (K_n) и спала (K_s) уровня радиации

Таблица 2

Время t после взрыва, ч	$K_n = t^{1,2}$	$K_s = t^{-1,2}$	Время t после взрыва, ч	$K_n = t^{1,2}$	$K_s = t^{-1,2}$
0,50	0,43	2,30	5,00	6,90	0,14
0,75	0,71	1,41	5,50	7,73	0,13
1,00	1,00	1,00	6,00	8,59	0,12
1,25	1,31	0,76	7,00	10,33	0,097
1,50	1,63	0,61	8,00	12,13	0,082
1,75	1,96	0,51	9,00	13,96	0,072
2,00	2,30	0,43	10,00	15,85	0,063
2,50	3,00	0,33	12,00	19,72	0,051
3,00	3,74	0,27	15,00	25,73	0,039
3,50	4,50	0,22	20,00	36,41	0,027
4,00	5,28	0,19	24,00	45,31	0,022
4,50	6,08	0,16	48,00	104,10	0,010

9

Зная P после ЯВ, можно определить, в какой ЗРЗ находится место, для которого известен этот уровень. Эти данные приведены в табл.3 и в [1, с.41-42; 2, с. 16-21; 5, с.20-21].

Доза излучения, которая может быть получена при пребывании в одном месте ЗРЗ, вычисляется по формуле:

$$D = 5(P_n^{1,2} - P_{n0}^{1,2})/K_{осл}, \text{ рад}, \quad (3)$$

где P_n — УР в начале облучения, рад/ч;

P_{n0} — УР в конце облучения, рад/ч;

t_n — время, прошедшее после ЯВ до начала облучения, ч;

t_0 — время, прошедшее после ЯВ до конца облучения, ч;

$K_{осл}$ — коэффициент ослабления доз излучения сооружениями и техникой.

Значения $K_{осл}$ приведены в табл. 4 и в [1,69, табл.13].

Зоны радиоактивного загрязнения

Таблица 3

Условный индекс, назван. и цвет обознач. ЗРЗ на картах и схемах	Доза до полного распада на внешних границах ЗРЗ, рад.	Уровень радиации через 1 час после взрыва, рад/ч.	Уровень радиации через 10 ч. после взрыва, рад/ч.	Площадь зоны, %, ко всей площади загрязнения
А, умеренного, синий	40	8	0,5	60
Б, сильного, зеленый	400	80	5	20
В, опасного, коричневый	1200	240	15	13
Г, чрезвычайно опасного, черный	4000	800	50	7

Для вычисления дозы излучения, в случае когда время взрыва неизвестно, используют формулу [2, с.142-145; 4, с.8-10]:

$$D = P_{cp} T / K_{ocл}, \text{ где } P_{cp} = \sum \dot{P} / n. \quad (4)$$

n – число измерений через равные промежутки времени;

T – время пребывания на загрязненной местности, ч.

При пересечении ЗРЗ перпендикулярно к оси следа доза излучения вычисляется по формуле:

$$D = P_{cp} T / K_{ocл} = P_{max} T / 4 K_{ocл}, \text{ рад}, \quad (5)$$

где P_{max} – максимальный УР на оси следа, рад/ч.

Если маршрут начинается в ЗРЗ и проходит через ось следа или маршрут проходит под углом 45° к оси следа, то используют формулы соответственно:

$$D = P_{cp} T / K_{ocл} = P_{max} T / 3 K_{ocл}, \text{ рад}, \quad (6)$$

$$D = P_{cp} T / K_{ocл} = 1,5 P_{max} T / 4 K_{ocл}, \text{ рад}, \quad (7)$$

Коэффициенты ослабления дозы излучения сооружениями (транспортными средствами)

Таблица 4

Наименование укрытий и транспортных средств	$K_{ocл}$
Открытое расположение людей на местности	1
Автомобили, автобусы, вагоны, платформы	2
Пассажирские вагоны, локомотивы	3
Производственные одно- и трёхэтажные здания	7-6
Одно-, двух-, трёх- и пятиэтажные жилые каменные дома соответственно	10, 15, 20 и 27
Подвалы, соответственно для одноэтажных и т. д. каменных домов	40, 100, 400, 400
Жилые деревянные дома одно- и двухэтажные соответственно	2; 8
Подвалы, соответственно	7; 12

При выходе людей из ЗРЗ по кратчайшему пути:

$$D = P_{cp} T / K_{ocл} = P_{n, max} T / 2 K_{ocл}, \text{ рад}, \quad (8)$$

где P_n – УР в том месте ЗРЗ, откуда начинается выход, рад/ч.

