

**А. Г. Ветошкин**

**НОРМАТИВНОЕ  
И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Учебное пособие в двух частях*

**Часть II**

**ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*2-е издание*

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2021

УДК 614  
ББК 68.9  
В39

*Рецензенты:*

заведующий кафедрой техносферной безопасности Пензенского государственного университета доктор технических наук, профессор *Н. Н. Вершинин*;  
профессор кафедры инженерной экологии Пензенского государственного университета архитектуры и строительства доктор технических наук *В. С. Демьянова*;  
руководитель отдела НИИЭМ МГТУ им. Н. Э. Баумана, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана, член редакционных коллегий журналов «Безопасность жизнедеятельности» и «Экология промышленного производства» доктор технических наук *Б. С. Ксенофонтов*

**Ветошкин, А. Г.**

**В39** Нормативное и техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности : учебное пособие в двух частях Ч. 2. Инженерно-техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности / А. Г. Ветошкин. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.

ISBN 978-5-9729-0679-6

ISBN 978-5-9729-0681-9 (Ч. 2)

Освещены основные нормативно-правовые и практические аспекты обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере и окружающей среде. Приведены организационно-управленческие и инженерно-технические решения в области техносферной, экологической и промышленной безопасности, показаны методы обеспечения защиты в чрезвычайных ситуациях, методы и средства инженерной экологии, методы оценки, анализа и расчета допустимых и оптимальных параметров окружающей и производственной среды. Даны подробные решения типовых задач, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы.

Для студентов вузов и колледжей технических направлений подготовки. Может быть использовано при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» студентами других направлений подготовки.

УДК 614  
ББК 68.9

ISBN 978-5-9729-0679-6

© Ветошкин А. Г., 2021

ISBN 978-5-9729-0681-9 (Ч. 2)

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из важнейших компетенций, формируемых у бакалавра в результате изучения и освоения основных положений дисциплины БЖД, являются:

- умение прогнозировать опасности при создании новых технических средств, организации и проведении технологических процессов, а также в условиях создания санитарно-защитных зон;

- получение практических навыков в минимизации опасности до нормативных значений за счет применения рациональных средств и методов защиты.

Большую роль при изучении курса дисциплины имеет самостоятельная работа студентов с учебной литературой и выполнение дополнительных заданий по практическим расчетам.

Вторая часть учебного пособия содержит: примеры решения практических задач по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях, экологической и производственной безопасности, организации охраны труда; большое количество контрольных вопросов и заданий для самостоятельного решения студентами. Решению примеров предшествует краткая теоретическая часть с изложением необходимых методик расчета. Эта часть пособия снабжена обширным приложением с табличными данными параметров, необходимых для решения задач.

Учебное пособие может быть использовано студентами при изучении курсов безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии, их подготовке к практическим занятиям, выполнении курсовых проектов, выпускных квалификационных работ по разделу «Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда», а также преподавателями вузов при проведении учебных занятий, магистрантами и аспирантами для углубленного изучения вопросов по безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии.

## **Глава 8. Прогнозирование и оценка чрезвычайных ситуаций**

Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях (ЧС) включает стадии их прогноза и оценки для планирования и заблаговременного принятия мер безопасности.

*Прогнозирование ЧС* - это метод ориентировочного выявления и оценки обстановки, складывающейся в результате ЧС. При прогнозировании ЧС получают информацию о состоянии потенциально опасных объектов или источников на определенной территории, развитии природных явлений, экологических и биолого-социальных бедствий, приводящих к ЧС, и оценки возможных последствий при возникновении ЧС различного характера.

Целью прогнозирования ЧС является обеспечение своевременного и эффективного принятия мер заблаговременной и непосредственной защиты.

### **8.1. Прогнозирование и оценка чрезвычайных ситуаций природного характера**

Природными ЧС будут являться ЧС, источником которых является природа: землетрясения, наводнения, сели, обвалы, лавины, ураганы, смерчи и иные опасные природные явления, которые будут оказывать негативное воздействие на природные экосистемы.

#### **8.1.1. Прогнозирование и оценка обстановки при землетрясениях**

*Землетрясение* - это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии Земли и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

Около 20 % территории России находится в сейсмоопасных зонах. В XX веке здесь произошло более 40 разрушительных землетрясений.

Опасные последствия землетрясений разделяют на природные и техногенные, связанные с деятельностью человека. К природным относятся: нарушение грунта (трещины и смещения), оползни, лавины, сели, цунами. Связанные с деятельностью человека - разрушение или обрушение зданий, мостов и других сооружений; наводнения при прорывах плотин и водопроводов; пожары при повреждении нефтехранилищ и разрывах газопроводов; повреждение транспортных средств, коммуникаций, линий энерго- и водоснабжения, а также канализационных труб; радиоактивные утечки при повреждении ядерных реакторов.

Количество человеческих жертв при землетрясениях зависит от времени начала землетрясения, магнитуды, глубины очага, удаления от населенных пунктов, типа построек и их качества, наличия в зоне землетрясения взрыво- и пожароопасных объектов, водохранилищ и плотин и т. п. Основная причина гибели людей при землетрясениях - обрушение зданий.

Основными характеристиками землетрясений являются магнитуда и интенсивность.

Магнитуда землетрясения является мерой общего количества энергии, излучаемой при сейсмическом толчке в форме упругих волн в гипоцентре землетрясения, расположенном в очаге землетрясения на глубине до 730 км. Проекция гипоцентра на поверхность земли определяет эпицентр землетрясения, вокруг которого располагается область, называемая эпицентральной, и испытывающая наибольшие колебания грунта.

Сила землетрясения исчисляется в баллах, причем обычно применяют либо шкалу Рихтера, использующую величину магнитуды ( $1 \leq M \leq 9$ ), либо международную шкалу MSK (или близкую к ней шкалу Меркалли), использующие величину интенсивности землетрясения ( $1 \leq J \leq 12$ ).

Землетрясения в зависимости от интенсивности колебаний грунта на поверхности земли классифицируются следующим образом: слабые (1...3 балла); умеренные (4 балла), довольно сильные (5 баллов); сильные (6 баллов); очень сильные (7 баллов); разрушительные (8 баллов); опустошительные (9 баллов); уничтожающие (10 баллов); катастрофические (11 баллов); сильно катастрофические (12 баллов).

Интенсивность землетрясения  $J(R)$  определяется по формуле:

$$J(R) = 3 + 1,5M - 3,5 \cdot \lg \sqrt{R^2 + h^2}, \quad (8.1)$$

где  $R$  - расстояние от эпицентра землетрясения, км;  $h$  - глубина гипоцентра землетрясения, км;  $M$  - магнитуда землетрясения, равная:

$$M = \lg Z_m - 1,32 \cdot \lg R, \quad (8.2)$$

где  $Z_m$  - амплитуда земных колебаний, мкм.

Реальная интенсивность ( $J_{\text{реал}}$ ) землетрясения и степень разрушений зданий и сооружений будет зависеть от типа грунта как под застройкой, так и на остальной окружающей местности:

$$J_{\text{реал}} = J(R) - (\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{о.м}}), \quad (8.3)$$

где  $\Delta J_{\text{пост}}$  - приращение балльности для грунта (по сравнению с гранитом), на котором построено здание;  $\Delta J_{\text{о.м}}$  - приращение балльности для грунта в окружающей местности (табл. 8.1).

Т а б л и ц а 8.1

Значения  $\Delta J_{\text{пост}}$ ;  $\Delta J_{\text{о.м}}$

Тип грунта	$\Delta J_{\text{пост}}$ ; $\Delta J_{\text{о.м}}$	Тип грунта	$\Delta J_{\text{пост}}$ ; $\Delta J_{\text{о.м}}$
Гранит	0	Песчаные	1,6
Известняк	0,52	Глинистые	1,61
Щебень, гравий	0,92	Насыпные рыхлые	2,6
Полускальные грунты	1,36		

Все здания и типовые сооружения традиционной постройки (без антисейсмических мероприятий) подразделяются на три группы, каждой из которых свойственна определенная сейсмостойкость (табл. 8.2).

Т а б л и ц а 8.2

**Классификация зданий и сооружений по сейсмостойкости ( $J_c$ )**

Группа		Характеристика здания	$J_c$ , баллы
А	А1	Здания со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из скатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т. п.	4
	А2	Здания со стенами из самана или сырцового кирпича; с каменными, кирпичными или бетонными фундаментами; выполненные из рваного камня на известковом, цементном или сложном растворе с регулярной кладкой в углах; выполнение из пластового камня на известковом, цементном или сложном растворе; выполненные из кладки типа "мидис"; здания с деревянным каркасом с заполнением из самана или глины, с тяжелыми земляными или глиняными крышами; сплошные массивные ограды из самана или сырцового кирпича и т. п.	4,5
Б	Б1	Здания с деревянным каркасом с заполнением из самана или глины и легкими перекрытиями	5
	Б2	Типовые здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни	5,5
В	В1	Деревянные дома, рубленные «в лапу» или «в обло»	6
	В2	Типовые железобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные дома; железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т. п.	6,5
С	С7	Типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов	7
	С8	То же для расчетной сейсмичности 8 баллов	8
	С9	То же для расчетной сейсмичности 9 баллов	9

*Примечание.* При сочетании в одном здании признаков двух или трех типов здание в целом следует относить к слабейшему из них.

Состояние зданий и сооружений после землетрясения оценивается степенью повреждения *I* (табл. 8.3).

Т а б л и ц а 8.3

**Степени (*I*) разрушений зданий при землетрясениях**

<b>Степень <i>I</i></b>	<b>Характеристика повреждений</b>
0 Отсутствие видимых повреждений	Сотрясение здания в целом; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки
1 Слабые повреждения	Слабые повреждения материала и неконструктивных элементов здания: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Для ликвидации повреждений достаточен текущий ремонт здания
2 Умеренные повреждения	Значительные повреждения материала и неконструктивных элементов здания, падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб, падание отдельных черепиц. Слабые повреждения несущих конструкций: тонкие трещины в несущих стенах, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Для ликвидации повреждений необходим капитальный ремонт здания
3 Тяжелые повреждения	Разрушения неконструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса. Возможен восстановительный ремонт здания
4 Частичное разрушение	Частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих стенах; разрывы стыков и узлов каркаса; нарушение связей между частями здания; обрушение отдельных панелей перекрытия; обрушение крупных частей здания
5 Обвал	Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания с потерей его формы

*Примечание.* В зданиях, возведенных с антисейсмическими мероприятиями, при оценке степени повреждения учитываются только повреждения несущих элементов конструкций.

