

УДК 614.8.084
МЗ1

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *Б.Е. Прусенко*

Мастрюков Б.С., Овчинникова Т.И.

МЗ1 **Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях: Учеб.-метод. пособие.** – М.: МИСиС, 2004. – 102 с.

Пособие содержит методики расчета и численные примеры расчета последствий чрезвычайных ситуаций природного (землетрясения, ураганы, наводнения и лесные пожары) и техногенного (взрывы, пожары, химические, радиационные и гидротехнические аварии) характера. Большой объем приложений позволяет выполнять необходимые расчеты, не прибегая к дополнительной справочной литературе.

Пособие предназначено для выполнения раздела «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей природной среды» дипломных проектов всех металлургических специальностей, дипломных проектов, курсовых работ и практических занятий по специальности 330100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и 333000 «Безопасность жизнедеятельности».

Пособие может быть полезно для студентов, аспирантов и преподавателей всех специальностей и всех кафедр института как в учебном процессе, так и при проведении научно-исследовательских работ и КНИР.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций природного характера.....	7
1.1. Прогнозирование и оценка последствий землетрясений	7
1.2. Прогнозирование и оценка последствий ураганов	11
1.3. Прогнозирование и оценка последствий наводнений	15
1.4. Прогнозирование и оценка обстановки при лесном пожаре.....	18
2. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.....	22
2.1. Прогнозирование и оценка последствий аварий, связанных с взрывами	22
2.2. Прогнозирование и оценка последствий аварий, сопровождающихся пожарами	47
2.3. Прогнозирование и оценка последствий химических аварий	64
2.4. Прогнозирование и оценка последствий радиационных аварий	76
2.5. Прогнозирование и оценка последствий гидротехнических аварий	81
Приложения.....	86
Библиографический список	101

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях проводятся для заблаговременного принятия мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, смягчению их последствий, определению сил и средств, необходимых для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Целью прогнозирования и оценки последствий чрезвычайных ситуаций является определение размеров зоны чрезвычайной ситуации, степени разрушения зданий и сооружений, а также потерь среди персонала производственных объектов и населения.

Как правило, эта работа проводится в три этапа:

I – прогнозирование последствий наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществляемое для среднестатистических условий (среднегодовые метеоусловия; среднестатистическое распределение населения в домах, на улице, в транспорте, на работе и т.п.; средняя плотность населения и т.д.); этот этап работы проводится до возникновения чрезвычайных ситуаций;

II – прогнозирование последствий и оценка обстановки сразу же после возникновения источника чрезвычайных ситуаций по уточненным данным (время возникновения чрезвычайной ситуации, метеорологические условия на этот момент и т.д.).

III – корректировка результатов прогнозирования и фактической обстановки по данным разведки, предшествующей проведению аварийных и других неотложных работ.

В пособии рассматриваются методы прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций, соответствующие I этапу.

Независимо от источника чрезвычайной ситуации можно выделить *шесть основных поражающих факторов*, воздействующих на людей, животных, окружающую природную среду, инженерно-технические сооружения и т.д.:

1 – *барическое воздействие* (взрывы взрывчатых веществ, газозвудушных облаков, технологических сосудов под давлением, взрывы обычных и ядерных средств массового поражения и т. д.);

2 – *термическое воздействие* (тепловое излучение при техногенных и природных пожарах, огненный шар, ядерный взрыв и т.д.);

3 – *токсическое воздействие* (техногенные аварии на химически опасных производствах, шлейф продуктов горения при пожарах, по-

следствия использования химического оружия, выбросы токсических газов при извержениях вулканов и т.д.);

4 – *радиационное воздействие* (техногенные аварии на радиационно опасных объектах, ядерные взрывы и т.д.);

5 – *механическое воздействие* (осколки, обрушения, сели, оползни и т.д.);

6 – *биологическое воздействие* (эпидемии, последствия использования бактериологического оружия и т.д.).

При прогнозировании последствий чрезвычайных ситуаций, как правило, используют *детерминированные* или *вероятностные методы*.