При движении в ЗРЗ с известными УР на маршруте:

$$D = P_{cp} T / K_{ocл}, \text{ рад}, \quad (9)$$

где $P_{cp} = P_1^1 P_1^2 \dots P_n^1 / n$; $P_1^1 P_1^2 \dots P_n^1$ – уровни радиации при разведке на маршруте движения, рад/ч.

Примеры решения подобных задач (типы 2, 6, 7, 8) представлены в [1, с.69-71; 2, с. 141-145; 3, с.10; 4, с.10].

Допустимое время T пребывания в ЗРЗ зависит от уровня РАЗМ, времени, прошедшего после ЯВ до начала облучения, заданной дозы излучения и условий защищенности ($K_{ocл}$ сооружения, в котором находятся люди).

Допустимое время пребывания может быть подсчитано, исходя из соотношения (2):

$$T = t_n^6 / (t_n - D_{зад} K_{ocл} / 5 P_n)^5 - t_n, \quad (10)$$

где $D_{зад}$ – заданная доза облучения, а также с помощью табл.5.

Пример решения подобной задачи (тип 3) рассмотрен в [1, с.71; 2, с.145-148].

Режим защиты (РЗ) людей должен предусматривать такой образ их деятельности в ЗРЗ, при котором не должно быть облучения сверхустановленной дозы. РЗ определяется в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения (УРЗ), защитных свойств производственных и жилых зданий, характера трудовой деятельности и необходимости пребывания на открытой местности. При определении РЗ устанавливается продолжительность обязательного пребывания людей в защитных сооружениях (ЗС), убежищах, противорадиационных укрытиях (ПРУ), производственных и жилых помещениях и допустимое время нахождения на открытой местности.

Типовые РЗ рабочих, служащих и населения приведены в табл. 6,7,8,9. Пример решения подобной задачи рассмотрен в [1, с.73; 2, с.151-161; 4, с.17-23].

Допустимое время пребывания людей на местности, загрязненной радиоактивными веществами

Таблица 5

Доза $K_{осл}$ $R_{вн}$	Время, прошедшее с момента ЯВ до начала облуч., ч.					
	0,5	1	2	3	4	5
	Допустимое время пребывания на РАЗМ, ...ч, ...мин.					
0,2	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12
0,3	0,22	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19
0,4	0,42	0,31	0,6	0,26	0,25	0,25
0,5	1,02	0,42	0,35	0,34	0,32	0,32
0,6	1,26	0,54	0,44	0,41	0,39	0,39
0,7	2,05	1,08	0,52	0,49	0,47	0,46
0,8	2,56	1,23	1,02	0,57	0,54	0,53
0,9	4,09	1,42	1,12	1,05	1,02	1,00
1,0	5,56	2,03	1,23	1,14	1,10	1,08
2,0	Без ограничений	11,52	4,06	3,13	2,46	2,35
2,5		31,00	6,26	4,28	3,48	3,28
3,0		Без ограничений	9,54	6,09	5,01	4,28
4,0		ограничений	23,43	11,05	8,12	6,57
6,0		ограничений	193,19	35,35	19,48	14,43
10,0			-	-	124,0	59,0

Типовой РЗ людей при использовании производственных зданий с $K_{осл}=7$, каменных домов для проживания с $K_{осл}=10$, ПРУ с $K_{1осл}=25...50$ или убежищ с $K_{2осл}=1000$ и более.

Таблица 6

Уровень радиации на 1 час после ЯВ, рад/ч	Характеристика режима						Общая продолжительность соблюдения РЗ, сут.
	Время непрерывн. пребывания людей в ЗС, ч.		Продолжит. работы ОЗ с отдыхом в ЗС, ч.		Продолжит. РЗ с огранич. пребыв. на откр. местн. (до 2 ч. в сут.), ч.		
	$K_{1осл}=25-50$	$K_{2осл} \geq 1000$	$K_{1осл}=25-50$	$K_{2осл} \geq 1000$	$K_{1осл}=25-50$	$K_{2осл} > 1000$	
80	3	3	9	7	24	26	1,5
140	7	5	17	11	48	56	3
240	12	6	28	18	104	120	6
300	16	12	46	32	178	196	10
500	42	28	88	44	302	360	18

Типовой режим №1 радиационной защиты населения, проживающего в деревянных домах с Коэф=2 и использующего ПРУ с Коэф=50.