Люди, находящиеся в момент землетрясения внутри зданий, поражаются преимущественно обломками строительных конструкций. Вероятность общих ( $P^{\text{общ}}$ ) и безвозвратных ( $P^{\text{безв}}$ ) потерь в зависимости от степени повреждения зданий представлена в табл. 8.4.

Т а б л и ц а 8.4

**Вероятность общих ( $P^{\text{общ}}$ ) и безвозвратных ( $P^{\text{безв}}$ ) потерь**

Вероятность потерь	Степень разрушения здания ( $I$ )			
	0, 1, 2	3	4	5
$P_I^{\text{общ}}$	0	0,05	0,5	0,95
$P_I^{\text{безв}}$	0	0,01	0,17	0,65

Для группы однотипных зданий в зависимости от их сейсмостойкости  $J_c$  и реальной интенсивности землетрясения  $J_{\text{реал}}$  может быть найдена осредненная степень разрушения (табл. 8.5), которая используется для приближенной оценки потерь населения, находящегося в этих зданиях, по данным табл. 8.4.

Т а б л и ц а 8.5

**Зависимость осредненной степени разрушения однотипных зданий ( $I_{\text{ср}}$ ) от приведенной интенсивности ( $J_{\text{реал}} - J_c$ ) землетрясения**

$J_{\text{реал}} - J_c$	0	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{ср}}$	0,1	0,50	1,5	2,5	3,5	4,5	4,9

Так как степени разрушения зданий тоже являются случайными величинами, поэтому более точно потери населения с учетом данных табл. 8.4 следует оценивать по их математическим ожиданиям. Для этого сначала вычисляются вероятности людских потерь различных видов (структура потерь) по формулам:

- вероятность общих потерь населения

$$P^{\text{общ}} = 0,05P_{I=3}^3 + 0,05P_{I=4}^3 + 0,95P_{I=5}^3 ; \quad (8.4)$$

- вероятность безвозвратных потерь населения

$$P^{\text{безв}} = 0,01P_{I=3}^3 + 0,17P_{I=4}^3 + 0,65P_{I=5}^3 ; \quad (8.5)$$

- вероятность санитарных потерь населения

$$P^{\text{сан}} = P^{\text{общ}} - P^{\text{безв}} , \quad (8.6)$$

где  $P_{I=3...5}^3$  - вероятность получения зданиями степеней поражения от 3 до 5 (см. табл. 8.6).



Таблица 8.6

Вероятность  $P_i^3$  получения зданиями различной степени повреждения ( $I$ )

$J_{\text{реал}} - J_c$	Степень повреждения $I$					
	0	1	2	3	4	5
0	0,9	0,1				
1	0,4	0,5	0,1			
2	0,1	0,3	0,5	0,1		
3	0	0,1	0,3	0,5	0,1	
4	0	0	0,1	0,3	0,5	0,1
5	0	0	0	0,1	0,3	0,6
6	0	0	0	0	0,1	0,9

Далее, учитывая, что по своей физической сущности величины  $P^{\text{общ}}$ ,  $P^{\text{безв}}$ , и  $P^{\text{сан}}$  представляют собой относительные потери населения, под которыми понимают отношение численности пострадавшего населения (по видам поражения) в зданиях к его общей численности в них, то абсолютные потери населения в зданиях при землетрясении определяются по формулам:

$$\begin{aligned}
 N^{\text{общ}} &= P^{\text{общ}} N_3; \\
 N^{\text{безв}} &= P^{\text{безв}} N_3; \\
 N^{\text{сан}} &= N^{\text{общ}} - N^{\text{безв}},
 \end{aligned}
 \tag{8.7}$$

где  $N^{\text{общ}}$ ,  $N^{\text{безв}}$ ,  $N^{\text{сан}}$  - абсолютные общие, безвозвратные и санитарные потери;  $N_3$  - численность населения, находящегося в зданиях.

Потери населения зависят от места его нахождения в различное время суток (табл. 8.7).

Таблица 8.7

**Среднесуточное распределение городского населения по месту его пребывания**

Время суток, ч		Место нахождения, %							
		Жилые здания и здания культ.-быт. назначения	Производственные здания	В транспорте			На улице (открыто)		
				Города с населением (млн. чел.)					
0,25-0,5	0,5-1,0	Более 1,0	0,25-0,5	0,5-1,0	Более 1,0				
1	6	94	6	-	-	-	-	-	-
6	7	74	6	7	9	12	13	11	8
7	10	22	50	9	11	17	19	17	11
10	13	28	52	6	7	10	14	13	10
13	15	45	37	4	4	7	14	14	11
15	17	27	49	8	9	13	15	15	12
17	19	45	24	10	12	15	20	18	15
19	01	77	14	4	4	6	5	5	3

### 8.1.2. Прогнозирование и оценка обстановки при наводнениях

Под наводнением понимается затопление водой прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей. Затопление же водой местности, не сопровождающееся ущербом, есть разлив реки, озера или водохранилища.

На территории России находятся сотни тысяч больших и маленьких рек, озер, водохранилищ.

*Прогнозирование наводнений* основывается на анализе и оценке количества таящего снега весной, скорости его таяния, глубины промерзания грунта на полях, наличие заторов и зажоров на реках. Наводнения могут возникнуть и за счет затяжных или ливневых дождей, а также за счет аварий и катастроф на гидротехнических сооружениях. Замечено, что природные наводнения носят циклический характер, что используется для долгосрочного прогнозирования.

*Речной бассейн* - территория суши, с которой талая и дождевая вода стекает в реку. Различают бассейн реки (или иначе водосбор реки), бассейн озера, водохранилища и т.д. Важнейшей числовой характеристикой является размер водосбора, называемый площадью бассейна.

Важнейшей характеристикой реки является ее водность, или сток воды, - объем воды, проходящий через поперечное сечение русла за определенный интервал времени (месяц, квартал, сезон, год). Объем стока в единицу времени называют расходом воды. Обычно расход воды обозначают буквой  $Q$  и измеряют в куб. м/с или л/с.

По данным ЮНЕСКО, за последнее столетие от наводнений погибло около 10 млн. человек (для сравнения: от землетрясений и ураганов ~ 2 млн. человек); убытки мировой экономики исчисляются десятками миллиардов долларов, достигая в некоторых странах 15 % валового продукта.

Наводнения в большей или меньшей степени периодически наблюдаются на большинстве рек России. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднему годовому материальному ущербу в масштабах всей нашей страны наводнение занимает первое место в ряду стихийных бедствий. По человеческим жертвам и удельному материальному ущербу (т. е. ущербу, приходящемуся на единицу пораженной площади) наводнения занимают второе место после землетрясений. Ни в настоящем времени, ни в будущем наводнения как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены. Их можно только ослабить и локализовать.

В России площадь паводкоопасных территорий составляет 400 тыс. км<sup>2</sup>. Ежегодно подвергается затоплению около 50 тыс. км<sup>2</sup> территорий. Наводнениям с катастрофическими последствиями подвержена территория в 150 тыс. км<sup>2</sup>, где расположены 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов, большое количество хозяйственных объектов, более 7 млн. га сельхозугодий. Среднемноголетний ущерб от наводнений оценивается в 41,6 млрд. рублей в год (в ценах 2001 г.).

В зависимости от причин выделяются следующие группы наводнений:

- наводнения, связанные в основном с максимальным стоком от весеннего таяния снега;
- наводнения, формируемые интенсивными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях;
- наводнения, вызванные в основном большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке;
- наводнения, создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек;
- наводнения при прорыве плотин.

По размерам или масштабам и по наносимому суммарному ущербу наводнения делятся на следующие группы:

- низкие (малые) наводнения. Затопляется при этом менее 10 % сельскохозяйственных угодий, расположенных в низких местах. Эти наводнения наносят незначительный материальный ущерб и почти не нарушают ритма жизни населения;
- высокие наводнения. Сопровождаются значительным затоплением, охватывают сравнительно большие участки речных долин и иногда существенно нарушают хозяйственный и бытовой уклад населения;
- выдающиеся наводнения. Такие наводнения охватывают целые речные бассейны. Они парализуют хозяйственную деятельность и резко нарушают бытовой уклад населения, наносят большой материальный и моральный ущерб. Выдающиеся наводнения повторяются примерно один раз в 50...100 лет. Затопляется при этом 50...70 % сельскохозяйственных угодий;
- катастрофические наводнения. Они вызывают затопления громадных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. При этом в зоне затопления полностью парализована хозяйственная и производственная деятельность, временно изменяется жизненный уклад населения. Такие наводнения приводят к огромным материальным убыткам и гибели людей и случаются не чаще одного раза в 100...200 лет или еще реже.

Особенно опасные наводнения наблюдаются на реках дождевого и ледникового питания или при сочетании этих двух факторов.

Из поражающих факторов наводнений выделяют: гидродинамический - в виде потока (течения) воды; гидрохимический - обуславливающий загрязнение гидросферы, почв, грунтов, а также ускорение процессов коррозии, гниения и других химических и микробиологических процессов.

К основным характеристикам последствий наводнения относятся:

- численность населения, оказавшегося в зоне, подверженной наводнению (здесь можно выделить число жертв, количество раненых, количество населения, оставшегося без крова, и т. п.);
- количество населенных пунктов, попавших в зону, охваченную наводнением (здесь можно выделить города, поселки городского типа, сельские населенные пункты, полностью затопленные, частично затопленные, попавшие в зону подтопления, и т. п.);

- количество объектов различных отраслей народного хозяйства, оказавшихся в зоне, охваченной наводнением;
- протяженность железных и автомобильных дорог, линий электропередач, линий коммуникаций и связи, оказавшихся в зоне затопления;
- количество мостов и тоннелей, затопленных, разрушенных и поврежденных в результате наводнения;
- площадь сельскохозяйственных угодий, охваченных наводнением;
- количество погибших сельскохозяйственных животных и т. п., а также такие обобщенные характеристики, как величины ущерба, наносимого наводнением различным отраслям народного хозяйства.

Наводнения иногда сопровождаются пожарами - вследствие обрывов и короткого замыкания электрических кабелей и проводов. Здания, периодически попадающие в зону затопления, теряют капитальность.

При подтоплении города из-за неравномерной осадки грунта происходят частые разрывы канализационных и водопроводных труб, электрических, телевизионных и телеграфных кабелей и т. п.

При прогнозировании последствий наводнений схематически сечение русла реки можно представить либо треугольным сечением (рис. 8.1, а), либо сечением трапециевидального вида (рис. 8.1, б).