При *детерминированных методах* прогнозирования определенной величине негативного воздействия поражающего фактора источника чрезвычайной ситуации соответствует вполне конкретная степень поражения людей, инженерно-технических сооружений и т.п.

Так, например, величина избыточного давления на фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} = 10$ кПа принимается безопасной для человека. При величине избыточного давления на фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} > 100$ кПа будет иметь место смертельное поражение людей.

При токсическом воздействии такими пороговыми величинами являются пороговая токсодоза $D_{\text{пор}}$ и летальная токсодоза LD_{50} , мг · мин/л, при которой летальное (смертельное) поражение получит 50 % людей, подвергшихся воздействию токсиканта.

Область, ограниченная линией, соответствующей определенной степени негативного воздействия, носит название зоны воздействия этого уровня (летального, среднего, порогового и т.п.).

В действительности при воздействии одной и той же дозы негативного воздействия на достаточно большое количество людей, зданий и сооружений, компонентов окружающей природной среды и т.д. поражающий эффект будет различен, поэтому приведенные выше значения соответствуют математическому ожиданию данной степени негативного воздействия.

Другими словами, негативное воздействие поражающих факторов носит вероятностный характер и при *вероятностных методах* прогнозирования обычно используют понятие поражающего фактора $P_{\text{пор}}$ (% , доли), являющегося функцией «пробит-функции» Pr:

$$P_{\text{пор}} = f(\text{Pr}). \quad (1)$$

Зависимость (1) в виде таблицы представлена в прил. I.

В общем виде пробит-функция Pr имеет вид

$$Pr = a + b \ln D, \quad (2)$$

где a, b – константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия;

D – доза негативного воздействия, равная

$$D = \begin{cases} q^{33} \dots\dots\dots \text{при термическом воздействии;} \\ f(\Delta P_{\phi}, I_{+}) \dots\dots\dots \text{при барическом воздействии;} \\ c^n \tau \dots\dots\dots \text{при токсическом воздействии;} \\ D_{\text{эф}} \dots\dots\dots \text{при радиационном воздействии,} \end{cases}$$

здесь q – плотность теплового потока, Вт/м²;

τ – время воздействия, с или мин;

c – концентрация токсиканта, ppm;

ΔP_{ϕ} – избыточное давление на фронте ударной волны, кПа;

I_{+} – импульс фазы сжатия ударной волны, кПа · с;

$D_{\text{эф}}$ – эффективная доза ионизирующего излучения, Зв.

Поскольку чрезвычайные ситуации природного характера и техногенные чрезвычайные ситуации имеют свою специфику, рассмотрим методики прогнозирования их последствий раздельно.

1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

1.1. Прогнозирование и оценка последствий землетрясений

Интенсивность землетрясения $J(R)$ определяется по формуле

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

где R – расстояние от эпицентра землетрясения, км;

h – глубина гипоцентра землетрясения, км;

M – магнитуда землетрясения

$$M = \lg Z_m - 1,32 \lg R, \quad (4)$$

здесь Z_m – амплитуда земных колебаний, мкм.

Сила землетрясения исчисляется в баллах, причем обычно применяется либо шкала Рихтера, в которой используется величина магнитуды ($1 < M < 9$), либо международная шкала *MSK* (или близкая к ней шкала Меркалли), в которых используется величина интенсивности землетрясения ($1 < J < 12$). Соотношение между величинами M и J (и соответствующими шкалами) представлено в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение между величинами M и J

Магнитуда M	Интенсивность J при глубине очага h , км		
	5	15	45
$7,5 < M < 8,5$	–	10	9...10
$6,5 < M < 7,5$	10	9...10	7...8
$5,5 < M < 6,5$	9...10	7...8	5...7
$4,5 < M < 5,5$	7...8	5...7	4...5
$3,5 < M < 4,5$	5...6	4...5	2...3

Реальная интенсивность землетрясения и степень разрушений зданий и сооружений будет зависеть от типа грунта как под застройкой, так и на остальной окружающей местности:

$$J_{\text{реал}} = J(R) - (\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{о.м}}), \quad (5)$$

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. 2).