Таблица 7

Р ₁ после ЯВ, рад/ч	Условные наименования РЗ	Общая продолжительность РЗ, сут.	Последовательн. соблюд. РЗ						
			Укр. нас. в ПРУ		Послед. укр. нас. в домах, ПРУ				
			Продолж. кратковрем. пребыв. в ПРУ	Время и продолжит. выхода из ПРУ	Продолжительность соблюд., сут.	В т.ч. время пребыв. в теч. суток, ч			Продолж. прожив. нас. с огр. пребыв. на откр. местн. до 1 ч, сут.
						В домах	В ПРУ	На откр. местн.	
100	1-Б-1	6	1,5 сут.	В конце 1 сут. на 1 час	2	10	13	1	2,5
140	1-Б-2	8	2 сут.	то же	3	9	14	1	3
180	1-Б-3	6	2,5 сут.	то же	4	9	9	1	3,5
240	1-Б-4	15	3 сут.	В конце 1 сут. на 15-30 мин.	7	8	15	1	5

Типовой РЗ №2 населения, проживающего в каменных одноэтажных домах с Коэф=10 и использующего ПРУ с Коэф=50.

Таблица 8

Р ₁ после ЯВ, рад/ч	Условные наименования РЗ	Общая продолжительность РЗ, сут.	Последовательн. соблюд. РЗ						
			Укр. нас. в ПРУ		Послед. укр. нас. в домах, ПРУ				
			Продолж. кратковрем. пребыв. в ПРУ	Время и продолжит. выхода из ПРУ	Продолжительность соблюд., сут.	В т.ч. время пребыв. в теч. сут., ч			Продолж. проживан. нас. с огранич. пребыв. на откр. местн. до 1 ч, сут.
						В домах	В ПРУ	На откр. местн.	
300	2-В-1	20	3 сут.	В конце 1 сут. на 30 мин.	4	11	11	2	13
400	2-В-2	30	4 сут.	В конце 1 сут. на 15 мин.	5	11	12	1	21
500	2-В-3	45	5 сут.	В конце 1-2 сут. на 15 мин.	7	9	14	1	33

Типовой РЗ №3 населения, проживающего в каменных одноквартирных домах с Коэф=20 и использующего ПРУ с Коэф=200-400.

Таблица 9.

Р ₁ после ЯВ, рад/ч	Услови. наименов. РЗ	Общая продолжит.	Последовательн. соблюд. РЗ				
			Укрыт. насел. в ПРУ.		Последующ. урыт. насел. в домах, ПРУ.		
			Продолжит. кратковрем. пребыван. в ПРУ	Время и продолжит. выхода из ПРУ	Продолж. соблюд., сут.	В т.ч. продолж. пребыв. в теч. сут., ч.	
						В домах	На откр. местности
400	3-Б-2	10	24 ч	В конце 1 сут. на 30 мин.	9	23	1
500	3-Б-3	15	1,5 сут.	В теч. 1 сут. на 15 мин.	13,5	23-23,5	0,5-1

Возможные последствия общего однократного облучения организма человека приведены в табл. 10. (задача типа 5).

В случаях, когда необходимо продолжать производственную деятельность в ЗРЗ или проводить АСиДНР в этой зоне, возникает потребность определения времени начала в продолжительности работы. Пример решения подобной задачи (тип 6) приведен в [1.с.71-73]. Такая задача может быть решена также с помощью табл.11.[4].

Определение допустимого времени начала преодоления зон радиоактивного загрязнения производится на основании данных радиационной разведки по уровням радиации на маршруте движения и заданной дозе излучения. Пример решения подобной задачи (тип7) рассматривается в [1.с.73,74].