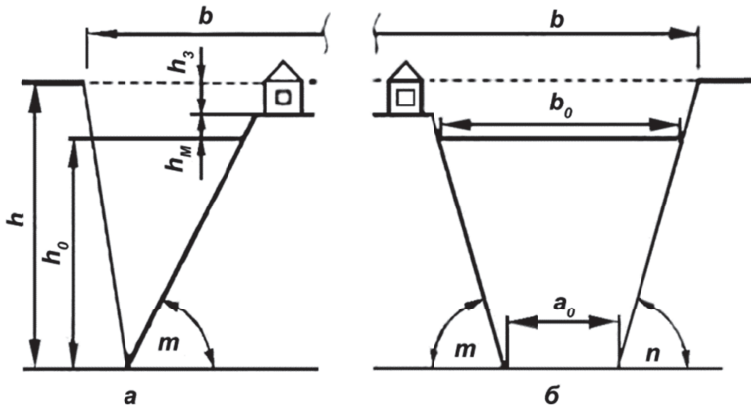


Рис. 8.1. Расчетная схема сечения реки: треугольное сечение (а); трапециевидальное сечение (б):

- $a_0$  - ширина дна реки;  $b_0$ ,  $b$  - ширина реки до и во время наводнения;  
 $h_0$ ,  $h$  - глубина реки до и во время наводнения;  $h_3$  - глубина затопления;  
 $h_m$  - высота места;  $m, n$  - углы наклона берегов реки

Расход воды в реке до наступления наводнения (паводка)  $Q_0$ , м<sup>3</sup>/с, равен:

$$Q_0 = V_0 S_0, \quad (8.8)$$

где  $V_0$  - скорость воды в реке до наступления паводка, м/с;  $S_0$  - площадь сечения русла реки до паводка, м<sup>2</sup>, равная:

$$S_0 = 0,5b_0h_0 - \text{для треугольного сечения;} \quad (8.9)$$

$$S_0 = 0,5(a_0 + b_0)h_0 - \text{для трапецидального сечения.} \quad (8.10)$$

Расход воды после выпадения осадков (таяния снега) и наступления половодья (паводка)  $Q_{\max}$ , м<sup>3</sup>/с, равен:

$$Q_{\max} = Q_0 + JF / 3,6, \quad (8.11)$$

где  $J$  - интенсивность осадков (таяния снега), мм/ч;  $F$  - площадь выпадения осадков (таяния снега), км<sup>2</sup>.

Высота подъема воды в реке при прохождении паводка  $h$ , м, определяется из выражения:

$$h = \left( \frac{2Q_{\max}h_0^{5/3}}{b_0V_0} \right)^{3/8}. \quad (8.12)$$

Если не известна глубина реки  $h_0$ , но известны углы наклона берегов, то, например, для трапецидального сечения:

$$h = \left\{ \frac{2Q_{\max} [(b_0 - a_0) / (\operatorname{ctg} m + \operatorname{ctg} n)]^{5/3}}{b_0V_0} \right\}^{3/8}. \quad (8.13)$$

Максимальная скорость потока воды при прохождении паводка  $V_{\max}$ , м/с, равна

$$V_{\max} = Q_{\max} / S_{\max}, \quad (8.14)$$

где  $S_{\max}$  - площадь поперечного сечения потока при прохождении паводка, м<sup>2</sup>, определяемая по формулам (8.9) и (8.10), в которые вместо  $h_0$  подставляется  $h$ , а вместо  $b_0$  подставляется  $b$ .

Поражающее действие паводка определяется глубиной затопления  $h_3$ , м:

$$h_3 = h - h_0 - h_m, \quad (8.15)$$

и максимальной скоростью потока затопления  $V_3$ , м/с:

$$V_3 = V_{\max} f. \quad (8.16)$$

Параметр удаленности объекта от русла реки  $f$  определяется по табл. 8.8.

Таблица 8.8

Значения параметра  $f$ 

$h_1 / h$	Сечение русла		
	прямоугольное	трапецидальное	треугольное
0,1	0,2	0,23	0,3
0,2	0,38	0,43	0,5
0,4	0,60	0,64	0,72
0,6	0,76	0,84	0,96
0,8	0,92	1,05	1,18
1,0	1,12	1,2	1,32

Поражающее действие волны затопления паводка аналогично поражающему действию волны прорыва и может быть оценено по табл. 8.9.

Таблица 8.9

**Характеристика степени разрушений  
различных сооружений от действия волны прорыва**

Объекты	Сильные		Средние		Слабые	
	$V_{\max}$ , м/с	$h_3$ , м	$V_{\max}$ , м/с	$h_3$ , м	$V_{\max}$ , м/с	$h_3$ , м
Сборные деревянные жилые дома	3,0	2,0	2,5	1,5	1,0	1,0
Деревянные дома (1-2 этажа)	3,5	2,0	2,5	1,5	1,0	1,0
Кирпичные малоэтажные дома (1-3 этажа)	4,0	2,5	3,0	2,0	2,0	2,0
Кирпичные дома средней этажности ( $\geq 4$ этажа)	6,0	3,0	4,0	2,5	2,5	1,5
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5,0	2,5	3,5	2,0	2,0	1,5
Промышленные здания с тяжёлым металлическим или железобетонным каркасом (стены из керамзитовых панелей)	6,5	7,5	4,0	6,0	3,0	3,0
Корпуса цехов промышленных предприятий	7,5	4,0	6,0	7,5	4,0	6,0
Станочное оборудование цехов	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0

Продолжение табл. 8.9

Оборудование химических и электро-технических цехов и лабораторий	4,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,0
Трансформаторные понизительные подстанции	5,0	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0
Крановое оборудование:						
портальный кран грузоподъемностью 5 т	1,5	6,0	4,0	6,0	2,0	2,0
10 т	8,0	5,0	6,0	2,0	2,0	2,0
16 т	8,0	6,0	6,0	3,0	2,0	2,0
Мост-перегрузатель грузоподъемностью 16 т	10,0	9,0	6,0	4,0	2,0	2,0
Пирсы	5,0	6,0	3,0	5,0	6,0	3,0
Плавучие доки	8,0	2,0	5,0	8,0	2,0	5,0
Плавучие краны	7,0	2,0	5,0	7,0	2,0	5,0
Суда высотой более 2 м	5,0	2,0	4,0	5,0	2,0	4,0
Металлические мосты и путепроводы с пролетом до 100 м	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0
То же, с пролетами длиной более 100 м	2,0	2,5	1,0	2,0	2,5	1,0
Железобетонные мосты	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0
Деревянные мосты	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0
Шоссейные асфальтированные дороги	4,0	3,0	2,0	4,0	3,0	2,0
Дороги с гравийным покрытием	2,5	2,0	1,0	2,5	2,0	1,0

В отличие от волны прорыва наводнение и паводок оказывают более продолжительное действие, усугубляющее первоначальное разрушающее воздействие напорной волны (табл. 8.10).

Т а б л и ц а 8.10

Доля поврежденных объектов (%) на затопленных площадях при крупных наводнениях ( $V_3 = 3...4$  м/с)

Объект	Время затопления, ч					
	1	2	3	4	24	48
Затопление подвалов	10	15	40	60	85	90
Нарушение дорожного движения	15	30	60	75	95	100

Продолжение табл. 8.10

Разрушение уличных мостовых	-	-	3	6	30	5
Смыв деревянных домов	-	7	70	90	100	100
Разрушение кирпичных зданий	-	-	10	40	50	60
Прекращение электропитания	75	90	90	100	100	100
Прекращение телефонной связи	75	85	100	100	100	100
Повреждение систем газо- и теплоснабжения	-	-	7	10	30	70
Гибель урожая	-	-	-	-	3	8

*Примечание.* При  $V_3 = 1,5...2,5$  м/с приведенные в таблице значения необходимо умножить на 0,6; при  $V_3 = 4,5...5,5$  м/с - умножить на 1,4.

### 8.1.3. Прогнозирование и оценка обстановки при ураганах

*Ураган* определяется как ветер большой разрушительной силы и значительной продолжительности, скорость которого примерно равна 32 м/с и более.

В широком смысле слова ураганы - это циклоны с очень высокими, ураганскими скоростями воздушного потока. Как правило, такими скоростями воздушного потока обладают тропические циклоны.

*Циклон* - атмосферное возмущение с пониженным давлением воздуха и ураганскими скоростями ветра, возникающее в тропических широтах и вызывающее огромные разрушения и гибель людей.

Отличие от тропических циклонов Атлантического океана со скоростями ветра 32 м/с и более, которые обычно называют ураганами, тропические циклоны западной части Тихого океана часто называют тайфунами.

Урагану может предшествовать буря. *Буря* - это ветер, скорость которого меньше скорости ураганного ветра, однако все же довольно значительная - 15...20 м/с. Убытки и разрушения, причиняемые бурями, существенно меньше, чем от ураганов. Иногда бурю порядка 11 баллов называют штормом.

Основная причина возникновения ураганов - циклоническая деятельность атмосферы. Непосредственными причинами их возникновения являются: в умеренных широтах - значительные контрасты температур и давлений смежных воздушных масс, а в тропических широтах - конденсация пара в обширном слое влажного воздуха над океаном с выделением огромного количества энергии.

Небольшие потоки воздуха под влиянием указанных причин довольно быстро превращаются в мощный вихрь, и рождается ураган. Ураганы возникают в любое время года, но наиболее часто в период времени с июля по октябрь.

Самой важной характеристикой урагана является скорость ветра. Ветер, соответствующий по шкале Бофорта 12 баллам, является ураганным ветром.



Важными характеристиками, необходимыми для прогнозирования ураганов, являются скорость и путь перемещения циклона, являющегося источником ураганного ветра.

Скорость перемещения такого циклона весьма различна. В среднем эта скорость у тропических циклонов составляет 50...60 км/ч, а максимальная скорость перемещения достигает величин 150...200 км/ч. Иногда циклон, являющийся источником ураганного ветра, день-два почти стоит на месте или движется со скоростью несколько км/ч. Скорость движения внетропических циклонов в среднем составляет 30...40 км/ч, иногда достигая величины 100 км/ч.

Размеры ураганов весьма различны. Обычно за ширину урагана принимают ширину зоны катастрофических разрушений или зоны ветров ураганной силы. Эта зона для тропических циклонов имеет ширину от 20 до 200 км. Часто к этой зоне прибавляют зону ветров штормовой силы со сравнительно небольшими разрушениями, тогда ширина урагана измеряется сотнями километров, иногда до 1000 и даже 1500 км. Для тайфунов (тропических ураганов Тихого океана) полоса разрушений составляет обычно 15...45 км, но бывает и до 80 км. Большую площадь захватывает зона разрушительных ливней.

Средняя продолжительность урагана составляет 9...12 дней. Многие явления, сопровождающие ураган, так же страшны, как и он сам. Нередко они даже превосходят его по своей разрушительной силе. Часто ливни, сопровождающие ураган, гораздо опаснее самого ураганного ветра.