Возможные последствия общего однократного облучения организма человека

Таблица 10

Доза излучения, рад.	Потери личного состава, %		Признаки поражения
	Санитарные	Смертность	
0-50	-	-	Незначительные изменения в крови
80-100	10	-	Рвота и тошнота
130-170	25	-	Потеря трудоспособности в первые сутки
180-220	50	-	
270-330	80	20	Оставшиеся в живых выздоравливают в течение 3-6 мес.
400-500	50	50	
550-750	-	100	Потеря трудоспособности через 1-4 ч. после облучения
1000	-	100	
5000	-	100	Немедленная потеря трудоспособности

Определение времени начала ввода сил (числ.) и допустимой продолжительности работы (знамен.) на следе радиоактивного облака наземного ЯВ, ч.

Таблица 11

Уров. радиац. на 1ч. после ЯВ, рад/ч	Заданная доза излучения, рад.													
	15				20				25				30	
	Смены				Смены				Смены				Смены	
10	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	1	2	Можно работать по 6 и более часов, при этом доза будет меньше заданной
15	2/6	6/14			2/6			2/9						
20	2/4													
25	2/3	5/10			2/3	5/10		2/5				2/6		
35	2/2	4/3	7/8		2/3	5/6		2/4	6/14	2/2		2/2		
50	3/2	5/3	8/5	12/7	3/2	5/3	8/9	2/2	4/4	2/3	5/8	2/3	5/8	
65	6/2	8/4	12/6	17/8	4/2	6/3	9/6	2/3	5/3	2/2	4/4	2/2	4/4	

2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПОСЛЕ АВАРИИ (ТЕРАКТА) НА АЭС

Изменение уровней радиации на РАЗМ определяется той же закономерностью, что и для ЯВ (см. формулу 1), но отличается величиной показателя степени:

$$P_t = P_1 t^{-0.5}, \quad (11)$$

где P_t - уровень радиации через t часов после аварии на АЭС, рад/ч;

P_1 - уровень радиации через 1 час после аварии на АЭС, рад/ч.
 t - время, прошедшее после разрушения реактора АЭС, ч.

При таком законе спада уровни радиации за 7-кратный промежуток времени уменьшаются примерно в 2 раза, а не в 10 раз, как при ЯВ. В этом заключается одна из особенностей РАЗМ при аварии (разрушении) АЭС (см. рис. 1).

Поглощенная доза излучения за время от t_1 до t_2 с учетом $n=0,5$ и $K_{осл}$ рассчитывается по формуле:

$$D = (P_2 t_2 - P_1 t_1) / K_{осл} (1-n) = 2(P_1 t_1 - P_2 t_2) / K_{осл}, \text{ рад.} \quad (12)$$

Обозначения см. в формуле (3).

Допустимое время пребывания людей в зоне РАЗМ (тип задачи 8) определяется по формуле:

$$t_{вых} = t_{вх} \left[1 + (1-n) D_{зд} K_{осл} / P_{вх} t_{вх} \right]^{1/1-n}, \text{ ч}, \quad (13)$$

$$t_{пребыв} = t_{вых} - t_{вх}, \text{ ч}, \quad (14)$$

где $D_{зд}$ - заданная поглощенная доза излучения, полученная людьми в процессе проведения АСИДНР, мГр, сГр, рад.

Допустимую продолжительность работы в ЗРЗ (задача типа 8) при высоких уровнях радиации можно определить по табл. 13, используя соотношение:

$$\alpha = P_{вх} / D_{зд} K_1 K_{осл}, \quad (15)$$

где $P_{вх}$ - мощность дозы ионизирующего излучения (ДИИ) в момент входа в ЗРЗ, Гр/ч, сГр/ч, мГр/ч, рад/ч;

$D_{зад}$ - заданная доза излучения, Гр, сГр, мГр, рад.

K_t - коэффициент пересчета, см. табл. 14.

$K_{осл}$ - коэффициент ослабления ионизирующего излучения.

Определение времени подхода загрязненного РВ воздуха к району или ОЭ зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы, расстояния от АЭС и скорости ветра. Это время можно определить (при решении задачи типа 8) по формулам:

$$t_{подх} = KL_{оэ}/V_v, \text{ ч} \quad (16)$$

$$T_n = t_{подх} + t_{ав}, \text{ ч} \quad (17)$$

$$T_p = t_{вых} - t_{вх}, \text{ ч}, \quad (18)$$

где $L_{оэ}$ - расстояние от аварийного реактора до ОЭ по оси следа радиоактивного облака, км

V_v - скорость ветра до высоты 2 км, км/ч

T_n - астрономическое время подхода радиоактивного облака, ч;

$t_{ав}$ - время аварии на АЭС, ч;

$t_{подх}$ - время подхода радиоактивного облака к ОЭ, ч;

T_p - продолжительность работы в ЗРЗ после аварии на АЭС, ч.

K - коэффициент, учитывающий распределение скорости ветра по высоте, в соответствии с размерностью величин $L_{оэ}$, V_v и степенью вертикальной устойчивости (табл.12).

Значение коэффициентов K для различных степеней устойчивости атмосферы

Таблица 12

коэффициент	конвекция	изотермия	инверсия
K	0,23	0,20	0,09

Допустимая продолжительность пребывания людей в ЗРЗ после аварии на АЭС, T (ч, мин)

Таблица 13

α	Время, прошедшее с момента аварии, t_n , ч									
	1	2	3	4	6	8	12	24	30	50
0.2	7.30	8.35	10.0	11.3	12.3	14.0	16.0	21.0	23.0	25.0
0.3	4.50	5.35	6.30	7.10	8.00	9.00	10.3	13.3	16.0	18.0
0.4	3.30	4.00	4.35	5.10	5.50	6.30	7.30	10.0	12.0	16.0
0.5	2.45	3.05	3.35	4.05	4.30	5.00	6.00	7.50	9.00	11.0
0.6	2.15	2.35	3.00	3.20	3.45	4.10	4.50	6.25	7.20	9.00
0.7	1.50	2.10	2.30	2.40	3.10	3.30	4.00	5.25	6.00	7.00
0.8	1.35	1.50	2.10	2.25	2.45	3.00	3.30	4.50	5.45	6.40
0.9	1.25	1.35	1.55	2.05	2.25	2.40	3.05	4.00	5.20	6.00
1.0	1.15	1.30	1.40	1.55	2.10	2.20	2.45	3.40	4.00	5.00
1.1	1.12	1.20	1.35	1.45	1.58	2.20	2.23	3.15	3.35	4.31
1.2	1.06	1.18	1.30	1.38	1.45	2.00	2.10	2.50	3.10	4.00
1.3	1.00	1.10	1.36	1.32	1.40	1.52	2.06	2.40	2.50	3.48
1.4	0.50	1.02	1.18	1.25	1.37	1.44	1.58	2.26	2.41	3.34
1.5	0.45	0.50	1.10	1.13	1.32	1.36	1.50	2.18	2.35	2.42
1.6	0.35	0.40	1.02	1.10	1.20	1.30	1.43	2.04	2.30	1.45
1.8	0.26	0.30	0.50	1.05	1.10	1.22	1.38	2.00	2.20	2.40
2.0	0.20	0.24	0.40	0.50	0.58	1.10	1.29	1.48	2.05	2.30

Для определения биологического воздействия различных видов излучения на организм человека используется эквивалентная доза $D_{экв}$. Она вычисляется как произведение поглощенной дозы в органе или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент Q_i для данного вида излучения (тип задач 9):

$$D_{экв} = Q_i * D_{погл.зв}. \quad (19)$$

Для определения меры риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности используют эффективную дозу $D_{эф}$. Она определяется суммой произведений $D_{экв}$ в орга-

не или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент Q_T для данного органа или ткани:

$$D_{эфф} = \sum_T Q_T \cdot D_{экв}, \text{Зв.} \quad (20)$$

Для всего организма в целом ($Q_i = 1$):

$$D_{эфф.} = Q_T \cdot D_{экв.}, \text{Зв.} \quad (21)$$

Коэффициент $K_t = t^{-0.5}$ ионизирующего излучения на различное время после аварии на АЭС