Ураган является одной из самых мощных сил стихии. По своему пагубному воздействию ураганы нередко не уступают таким страшным стихийным бедствиям, как землетрясения. Это объясняется тем, что ураганы несут в себе колоссальную энергию. Количество энергии, выделяемой средним по мощности ураганом в течение одного часа, равно энергии ядерного взрыва мощностью 36 Мт.

Ураганы вызывают огромные разрушения, нередко унося множество человеческих жизней, а материальный урон от них превышает миллиарды долларов.

Основными разрушительными факторами урагана являются высокая скорость ветра, скоростной напор воздушного потока, его сила и продолжительность действия. На величину ущерба, причиняемого ураганом, оказывают также большое влияние сопровождающие его гидрологические явления: огромные массы приливных вод на морском побережье и продолжительные ливневые дожди, вызывающие обширные наводнения. Кроме того, величина ущерба зависит от характера экономики района бедствия, рельефа местности, степени застройки и прочности строений, вида растительности, присутствия в зоне действия урагана населения, животных, времени года, проведенных профилактических мероприятий.

Характеристиками последствий действия ураганного ветра являются: количество погибших и пострадавших, оставшихся без крова людей, количество разрушенных и поврежденных жилых домов, производственных и культурно-бытовых зданий, мостов, опор линий электропередач, связи и других народнохозяйственных объектов, площади сельскохозяйственных угодий с погибшими посевами, урожаем, количество погибших сельскохозяйственных животных и т. п.

Частота возникновения на территории России бурь и ураганов с различной скоростью ветра приведена в табл. В.1. приложения.

При ураганах различают четыре степени разрушения зданий и сооружений (слабая, средняя, сильная и полная), характеристики трех из которых приведены в табл. 8.11.

Т а б л и ц а 8.11

**Характеристика степеней разрушения зданий и сооружений при ураганах**

Здания, сооружения и оборудование	Степень разрушения		
	слабая	средняя	сильная
Производственные и административные здания	Разрушения наименее прочных конструкций зданий и сооружений: заполненных дверных и оконных проемов; небольшие трещины в стенах, откалывание штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах или падение их отдельных частей	Разрушения перегородок, кровли, части оборудования; большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб, разрушение оконных и дверных заполнений, появление трещин в стенах	Значительные деформации несущих конструкций; сквозные трещины и проломы в стенах, обрушения частей стен и перекрытий верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей
Технологическое оборудование	Повреждение и деформация отдельных деталей, электропроводки, приборов автоматики	Повреждение шестерен и повреждения передачи передаточных механизмов, обрыв маховиков и рычагов управления, разрыв приводных ремней	Смещение с фундаментов и деформация станин, трещины в деталях, изгиб валов и осей
Подъемно-транспортные механизмы, крановое оборудование	Частичное разрушение и деформация обшивки повреждение стекол и приборов	Повреждение наружного оборудования, разрыв трубопроводов систем питания, смазки и охлаждения	Опрокидывание, срыв отдельных частей, общая деформация рамы

Продолжение табл. 8.11

Газгольдеры, резервуары для нефтепродуктов и сжиженных газов	Небольшие вмятины, деформация трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Смещения на опорах, деформация оболочек, подводящих трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Срыв с опор, опрокидывание, разрушение оболочек, обрыв трубопроводов и запорной арматуры
Трубопроводы	Повреждения стыковых соединений, частичное повреждение КИП	Разрыв стыковых соединений, повреждения КИП и запорной арматуры, переломы труб на вводах и отдельных местах	Переломы труб на вводах. Разрыв и деформация труб. Сильные повреждения арматуры

Степень разрушения зданий и сооружений (см. табл. В.2 приложения) зависит от скорости ветра и характеристики застройки, которая содержит данные по назначению, этажности зданий и сооружений, а также материалу стен, перекрытий и покрытий.

В зависимости от степени разрушения зданий в соответствии с табл. 8.12 определяются потери населения.

Таблица 8.12

**Вероятность потерь населения в разрушенных зданиях при ураганах**

Вероятность потерь	Степени разрушения зданий			
	слабая	средняя	сильная	полное
Общие	0,05	0,30	0,60	1,00
Безвозвратные	0	0,08	0,15	0,60

В результате проведенной таким образом оценки могут быть получены следующие данные:

- количество зданий и сооружений, получивших определенные степени разрушения;
- качественное описание разрушений зданий и сооружений;
- потери населения в результате разрушения зданий.

**8.2. Прогнозирование и оценка чрезвычайных ситуаций техногенного характера**

Чрезвычайные ситуации техногенного происхождения связаны с производственной деятельностью человека и могут протекать с загрязнением или без загрязнения окружающей среды, с человеческими жертвами или без них, но всегда – с нанесением материального ущерба, часто огромного.

*Прогнозирование техногенных ЧС* - это опережающее отражение вероятности появления и развития техногенных ЧС и их последствий на основе оценки риска возникновения пожаров, взрывов, аварий, катастроф.

Прогнозирование техногенных ЧС включает выявление и аттестацию потенциально опасных объектов, оценку возможных последствий аварий и катастроф на потенциально опасных объектах, предупреждение органов управления о возможных ЧС. Прогнозирование техногенных ЧС основано на оценке технического состояния оборудования, техники, оценке человеческого фактора и факторов окружающей среды.

Итогом прогнозирования любой техногенной ЧС является определение величины риска ее возникновения, зависящего от многих факторов, а также возможные опасные зоны.

### 8.2.1. Прогнозирование и оценка обстановки при взрывоопасных чрезвычайных ситуациях

Наиболее частым и опасным поражающим фактором являются взрывы. Взрывы могут быть ядерных и обычных боеприпасов, твердых взрывчатых веществ, газо-топливных, воздушно-пылевых и других смесей, горючих веществ и других материалов. Основным поражающим фактором любого взрыва является воздействие ударной волны.

#### *Расчет зоны ЧС при взрыве конденсированных взрывчатых веществ.*

Расчет зоны ЧС сводится к определению ее размеров, степени поражения людей и разрушения объектов.

Конденсированными называют твердые взрывчатые вещества (ВВ) с плотностью  $\rho = (1,5 \dots 1,8) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , содержащие в своем составе количество кислорода, достаточное для осуществления взрывной реакции. Различают индивидуальные ВВ и их смеси (см. табл. В.3 приложения). Главной характеристикой ВВ является теплота взрыва  $Q_v$  - количество энергии, выделяемое при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кг. Взрывы конденсированных ВВ протекают в режиме детонации.

Избыточное давление во фронте ударной волны при взрыве заряда ВВ на поверхности земли определяется по формуле:

$$\Delta p_{\phi} = 95 \frac{\sqrt[3]{m}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{m^2}}{R^2} + 1300 \frac{m}{R^3} \quad (8.17)$$

где:  $\Delta p_{\phi}$  - избыточное давление, кПа;  $m$  - масса тротилового заряда, кг;  $R$  - расстояние от центра взрыва до объекта, м;

Формула справедлива для наземного взрыва, а также для воздушного взрыва на расстоянии  $R > 8 H$  ( $H$  - высота взрыва, м).

Для ВВ (кроме тротила) вместо  $m$  в формулу (8.17) подставляют значение  $m' = \alpha m$ . Величину  $m'$  называют тротильным эквивалентом.

Разрешая формулу (8.17) относительно  $R$  и представляя ее в виде  $R = f(\Delta p_{\phi}, m)$ , получим соотношение

$$R = x\sqrt[3]{m} \quad (8.18)$$

где  $x$  – параметр уровня поражения (без учета влияния подстилающей поверхности),  $x = 4,7$  ( $\Delta p_{\phi} = 50$  кПа) – полные разрушения;  $x = 6,4$  ( $\Delta p_{\phi} = 30$  кПа) – сильные разрушения;  $x = 8,2$  ( $\Delta p_{\phi} = 20$  кПа) – средние разрушения;  $x = 13,5$  ( $\Delta p_{\phi} = 10$  кПа) – слабые разрушения.

Слабые разрушения – повреждения или разрушения крыш, оконных и дверных проемов. Ущерб – 10...15 % от стоимости зданий.

Средние разрушения – разрушение крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей. Ущерб – 30...40 %

Сильные разрушения – разрушения несущих конструкций и перекрытий. Ущерб – 50 %. Ремонт нецелесообразен.

Полное разрушение – обрушение зданий.

Степень поражения объекта экономики определяется по формуле:

$$D = \frac{S_{зчс}}{S_{ос}} \cdot 100\%, \quad (8.19)$$

где  $S_{зчс}$  – площадь зоны ЧС, м<sup>2</sup>;  $S_{ос}$  – площадь объекта экономики, м<sup>2</sup>.

Восстановление объекта экономики целесообразно, если слабые и средние разрушения зданий и сооружений не превышают 40 %.

По табл. 8.13 определяется степень поражения ударной волной взрыва незащищенных людей

Т а б л и ц а 8.13

### Степень поражения людей

$\Delta p_{\phi}$ , кПа	Степень поражения
100	Смертельные (безвозвратные)
60...100	Тяжелые поражения (контузии)
40...60	Средние поражения (кровотечения, вывихи, сотрясения)
10...40	Легкие поражения (ушибы, потеря слуха)
< 10	Безопасное

Число безвозвратных потерь при взрывах в населенных пунктах (городах) можно оценить по формуле:

$$N_{\text{без}} = P Q_{\text{вв}}^{0,666}, \quad (8.20)$$

где  $N_{\text{без}}$  – число безвозвратных потерь, чел.;  $P$  – плотность населения или промышленного персонала, тыс. чел/км<sup>2</sup>;  $Q_{\text{вв}}$  – масса ВВ, т.

По табл. 8.14 определяется степень разрушения элементов инженерно-технического комплекса (ИТК).