Таблица 14

T	K_t	T	K_t	T	K_t
0.25	2.0	4.5	0.471	8.75	0.338
0.5	1.414	4.75	0.459	9.0	0.333
0.75	1.155	5.0	0.447	9.25	0.329
1.0	1.0	5.25	0.446	9.5	0.324
1.25	0.894	5.5	0.426	9.75	0.32
1.5	0.816	5.75	0.417	10.0	0.316
1.75	0.756	6.0	0.408	10.25	0.312
2.0	0.707	6.25	0.4	10.5	0.309
2.25	0.667	6.5	0.392	10.75	0.305
2.5	0.632	6.75	0.385	11.0	0.302
2.75	0.603	7.0	0.378	11.25	0.298
3.0	0.577	7.25	0.371	11.5	0.295
3.25	0.555	7.5	0.365	11.75	0.292
3.5	0.535	7.75	0.359	12.0	0.289
3.75	0.516	8.0	0.354	16.0	0.25
4.0	0.5	8.25	0.48	20.0	0.224
4.25	0.485	8.5	0.343	24.0	0.204

В системе СИ измеряются:

$D_{пол.} = 1 \text{Гр} = 1 \text{Дж/кг} = 100 \text{рад}$, а мощность — $\text{мГр/с, сГр/с, Гр/ч, Рад/ч}$;

$D_{экв.} = 1 \text{Зв} = 100 \text{бэр}$, мощность — $\text{Зв/ч, бэр/с, бэр/ч}$;
 $D_{эфф.} = 1 \text{Зв} = 100 \text{бэр}$, мощность — $\text{Зв/ч, бэр/с, бэр/ч}$.

Взвешивающие коэффициенты Q_i для отдельных видов излучений при расчете эквивалентной дозы:

Фотоны и электроны любых энергий	1
Нейтроны с различными энергиями	5-20
Протоны (энергия более 2МэВ)	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

Взвешивающие коэффициенты Q_i для тканей и органов при расчете эффективной дозы:

Гонады	0.20
Костный мозг, толстый кишечник, желудок, легкие	0.12
Мочевой пузырь, грудная железа, печень, пищевод, щитовидная железа	0.05
Кожа, клетки костных поверхностей	0.01
Остальные	0.05
Организм в целом	1

В зависимости от степени ионизации среды РО может быть:

1. Нормальной — мощность дозы до 0.6 мкЗв/ч (60 мкРад/ч);
2. Аномальной — мощность дозы от 0.6 до 1.2 мкЗв/ч (60-120 мкРад/ч);
3. Радиоактивным загрязнением — мощность дозы более 1.2 мкЗв/ч (120 мкРад/ч).

Предполагается, что в первые часы работы после аварии (тректа) на АЭС будет проведена ОРО и принято решение о введении соответствующего РЗ.

Зона радиационной аварии (ЗРА) объявляется тогда, когда суммарное внешнее и внутреннее облучение населения превышает 5 мЗв за первый год после аварии на АЭС [6].

На основе выводов из ОРО разрабатываются мероприятия по защите людей.

При мощности дозы 5мГр/ч (0.5 рад/ч) подается сигнал «радиационная опасность» и в соответствии с требованиями НРБ-99, необходимо срочное вмешательство при прогнозируемой дозе на все тело человека за двое суток – 1Гр(100рад).

При дозе 5-50 мГр за 10 суток проводится эвакуация людей, а при дозе 50-500 мГр за 10 суток – эвакуация и временное отселение при дозе 30 мЗв за 1 месяц.

При принятии решения о необходимости, а также о характере, объеме и очередности защитных мероприятий учитываются стадии аварии на АЭС и соответственно им проводится зонирование загрязненной РВ территории.

При зонировании на ранней, промежуточной и восстановительной стадиях аварии устанавливаются следующие зоны:

1. *Зона радиационного контроля* – с годовой эффективной дозой от 1 до 5 мЗв.

В этой зоне помимо наблюдения за радиоактивностью объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и определения доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, осуществляются меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие активные меры защиты. Критическая группа определенного источника пути облучения – это однородная по полу, возрасту, социальным и профессиональным признакам группа лиц из населения (не менее 10 человек), для которой типично получение наивысших эффективных или эквивалентных доз (в зависимости от ситуации) по данному пути и от данного источника облучения.

2. *Зона ограниченного проживания населения* - с годовой эффективной дозой от 5 до 20 мЗв.

В этой зоне осуществляются те же мероприятия по защите населения, что и в зоне радиационного контроля. Населению разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

3. *Зона добровольного отселения* - с годовой эффективной дозой от 20 до 50 мЗв.

Здесь осуществляется радиационный мониторинг людей и объектов окружающей среды, а также необходимые меры радиа-

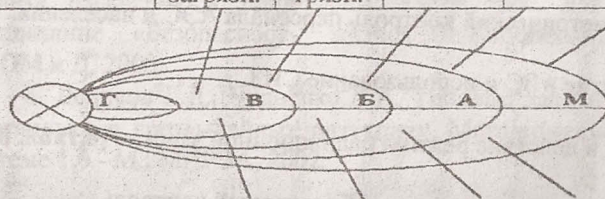
ционной и медицинской защиты. Оказывается необходимая помощь в добровольном переселении за пределы зоны. Постоянное проживание с детьми запрещено.

4. *Зона отселения или отчуждения* - с годовой эффективной дозой от 20 до 50 мЗв и более.

В этой зоне решение о защите и постоянном проживании населения принимается на основании сравнения прогнозируемой дозы с уровнями радиации, приведенных в таблицах (НРБ-99).

При радиационных авариях

Мощн. дозы излуч. через 1ч	14 рад/ч	4.2 рад/ч	1.4 рад/ч	140 мрад/ч	14 мрад/ч
Доза излуч. за 1-ый год.	5000 рад	1500 рад	500 рад	500 рад	5 рад
Цвет для обозн. на карте.	черный	корич.	зелен.	синий	красн.
Зоны РАЗМ.	чрезвычайн. опасн. загрязн.	опасн. загрязн.	сильн. загрязн.	умерен. опасн.	радиационн. опасн.



При наземных ядерных взрывах

Мощн. дозы излуч. через 1 час, P ₁	800 рад/ч	240 рад/ч	80 рад/ч	8 рад/ч
Доза излуч. за время полного распада.	4000 рад	1200 рад	400 рад	40 рад

Рис.2 Характеристика зон загрязнения на следе радиоактивного облака при ЯВ и после аварии на АЭС

На рис.2 представлены в виде эллипса прогнозируемые границы зон РАЗМ после аварии с началом зон из места нахождения АЭС и далее по оси эллипса по направлению среднего ветра. Они определяются по значениям поглощенных доз гамма-излучения, получаемых за время от 1ч после аварии на АЭС до полного распада РВ. В табл. 6-8 показаны основные параметры зон РАЗМ и типовые режимы РЗ после аварии на АЭС, см в [8].

Мероприятия по защите населения в районах АЭС при выбросе радиоактивных веществ

1. Проведение радиэкологического мониторинга наблюдения, оценки и прогнозирования РО с учетом суммарной активности облучения и характера распространения РВ.
2. Оповещение персонала АЭС и населения.
3. Радиационная разведка, контроль за состоянием окружающей среды, воды и продуктов питания.
4. Дозиметрический контроль персонала АЭС и населения.
5. Укрытие в ЗС и использование СИЗ.
6. Ввод в действие режима радиационной защиты [8, табл. 8].
7. Медицинская помощь и лабораторный контроль.
8. Эвакуация персонала АЭС и населения.
9. Проведение АСиДНР, предотвращение выбросов РВ и дезактивация.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гражданская оборона. Атаманюк В.Г. и др. Учебник.- М., 1986.
2. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник (под. ред. Демиденко Г.П.).- Киев, 1989.
3. Гражданская оборона. Учебник (под ред. Шубина Е.П.).- М.: Просвещение, 1991.
4. Манянин А.И. Оценка радиационной обстановки.- М.: МИРЭА., 1994.
5. Денисов Г.Д., Чудненко В.А. Современные средства поражения и характер их воздействия на промышленные объекты, радиоэлектронную аппаратуру и людей. Методические указания по теме 1.4.- Инв. № 0030.- М.: МИРЭА, 2000.
6. Филатов Л.Б. Ведение аварийно - спасательных и других неотложных работ на промышленном объекте в чрезвычайных ситуациях мирного времени. Методические указания по теме 4.4. Инв. № 0086 - . М.: МИРЭА, 2001.
7. Бобок С.А., Юртушкин В.И. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий. Учебн. пос. для вузов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».-М.: Издат. «ГНОМ и Д», 2000.
8. Денисов Г.Д., Чудненко В.А. Типовые задачи по оценке обстановки в чрезвычайных ситуациях. Методические указания по теме 1.6.- М.: МИРЭА, 2002.