Таблица 8.14

**Степень разрушения объектов (зданий, сооружений, транспорта)  
в зависимости от избыточного давления  $\Delta p_{\phi}$ , кПа**

Элементы ИТК	Степень разрушения		
	сильная	средняя	слабая
Цех с легким металлическим каркасом	50...30	20...30	20...10
Кирпичные (более 3-х эт.) здания	30...20	20...12	12...8
Цистерны ж/д	90...60	60...40	40...20
Грузовая машина	50	50...40	40...20
ЛЭП	120...80	70...50	40...20
Трубопроводы наземные	130	50	20
Трубопроводы на эстакаде	50...40	40...30	30...20
Резервуары ГСМ			
- наземные	100...50	50...30	30...10
- подземные	200...100	100...50	50...30
ТЭС	25...20	20...15	15...10
Водонапорная башня	60...40	40...20	20...10
Деревянные дома	30...20	20...10	10

Для оперативных расчетов радиусов зон полных, сильных, средних, слабых разрушений (с учетом влияния подстилающей поверхности) можно использовать зависимости:

- радиус зоны полных разрушений  $R_{п.р}$

$$R_{п.р} = 3,1 \sqrt[3]{m'_{\text{экв}}}, \text{ м}; \quad (8.21)$$

- радиус зоны сильных разрушений  $R_{с.р}$

$$R_{с.р} = 4,2 \sqrt[3]{m'_{\text{экв}}}, \text{ м}; \quad (8.22)$$

- радиус зоны средних разрушений  $R_{ср.р}$

$$R_{ср.р} = 5,4 \sqrt[3]{m'_{\text{экв}}}, \text{ м}; \quad (8.23)$$

- радиус зоны слабых разрушений  $R_{сл.р}$

$$R_{сл.р} = 8,3 \sqrt[3]{m'_{\text{экв}}}, \quad (8.24)$$

при этом

$$m'_{\text{экв.}} = 2 \eta a m, \text{ кг},$$

где  $\eta$  - коэффициент, учитывающий свойства подстилающей поверхности в районе взрыва (железобетонная плита – 0,95, бетон – 0,85, плотный грунт – 0,7, средний грунт – 0,65);  $\alpha$  - соотношение (см. таблицу В.3 приложения);  $m$  – масса ВВ (ГВС), кг.

Возможные потери людей в зоне ЧС определяются как математическое ожидание (МО), равное сумме потерь персонала объекта в зависимости от степени его защищенности:

$$MO = \sum_{i=1}^n N_i C_i, \text{ чел.}, \quad (8.25)$$

где  $N_i$  – число людей на объекте, чел.;  $C_i$  – процент потерь, % (табл. 8.15);  $n$  – число зданий на объекте.

Таблица 8.15

Потери рабочих и служащих на объекте  $C_i$ , %

Степень разрушения зданий, сооружений	Степень защищенности персонала					
	Не защищен		В зданиях		В защитных сооружениях	
	общие	санитарные	общие	санитарные	общие	санитарные
Слабая	8	3	1,2	0,4	0,3	0,1
Средняя	12	9	3,5	1,0	1,0	0,3
Сильная	80	25	30	10	2,5	0,8
Полная	100	30	40	15	7,0	2,5

**Взрыв газозооушной смеси (ГВС).** Для проведения расчетов необходимы значения теплоты взрыва  $Q_V$ , кДж/кг, НКП/ВКП (см. табл. В.4 приложения).

Тротильовый эквивалент взрыва, кг, находят по формуле:

$$m' = \eta \frac{m Q_V}{Q_{V \text{ трит}}}, \quad (8.26)$$

где  $m$  – масса горючего газа, кг;  $Q_V$  - теплота взрыва газа, кДж/кг;  $Q_{V \text{ трит}}$  - теплота взрыва тротила, кДж/кг;  $\eta = 0,1$  - доля прореагировавшего при взрыве газа.

Радиус зоны, м, бризантного действия взрыва (I зона):

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{3\omega m}{2\pi\rho'}} = 1,75\sqrt[3]{m}, \quad (8.27)$$

где  $\omega = 0,8$  – коэффициент перевода вещества в газообразное состояние. Для сжатых газов  $\omega = 1$ ;  $\rho' = \rho_0 \frac{n}{100} \cong 0,07$  кг/м<sup>3</sup> - концентрация газа в смеси;  $n$  – процент газа в ГВС, %;  $m$  – масса ГВС, ТВС в смеси (резервуаре), кг.

Давление в пределах I зоны  $\Delta p_{\phi} = 1750$  кПа. За  $m$  принимается 50 % вместимости резервуара при одиночном хранении и 90 % - при групповом.

Радиус зоны действия продуктов взрыва (радиус огненного шара объемного взрыва) - II зона:

$$R_{\text{о.ш}} = R_2 = 1,7R_1. \quad (8.28)$$

Избыточное давление, кПа, в зоне разлета продуктов взрыва (на границе огненного шара) определяют по формуле:

$$\Delta p_{\phi 2} = \frac{3(\gamma - 1)\rho Q_V \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3}{2} + \frac{p_0}{2}, \quad (8.29)$$

где  $\gamma$  - показатель адиабаты (для смеси газов  $\gamma = 1,25$ );  $\rho$  - плотность ГВС, кг/м<sup>3</sup>;  $Q_V$  - удельная теплота взрыва смеси углеводородных газов, кДж/кг;  $p_0$  - атмосферное давление, кПа.

После преобразований формула (8.29) упрощается:

$$\Delta p_{\phi 2} \cong 1300 \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 + 50, \text{ кПа.} \quad (8.30)$$

Избыточное давление, кПа, в зоне действия воздушной ударной волны ( $R_3 > 1,7R_1$ ) определяют по формуле:

$$\Delta p_{\phi 3} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41(R_3/R_1)^3 - 1}}. \quad (8.31)$$

Интенсивность, кДж/(м<sup>2</sup>с), теплового излучения взрыва ГВС (ТВС) на расстоянии  $R$ , кДж/(м<sup>2</sup>с):

$$J = q_0 \varphi T, \quad (8.32)$$

где  $q_0$  - удельная теплота пожара, кДж/(м<sup>2</sup>с);  $T = 1 - 0,058 \cdot \ln R_3$  - прозрачность

воздуха;  $\varphi = \frac{R_2^2 R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}}$  - угловой коэффициент, характеризующий взаимное

расположение источника и объекта.

Продолжительность, с, существования огненного шара определяют по формуле:

$$\tau_{\text{св}} \cong (0,45 \dots 0,85) \sqrt[3]{m}, \quad (8.33)$$

где  $m$  - масса ГВС (ТВС) кг.

Тепловой импульс, кДж/м<sup>2</sup>, определяют по формуле:

$$U_T = J \tau. \quad (8.34)$$



Безвозвратные потери людей от воздействия ударной волны определяют по формуле:

$$N_{\text{см}} = 3 P m^{0,666}, \quad (8.35)$$

где  $m$  – масса ГВС (ТВС) в тоннах.

Поражающее действие ударной волны и теплового импульса определяют, сравнивая вычисленные значения  $\Delta p_{\text{ф}}$  и  $U_T$  с табличными (см. табл. 8.13; 8.14; 8.15; 8.16).

Т а б л и ц а 8.16

**Значения тепловых импульсов, приводящих к поражению людей и воспламенению материалов, кДж/м<sup>2</sup>**

Степень ожога	$U_T$ , приводящий к поражению, кДж/м <sup>2</sup>	Материал	$U_T$ , приводящий к воспламенению, кДж/м <sup>2</sup>
Легкая	80...100	Доски темные, резина	230...400
Средняя	100...400	Стружка, бумага	330...500
Тяжелая	400...600	Брезент	420...500
Смертельная	> 600	Дерево сухое	500...670
		Кроны деревьев	500...750
		Кровля (рубероид)	580...810
		Древесно-стружечная плита	160...200

**Расчет зоны ЧС при взрыве емкости, находящейся под давлением газа (пара).** Взрыв емкостей, находящихся под давлением, относится к группе физических взрывов, при которых при разрушении емкости происходит быстрое расширение газа и образование ударной волны и поля осколков. Наиболее частые причины такой ЧС: падение резервуара, разрывы швов. Энергия взрыва, Дж, определяется по формуле:

$$E = \frac{p_r V}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{p_0}{p_r} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right], \quad (8.36)$$

где  $p_r$  – давление газа в емкости, Па;  $p_0$  – атмосферное давление, Па;  $V$  – объем емкости, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – значения показателя адиабаты (см. табл. В.5 приложения).

Масса эквивалентного заряда, кг, определяется (с учетом соотношения  $E_{\text{уд.в}} = 0,6E$ ) по формуле:

$$m_s = \frac{0,6E}{Q_{V_{\text{тнт}}}}. \quad (8.37)$$

Избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии  $R$  определяется по формуле (8.17). Оценивая полученные значения  $\Delta p_\phi$  с табличными, оцениваем поражающее действие ударной волны. Расчет поля осколков производится по соотношениям:

$$L_{\max} = \frac{v_o^2}{g}, \quad (8.38)$$

где  $v_o$  - начальная скорость полета осколков, м/с;  $g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Скорость  $v_o$  вычисляется по соотношению:

$$\frac{1}{2} m_o v_o^2 = E_{\text{оск}} = \eta_n \beta_{\text{оск}} m Q_V, \quad (8.39)$$

откуда

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \eta_n \beta_{\text{оск}} m Q_V}{m_o}}, \quad (8.40)$$

Здесь  $m_o$  - суммарная масса осколков, равная массе здания, резервуара и т.п., кг;  $E_{\text{оск}}$  - энергия, идущая на разлет осколков, Дж;  $\eta_n$  - коэффициент участия газа, пыли во взрыве в помещении ( $\eta_n = 0,5$ );  $\beta_{\text{оск}}$  - доля энергии, идущая на разлет осколков ( $\beta_{\text{оск}} = 0,4$ );  $m$  - масса горючего вещества, кг;  $Q_V$  - удельная теплота взрыва вещества, Дж/кг.

Соотношение (8.38) дает завышенные значения, т. к.  $L_{\max}$  рассчитывается для полета в безвоздушном пространстве. Поэтому, дальность полета осколков ограничивают соотношением:

$$L_x = 238 \sqrt[3]{m_s}, \quad (8.41)$$

где  $m_s = m$ ,  $Q_V = Q_{V_{\text{тнт}}}$ ;  $\eta = 1$  (для боеприпасов, бомб, снарядов, мин).

Масса цилиндрического резервуара:

$$m_{\text{ц}} = \pi d L (r^2 - r_1^2) + 2 \pi r_1^2 \delta. \quad (8.42)$$

Масса шарового резервуара

$$m_{\text{ш}} = 4 / 3 \pi (r^3 - r_1^3) d. \quad (8.43)$$

Объемы резервуаров соответственно:

$$V_{\text{ц}} = \pi r_1^2 (L - 2\delta); V_{\text{ш}} = \frac{4}{3} \pi r_1^3,$$

где  $d = 7,8$  г/см<sup>3</sup> - удельный вес железа (металла);  $\delta$  - толщина оболочки, см;  $r$  и  $r_1$  - внешний и внутренний радиус резервуара, см;  $L$  - длина цилиндрического резервуара, см.

### 8.2.2. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях на ядерно-опасных и радиационно-опасных объектах

Под ядерно-опасными объектами (ЯОО) понимаются объекты, имеющие значительные количества ядерных делящихся материалов в различных физических состояниях и формах. Потенциальная опасность эксплуатации таких объектов заключается в возможности возникновения «критичности» и, соответственно, самоподдерживающейся цепной реакции при аварийных ситуациях, а также при переработке, хранении и транспортировке ядерных делящихся материалов.

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

*Прогнозирование возможной обстановки.* Под радиационной обстановкой понимаются масштабы и степень ионизации окружающей среды естественными и искусственными источниками излучения. В зависимости от степени ионизации среды радиационная обстановка может быть *нормальной* - мощность дозы до 0,6 мкЗв/ч (60 мкР/ч), *аномальной* - мощность дозы от 0,6 до 1,2 мкЗв/ч (60...120 мкР/ч) и *радиоактивным загрязнением* - мощность дозы более 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч).

Контроль радиационной обстановки, являющийся составной частью общего контроля состояния окружающей среды, заключается в проведении *радиологического мониторинга* – наблюдения, оценки и прогнозирования радиационной обстановки, и на основании его результатов определения необходимости нормализации обстановки и принятия мер по защите населения и территорий. Контроль радиационной обстановки осуществляется постоянно на всей территории страны, особое внимание при этом уделяется районам расположения ядерно-опасных объектов и, в первую очередь, атомных станций (АС).

Исходными данными для прогнозирования обстановки являются:

- координаты местоположения атомной электростанции (АЭС), или эпицентра ядерного взрыва;
  - тип реактора, его энергетическая мощность или вид ядерного взрыва;
  - время начала выбросов радиоактивных веществ в атмосферу, или время ядерного взрыва;
  - направление и скорость ветра;
  - степень вертикальной устойчивости приземной атмосферы.
- При аварии на АЭС определяют показатели обстановки:
- размеры (длина, ширина, площадь) зон радиоактивного загрязнения и их расположение на местности;
  - мощность дозы гамма-излучения в любой точке следа радиоактивных выбросов и в любой момент времени;
  - доза внешнего облучения людей в любой точке следа выброса;
  - время начала радиоактивного загрязнения местности;
  - количество людей, оказавшихся в зонах радиоактивного загрязнения.

При оценке практической радиоактивной обстановки при ядерном взрыве определяют показатели:

- приведение уровней радиации к одному времени после ядерного взрыва;
- определение возможных доз облучения;
- определение допустимой продолжительности пребывания людей на радиоактивно зараженной местности;
- определение времени начала преодоления участка заражения, начала работ и назначение количества смен при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР);
- определение возможных радиационных потерь рабочих и служащих, населения, личного состава формирований и т. д.

Главная цель прогнозирования радиационной обстановки - выявление и оценка трудоспособности рабочих и служащих, военнослужащих, остального населения,

Оценка радиационной обстановки включает два этапа:

- выявление радиационной обстановки;
- фактическую оценку обстановки.

Выявить радиационную обстановку, значит – определить и нанести на рабочую карту (схему) зоны радиоактивного заражения (загрязнения) или уровни радиации в отдельных точках местности.

На первоначальном этапе выявления радиационной обстановки осуществляют прогнозирование возможной обстановки. Прогнозирование позволяет быстро принять необходимые предварительные решения, но его результаты могут значительно отличаться от фактической радиационной обстановки, поэтому они должны быть уточнены по данным разведки.

Оценку фактической радиационной обстановки осуществляют в целях принятия необходимых мер защиты, обеспечивающих уменьшение (исключение) радиоактивного облучения и определение наиболее целесообразных действий людей на зараженной (загрязненной) местности.

Расчеты, связанные с оценкой радиационной обстановки, ведут аналитическим способом с помощью формул, таблиц, графиков, номограмм.

Фактическая оценка радиационной обстановки предназначена для выработки мер по защите населения при авариях на атомной станции методом прогнозирования, методом выявления и оценки фактической радиационной обстановки по возможным фазам развития аварии путем определения зон планирования и проведения мер по защите населения, а также порядка их выполнения. В соответствии с методологией, работа по определению мер защиты населения проводится в два этапа: 1-й этап - определение постоянных зон планирования мер по защите населения, осуществляемое заблаговременно; 2-й этап - определение зон проведения мер по защите населения, уточняющее зоны планирования, осуществляемое после возникновения аварии.

***Приведение уровней радиации к одному времени после взрыва.*** Уровни радиации в ходе радиационной разведки измеряют, как правило, в различное время. Поэтому, для правильной оценки радиационной обстановки и нанесения

ее на карту (схему) необходимо привести уровни радиации, измеренные в различных точках местности в разное время, к одному времени после взрыва. Это необходимо также для контроля за спадом уровней радиации. За эталон принимают, как правило, уровень радиации на один час после взрыва  $P_0$ .

Пересчет уровней радиации на один час производят по формуле:

$$P_0 = P_\tau \tau^{1,2}, \quad (8.44)$$

а так же по таблицам, графикам, номограммам.

Для решения задачи используем табл. В.6 приложения, где приведены коэффициенты пересчета уровней радиации на любое значение времени:

$$\Pi = \tau^{1,2} = \frac{P_0}{P_\tau}. \quad (8.45)$$

Здесь и далее  $P_0 = P_\tau$  - уровню радиации на один час после взрыва.

Чтобы определить уровень радиации на один час после взрыва, необходимо измеренный уровень радиации умножить на величину коэффициента  $\Pi$ , соответствующего времени измерения.

**Определение возможных доз облучения при действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами.** Дозы облучения на зараженной местности можно определить с помощью индивидуальных дозиметров или, при наличии приборов радиационной разведки, путем измерения уровней радиации через равные промежутки времени, определить средний уровень радиации  $P_{\text{ср}}$  за время нахождения в зоне заражения  $T$  и затем рассчитать дозу по формуле:

$$D = \frac{P_{\text{ср}} T}{K_{\text{осл}}}, \quad (8.46)$$

где  $K_{\text{осл}}$  - коэффициент ослабления дозы, зависящий от условий расположения людей. Ориентировочные  $K_{\text{осл}}$  даны в табл. В.8 приложения.

Однако таким методом можно фиксировать только случившееся. Заранее рассчитывать действия людей на зараженной местности можно по формуле:

$$D = \frac{5P_0}{K_{\text{осл}}} (\tau_{\text{н}}^{-0,2} - \tau_{\text{к}}^{-0,2}), \quad (8.47)$$

где  $P_0 = P_1$  - уровень радиации на один час;  $\tau_{\text{н}}$  и  $\tau_{\text{к}}$  - соответственно время начала и окончания облучения;  $K_{\text{осл}}$  - степень ослабления радиации в зависимости от условий нахождения людей.

Для удобства работы:

$$\tau_{\text{н}}^{-0,2} = \frac{\tau_{\text{н}}}{\tau_{\text{н}}^{1,2}}, \quad \tau_{\text{к}}^{-0,2} = \frac{\tau_{\text{к}}}{\tau_{\text{к}}^{1,2}}.$$

Если люди в зоне заражения находятся в разной степени защищенности, то определяют средний уровень защищенности  $K_{\text{осл.ср}}$  :

$$K_{\text{осл.ср}} = \frac{(\tau_k - \tau_n)}{\tau_1 + \frac{\tau_2}{K_{\text{осл.2}}} + \frac{\tau_3}{K_{\text{осл.3}}}}, \quad (8.48)$$

где  $(\tau_k - \tau_n)$  - общее время нахождения в зоне;  $\tau_1$  - время нахождения в зоне открыто;  $\tau_2, \tau_3$  - время и коэффициенты ослабления в соответствующей степени защищенности –  $K_{\text{осл.2}}, K_{\text{осл.3}}$ , здесь  $\tau_k - \tau_n = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ .

Доза может быть определена также с помощью таблиц, графиков, номограмм и радиационных линеек.

Воспользуемся табл. В.9 приложения, в которой приведены дозы радиации на открытой местности для уровней радиации 100 Р/ч на 1 ч после взрыва. Фактические дозы для других значений уровня радиации  $D_\phi$  определяются так: полученное по таблице значение дозы  $D_t$  умножается на отношение  $P_\phi/100$ , где  $P_\phi$  - фактический уровень радиации на 1 час после взрыва, т. е.

$$D_\phi = D_t \cdot \frac{P_\phi}{100}. \quad (8.49)$$

**Определение допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной местности.** Для решения задачи необходимы следующие исходные данные:

- время начала облучения (входа в зараженную зону);
- уровень радиации на момент входа;
- установленная доза облучения;
- коэффициент ослабления радиации.

Установленная доза  $D_y$  - доза, приведенная на время выполнения определенной задачи или работы в зоне радиоактивного заражения. Величина ее определяется командиром (начальником) в зависимости от стоящих задач и остаточной дозы (см. табл. В.10 приложения), если люди уже подвергались облучению.

Задача может быть решена по формуле (8.47) или по табл. В.9 приложения как обратная. В этом случае надо предварительно определить условную (см. табл. В.9 приложения) установленную дозу  $D_y = \frac{100}{P_\phi} \cdot D_{т.у}$  и далее, найдя на строке времени начала облучения условную табличную дозу, против нее по вертикали отсчитать допустимую продолжительность пребывания в зоне.

Для этой цели воспользуемся табл. В.11 приложения. Используя исходные данные, определяем отношение

$$\frac{D_y \cdot K_{\text{осл}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (8.50)$$

(горизонталь) и на пересечении с вертикалью, соответствующей времени входа  $\tau_{\text{вх}}$  находим допустимую продолжительность пребывания в зоне заражения.

**Расчет режимов радиационной защиты населения.** Уровень радиации при взрыве зависит от расстояния от эпицентра, мощности и вида взрыва, от зоны радиоактивного заражения, в которой может оказаться объект или формирование ГО. Поэтому заранее разрабатывают режимы радиационной защиты, в зависимости от вероятных пределов уровней радиации для данного объекта или населенного пункта.

Фактические защитные свойства зданий и сооружений, простейших укрытий, приспособляемых подвалов и других заглублений сооружений также смогут быть определены по формулам или приняты по справочным данным. Например, деревянные жилые дома обеспечивает коэффициент ослабления  $K_{\text{осл}} (K_3) = 2$ :

- в каменных одноэтажных домах -  $K_{\text{осл}} (K_3) = 10$ ;
- в каменных многоэтажных домах -  $K_{\text{осл}} (K_3) = 20 \dots 30$ ;
- в производственных многоэтажных зданиях -  $K_{\text{осл}} (K_3) = 7$  и т.д.

Необходимо учитывать отдаленность жилья от места работы и возможность использования транспортного средства. Для пешего движения  $K_{\text{осл}} = 1$ , для всех видов транспорта  $K_{\text{осл}} = 2$ .

Отдыхающие смены предприятий, продолжающих свою деятельность в городах, должны размещаться так, чтобы общее время доставки туда и обратно не превышало четырех часов, из них пешее движение - не более одного часа в одном направлении.

При разработке режимов поведения необходимо учитывать возможность прекращения производственной деятельности по сигналам ГО, опасность вторичных факторов - возможность затопления, взрывов, пожароопасность и т. п. Должна учитываться сменность работы (одна или две смены по 10...12 часов).

Режим работы является частью общего режима в районе следа радиоактивного облака. Под режимом поведения людей понимают повторяющееся с определенной периодичностью в течение суток, продолжительность и условия работы, передвижения и отдыха рабочих и служащих (населения).

Режим работы рабочих и служащих и режим поведения населения определяют руководители объектов и штабы ГО, из условия, что за время пребывания на радиоактивно зараженной местности люди не должны получить дозу облучения выше допустимой для данного случая.

Режим радиационной защиты можно определить расчетным путем, используя усредненные показатели, учитывающие защитные свойства зданий (сооружений) и продолжительность пребывания в них людей. Такими усредненными показателями являются:

- коэффициент защищенности людей ( $C_3$ );
- коэффициент безопасной защищенности людей ( $C_{б.з}$ );

Коэффициент защищенности показывает, во сколько раз доза радиации, накопленная людьми за сутки при установленном режиме поведения, меньше дозы, которую они получили бы за сутки, находясь непрерывно на открытой местности.

$$C_3 = \frac{24}{\tau_1 + \frac{\tau_2}{K_2} + \frac{\tau_3}{K_3} + \dots + \frac{\tau_n}{K_n}}, \quad (8.51)$$

где 24 - количество часов в сутках;  $\tau_1$  - время открытого пребывания людей на зараженной местности;  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  - время пребывания людей в течение этих суток в укрытиях, зданиях, транспортных средствах и т. п., ч;  $K_1, K_2, \dots, K_n$  - коэффициенты ослабления гамма-излучения укрытиями, зданиями и т.п.

На зараженной территории коэффициент защищенности  $C_3$  может не обеспечить безопасную жизнедеятельность людей. Поэтому введен второй усредненный показатель - коэффициент безопасной защищенности  $C_{6.3}$ . Коэффициент безопасной защищенности  $C_{6.3}$  - значение коэффициента защищенности при таком режиме поведения рабочих, служащих или населения, когда они за данные сутки не получают дозу облучения выше установленной (допустимой). Следовательно, если люди будут соблюдать в течение суток режим поведения, соответствующий определенной величине  $C_{6.3}$ , они не переоблучатся выше допустимых величин. Коэффициент  $C_{6.3}$  рассчитывают на каждые сутки пребывания людей на зараженной радиоактивными веществами (РВ) местности делением величины дозы, которую они получают, находясь в течение суток на открытой местности, на установленную для тех же суток дозу облучения:

$$C_{6.3} = \frac{D_{\text{обл. за сутки на открытой местности}}}{D_{\text{обл., установленная для данных суток}}}. \quad (8.52)$$

Для населения, рабочих и служащих, исходя из конкретных местных условий, рассчитывают варианты режимов поведения. Режим поведения на зараженной РВ местности определяют в такой последовательности: рассчитывают величину коэффициента защищенности  $C_3$  для желаемого режима поведения; рассчитывают коэффициенты безопасной защищенности людей  $C_{6.3}$  на первые, вторые и последующие сутки, исходя из фактически сложившейся радиационной обстановки; сравнивают величины  $C_{6.3}$  и  $C_3$ , имея в виду, что  $C_3$  должен быть либо больше, либо равен  $C_{6.3}$  ( $C_3 > C_{6.3}$ ). Если коэффициент  $C_{6.3}$  больше коэффициента  $C_3$ , то в режим поведения вносят коррективы, т. е. сокращают время пребывания людей на открытой местности, в домах или на работе и увеличивают продолжительность их пребывания в укрытиях.

Существуют два способа определения режимов поведения рабочих и служащих объектов промышленности.



Первый способ используют чаще, так как он применим на большей части зараженной территории (зоны А, Б), где уровни радиации, приведенные на 1 ч после ядерного взрыва, сравнительно невелики (до 240 Р/ч), в основу расчета принимают однократно допустимую дозу (за 4 сут.). При этом режим поведения устанавливают на каждый день первых четырех суток. В этих случаях, производственная деятельность людей может быть возобновлена сразу после окончания выпадения радиоактивных осадков, и допустимые дозы облучения устанавливаются на каждые сутки.

Второй способ определения режимов поведения рабочих и служащих используют значительно реже, поскольку его применение возможно на значительно меньшей территории, только в зонах опасного заражения местности (зоны В, Г). Этот способ предназначен главным образом для расчета режимов поведения рабочих и служащих на длительный период (от нескольких суток до нескольких месяцев). Расчет ведут по месячным, квартальным или годовым допустимым дозам. Из-за сложной радиационной обстановки (высокие уровни радиации) личный состав до начала производственной деятельности, во избежание переоблучения, должен некоторое время после выпадения радиоактивных осадков находиться в противорадиационных укрытиях (время прекращения работы объекта).

Первый способ более гибок, он применим на многих объектах с многообразием производственной деятельности и проживания людей.

Исходными данными для определения режима радиационной защиты рабочих и служащих в условиях радиоактивного заражения местности являются:

- уровни радиации в районе объекта  $P_{o(1)}$ ;
- установленные или допустимые дозы облучения  $D_y$  или  $D_d$ ;
- значение коэффициента ослабления ( $K_{осл}$ );
- время пребывания людей в соответствующих условиях ( $\tau$ ).

Значение коэффициентов ослабления принимают по справочным данным или расчету.

Время пребывания людей в различных условиях защищенности определяется производственным процессом и устанавливается в качестве режима поведения.

Проиллюстрируем порядок определения режима радиационной защиты рабочих и служащих по первому способу на конкретном примере (см. приложение А).

**Определение размеров и положения зон планирования мер по защите населения, проводимое заблаговременно.** Определение размеров и положения зон планирования, мер по защите населения осуществляется методом прогнозирования по данным моделирования возможных аварий. Вследствие возможного изменения направления ветра на начальной и ранней фазах развития аварии от его направления на момент выброса РВ планирование осуществляется по круговым зонам.

Зона № 1 – зона общей предупреждающей эвакуации населения при возникновении начальной фазы аварии (НФА). НФА может возникнуть на реакторах типа РБМК и ВВЭР, особенно на реакторах РБМК первого поколения (Чернобыльская АЭС). Зона представляет собой круг с радиусом в зависимости от типа и мощности реактора (табл. 8.17).

## Радиусы зоны эвакуации № 1

Тип реактора	Радиус (км)
ВВЭР – 1000, БН – 350, БН – 600	7
ВВЭР – 440 (проект 230)	10 (15)
РБМК – 1000 (1 п)	15
РБМК – 1000 (С)	10

*Примечание.* 1 п – реакторы первого поколения; С – серийные реакторы.

Зона № 2 – зона общей экстренной эвакуации населения. В условиях отсутствия начальной фазы аварии она включает в себя зону № 1 и представляет собой круг радиусом 30 км для всех типов реакторов. При наличии НФА зона представляет собой кольцо с минимальным радиусом, равным радиусу зоны № 1 ( $R_1$ ), и максимальным радиусом, равным 30 км ( $R_2$ ). Критерий – не превышение дозы на все тело и щитовидную железу для критической группы населения – беременных женщин и детей за время эвакуации.

Зона № 3 – зона планирования различных мер защиты населения по данным прогноза и оперативной разведки представляет собой круг радиусом более 30 км.

**Определение размеров, положения и других характеристик зон проведения мер по защите населения при возникновении аварии.**

а) *Определение размеров, положения зон проведения экстренных мер по защите населения на начальной и ранней фазах развития аварии.*

Задача решается методом прогнозирования по данным аварии и метеоданным на момент выброса РВ. Основой определения размеров и положения зон проведения мер по защите населения методом прогнозирования является определение размеров и положения прогнозируемой зоны распространения загрязненного воздуха при аварии, которая имеет форму правильного эллипса. Может проводиться уточнение зон проведения мер по защите населения методом выявления и оценки фактической обстановки.

Зоны проведения мер защиты (№ 1 – общей упреждающей эвакуации, № 2 – общей экстренной эвакуации, № 3 – различных мер защиты населения) представляют собой секторы № 1 и № 2 круговых зон планирования в зависимости от азимута ветра  $A_v$  и угла разворота ветра  $\alpha_v$ . Азимут направления ветра – это угол от направления на север по ходу часовой стрелки до направления, откуда дует ветер. Угол разворота ветра  $\alpha_v$  – это угол отклонения ветра от его среднего значения на высоте более 500 метров.

Угол разворота ветра  $\alpha_v$  определяется метеостанцией, имеющейся на каждой АС, в зависимости от возможной флуктуации направления ветра в верхних слоях атмосферы. По углу  $\alpha_v$  определяются углы секторов зон проведения мер защиты населения (табл. 8.18).

**Значение угла сектора зон проведения мер защиты  $\varphi$ , град,  
в зависимости от угла разворота ветра  $\alpha_v$**

$\alpha_v$ , град	Зоны мер защиты	< 45	45...90	91...135	136...180	> 180
$\varphi_1$	№1	180			360	
$\varphi_2$	№1, №2, №3	45	90	135	180	360

*Примечание.*  $\varphi_1$  – угол сектора проведения мер защиты в зоне №1 при наличии НФА;  $\varphi_2$  – угол сектора проведения мер защиты в зонах № 1 (при отсутствии НФА), № 2 и № 3.

Сектор № 1 включает эллипс вероятного распространения загрязненного воздуха и учитывает наиболее вероятные величины флуктуации воздуха (угол  $\alpha_v$ ) в соответствии с метеоданными на момент аварии. В данном секторе меры защиты проводятся обязательно.

Сектор № 2 учитывает максимально возможные величины флуктуации воздуха, он определяется касательными к окружности зоны № 1, проводимыми параллельно векторам сектора № 1. В данном секторе меры по защите населения проводятся по возможности.

Зона № 3 включает зоны проведения таких мер защиты населения, как укрытие его в СКЗ, использование СИЗ и проведение йодной профилактики.

Радиусы зон проведения различных мер защиты  $R_z$  определяются как длины эллипсов прогнозируемых зон загрязнения различной степени. Критерием величины  $R_z$  являются прогнозируемые дозы облучения населения на границе различных зон загрязнения, требующие применения определенных способов защиты с целью не допустить переоблучения населения. Расчеты могут уточняться по данным воздушной разведки. При изменении азимута ветра более чем на 5 град. секторы зон по мерам защиты определяются заново.

Как частный случай зоны проведения мер по защите населения могут иметь форму круга (табл. 8.18).

Площади зон проведения мер по защите населения определяются в зависимости от конфигурации зоны, радиуса зоны и угла разворота ветра и могут быть выражены:

$$\text{ - площадью круга } \quad S = \pi R^2; \quad (8.53)$$

$$\text{ - площадью кольца } \quad S = \pi(R_2^2 - R_1^2); \quad (8.54)$$

$$\text{ - площадью сектора } \quad S = \frac{\pi R^2 \varphi_2}{360}; \quad (8.55)$$

$$\text{ - площадью части кольца } \quad S = \frac{\pi \varphi_2}{360} (R_2^2 - R_1^2), \quad (8.56)$$

где  $R_1$  – радиус зоны № 1;  $R_2$  – радиус зоны № 2.

Площади зоны № 1 и зоны № 2 в условиях отсутствия начальной фазы аварии определяются по формуле площади круга (8.53).

Площадь зоны № 2 при наличии начальной фазы аварии определяется по формуле (8.54) площади кольца.

б) *Порядок решения задачи по определению размеров и положения зон проведения мер по защите населения в зоне № 3.*

1) Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы в зависимости от скорости ветра, времени суток и состояния облачности (табл. 8.19).

Т а б л и ц а 8.19

**Таблица для определения степени вертикальной устойчивости атмосферы (при отсутствии снежного покрова)**

Скорость ветра, м/с	Облачность					
	ясно	переменная	сплошная	ясно	переменная	сплошная
	Ночь			День		
2	Инверсия		Изотермия	Инверсия		Изотермия
3						
4	Изотермия			Изотермия		

*Примечание.* Аналогичная схема для условий зимы.

Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсия, конвекция, изотермия.

*Инверсия* - состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха отсутствуют, а температура почвы ниже температуры воздуха.

*Конвекция* - состояние атмосферы, при котором сильно развиты восходящие потоки воздуха, а температура поверхности почвы выше температуры воздуха.

*Изотермия* - такое состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха очень слабы, а температура почвы равна температуре воздуха.

2) Определение угла сектора зон загрязнения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  в зависимости от угла разворота ветра  $\alpha_v$  (см. табл. 8.18).

3) Определение критериев для принятия решения о мерах защиты населения в зоне № 3 (см. табл. 8.20).

Т а б л и ц а 8.20

**Критерии для принятия решения на ранней фазе развития аварии**

Защитные меры	Дозовые критерии (доза, прогнозируемая за первые 10 суток), мЗв (рад)			
	на все тело		на отдельные органы	
	нижний уровень	верхний уровень	нижний уровень	верхний уровень
Укрытие, защита органов дыхания и кожных покровов	5 (0,5)	50 (5)	50 (5)	500 (50)

Продолжение табл. 8.20

Йодная профилактика: - взрослые - дети	–	–	50 (5) 50 (5)	500 (50) 250 (25)
Эвакуация: - взрослые - дети и беременные женщины	500 (50) 10 (1)	500 (50) 50 (5)	500 (50) 200 (20)	5000 (500) 500 (50)

4) Определение величины радиусов зон определения мер по защите населения в зависимости от типа реактора, категории вертикальной устойчивости атмосферы, дозовых критериев (табл. 8.21).

Т а б л и ц а 8.21

Длина зон радиоактивного загрязнения местности при аварии на реакторе типа РБМК-1000, км (конвекция, скорость ветра  $v_b = 3$  м/с)

Доза, рад	Время формирования заданной дозы											
	Часы					Сутки				Месяцы		
	1	3	6	12	24	2	5	10	20	2	3	12
5	4	7	10	13	18	24	38	40	56	80	90	160
50	-	-	-	3	4	5	6	8	10	13	15	26

5) Определение площади зоны радиоактивного загрязнения, км<sup>2</sup>, осуществляется в зависимости от конфигурации зоны проведения мер защиты по формулам (8.53) - (8.56).

6) Нанесение зон проведения мер по защите населения на карту (рис. 8.2).

$$A_b = 180^\circ, \alpha_b = 35^\circ, \varphi_1 = 180^\circ, \varphi_2 = 45^\circ.$$

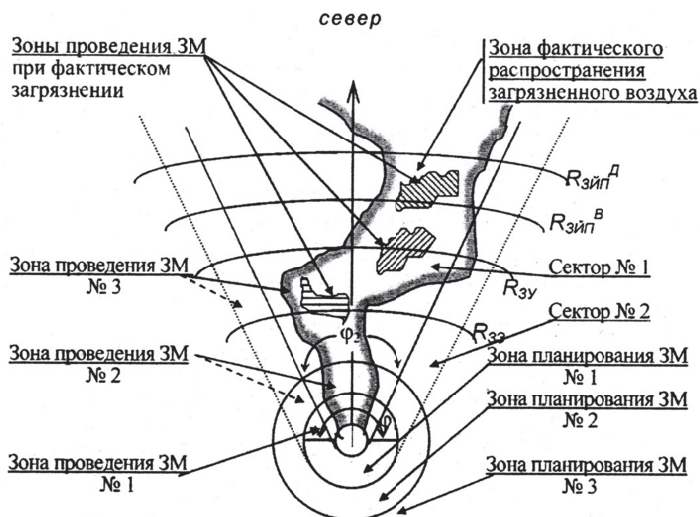


Рис. 8.2. Графическое отображение зон планирования и проведения мер по защите населения при авариях на АС по различным фазам аварии:

$R_{з.э}^д$  – радиус зоны эвакуации детей;

$R_{з.у}$  – радиус зоны укрытия населения в СЗК и использования СИЗ;

$R_{з.й.п}^в$  – радиус зоны йодной профилактики взрослых;

$R_{з.й.п}^д$  – радиус зоны йодной профилактики детей

При выявлении и оценке радиационной обстановки методом прогнозирования в случае необходимости в зонах проведения мер по защите населения могут решаться задачи по определению возможных степеней и временных параметров загрязнения, а также ожидаемых дозовых нагрузок населения.

### Определение возможной степени загрязнения.

1. Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака.
2. Определение поверхностной активности.
3. Определение максимальной объемной активности в приземном слое атмосферы.

### Определение временных параметров загрязнения.

1. Определение возможной продолжительности  $T_{п.з}$  загрязнения территории.

Продолжительность  $T_{п.з}$  загрязнения территории зависит от периода полураспада  $i$ -го радионуклида, являющегося основным загрязнителем по данным конкретной аварии:  $T_{п.з} = f(T_{1/2})$ . Территория становится практически безопасной для проживания населения через время, равное пяти периодам полураспада ( $T_{п.з} = 5T_{1/2}$ ), а практический распад радионуклидов происходит через время, равное десяти периодам полураспада ( $T_{п.з} = 10T_{1/2}$ ).

2. Определение времени подхода радиоактивного облака к объекту:

$$\tau_n = \alpha \frac{x}{v_b}, \quad (8.57)$$

где  $x$  – расстояние от аварийного реактора по оси следа радиоактивного облака, км;  $v_b$  – скорость ветра, м/с;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий распределение скорости ветра по высоте в соответствии со степенью вертикальной устойчивости атмосферы и размерности величин  $x$  и  $v_b$  (см. табл. 8.22).

Т а б л и ц а 8.22

**Значение коэффициента  $\alpha$  для различных степеней вертикальной устойчивости атмосферы**

Коэффициент	Конвекция	Изотермия	Инверсия
$\alpha$	0,23	0,20	0,09

3. Определение астрономического времени подхода облака:

$$T_n = \tau_n + \tau_{ав}, \quad (8.58)$$

где  $\tau_{ав}$  – время аварии.

**8.2.3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях на химически-опасных производственных объектах**

Химически опасными производственными объектами (ХОО) являются предприятия, производящие, использующие или хранящие опасные вещества.

Опасные вещества - воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества и вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды.

*Химическая авария* - авария на ХОО, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений, или к химическому заражению окружающей природной среды.

Выброс опасного химического вещества (ОХВ) - выход из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования опасного химического вещества или продукта в количестве, способном вызвать химическую аварию.

*Химическое заражение* - распространение опасных химических веществ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Под *химической обстановкой* понимается наличие в окружающей среде определенного количества и концентраций различных опасных химических веществ, в основном техногенного характера.

Неблагоприятная химическая обстановка может сложиться на определенной территории при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при

транспортировке опасного химического вещества железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения ХОО при стихийных бедствиях.

При авариях на ХОО критерием зоны загрязнения считается пороговая токсодоза ОХВ. *Пороговая токсодоза* - наименьшая ингаляционная токсодоза опасного химического вещества, вызывающая у человека, не оснащенного средствами защиты органов дыхания, начальные признаки поражения организма с определенной вероятностью. *Смертельная (или летальная) токсодоза* - наименьшая ингаляционная токсодоза опасного химического вещества, вызывающая у человека, не оснащенного средствами защиты органов дыхания, смерть с 50 %-й вероятностью (табулированное значение для каждого опасного вещества).

Прогнозирование и оценка обстановки на ХОО производится в соответствии с ГОСТ 12.3.047-2012 и «Методическими указаниями по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» (РД-03-26-2007).

Выброс опасных химических веществ в атмосферу может произойти как в однофазном (газ или жидкость), так и в двухфазном (газ и жидкость) состоянии. Соответственно облако, рассеивающееся в атмосфере, состоит либо только из газа (воздух и опасное вещество), либо из газа (воздух и опасное вещество) и жидких аэрозольных включений (капли опасного вещества).

Расчеты распространения опасных химических веществ в атмосфере основаны на модели рассеяния «тяжелого» газа. Основными причинами образования «тяжелых» газов являются: молекулярный вес опасного вещества выше молекулярного веса воздуха (29,5 г/моль), низкая температура, наличие аэрозолей.

При расчетах принимаются следующие допущения:

- газообразное опасное вещество считается идеальным газом, свойства которого не зависят от температуры;
- жидкое опасное вещество считается несжимаемой жидкостью, свойства которой не зависят от температуры;
- гравитационное растекание облака опасного вещества учитывается с помощью эмпирической зависимости;
- истечение опасного вещества и его испарение происходят с постоянной скоростью, соответствующей максимальной скорости истечения (испарения);
- разлив жидкой фазы происходит на твердой, не впитывающей поверхности;
- для случаев отсутствия обвалования толщина слоя разлившегося опасного вещества принимается равной 0,05 м;
- осаждение на подстилающую поверхность выброса опасного вещества («тяжелого» газа) и его химические превращения при рассеянии не учитываются.

Для описания устойчивости атмосферы используется шесть классов устойчивости - *A, B, C, D, E* и *F* (по Паскуиллу). Первые три класса соответствуют неустойчивой стратификации атмосферы, последние два - устойчивой. Класс *D* соответствует нейтральной стратификации атмосферы.

Предполагается, что в течение времени распространения облака характеристики атмосферы не меняются.