Таблица 2

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

Тип грунта	$\Delta J_{\text{пост}}$, $\Delta J_{\text{о.м}}$	Тип грунта	$J_{\text{пост}}$, $\Delta J_{\text{о.м}}$
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 применения антисейсмических мероприятий) подразделяются на три группы, каждой из которых свойственна определенная сейсмостойкость (табл. 3).

Таблица 3

Классификация зданий и сооружений по сейсмостойкости

Группа		Характеристика здания	J_c , баллы
А	A ₁	Бескаркасные здания из местного материала, без фундамента	4
	A ₂	Здания из сырцового кирпича на фундаменте	4,5
Б	B ₁	Здания с деревянным каркасом, с легкими перекрытиями	5
	B ₂	Здания из жженого кирпича или бетонных блоков	5,5
В	V ₁	Деревянные дома, рубленные в «лапу»	6
	V ₂	Железобетонные каркасные и крупнопанельные здания	6,5

Состояние зданий и сооружений после землетрясения, оцениваемое степенью повреждения i (табл. 4), зависит от их сейсмостойкости J_c и реальной интенсивности землетрясения $J_{\text{реал}}$ (табл. 5 и табл. II.1 прил. II).

Таблица 4

Степени разрушения зданий

Степень повреждения	Характеристика повреждений
1	Легкие повреждения (трещины в штукатурке, между панелями, возможно откалывание небольших кусков штукатурки). Достаточен текущий ремонт
2	Умеренные разрушения (значительные разрушения ограждающих конструкций, откалывание больших кусков штукатурки, сквозные трещины в перегородках, слабые повреждения несущих стен. Необходим капитальный ремонт
3	Тяжелые повреждения (разрушение ограждающих конструкций зданий, обрушение дымовых труб, значительная деформация каркасов. Необходим восстановительный ремонт
4	Разрушительные повреждения (частичное разрушение несущих конструкций, нарушение связей между частями здания, обрушение крупных частей здания. Здание не восстанавливается и подлежит сносу
5	Полное разрушение здания

**Зависимость средней степени поражения зданий i_{cp}
от интенсивности землетрясения ($I - I_c$)**

$J - J_c$	0	1	2	3	4	5	6
i_{cp}	0,1	0,50	1,5	2,5	3,5	4,5	4,9

Люди, находящиеся в момент землетрясения внутри зданий, поражаются преимущественно обломками строительных конструкций. Вероятность общих и безвозвратных потерь в зависимости от степени повреждения зданий представлена в табл. 6.

Таблица 6

**Вероятность общих ($P_j^{общ}$) и безвозвратных ($P_j^{безв}$) потерь
в зависимости от степени повреждения зданий i**

i	1	2	3	4	5
$P_j^{общ}$	0	0	0,05	0,5	0,95
$P_j^{безв}$	0	0	0,01	0,17	0,65

Так как степени повреждения зданий (см. табл. II.1 прил. II) и потери населения (см. табл. 6) являются величинами случайными, то их следует оценивать математическими ожиданиями рассматриваемых событий, вычисляемыми по следующим формулам:

– общие потери населения

$$P^{общ} = (0,05 P_{i=3} + 0,50 P_{i=4} + 0,95 P_{i=5}); \quad (6)$$

– безвозвратные потери

$$P^{безв} = (0,01 P_{i=3} + 0,17 P_{i=4} + 0,65 P_{i=5}); \quad (7)$$

– санитарные потери

$$P^{сан} = P^{общ} (1 - P^{безв}), \quad (8)$$

где $P_i^{безв}$ – вероятность i -й степени повреждения зданий (табл. II.1 прил. II);

$P_i^{безв}$, $P_i^{общ}$ – вероятности общих и безвозвратных потерь, определяемых по табл. 6.

По своей физической сущности величины $P^{общ}$, $P^{безв}$ и $P^{сан}$ представляют собой относительные потери населения, под которыми понимается отношение абсолютных потерь населения ($N^{пот}$) к его общей численности в зданиях (N). Абсолютные потери населения в зданиях при землетрясении определяются по формуле

$$N_j^{\text{пот}} = P_j N_j, \quad (9)$$

где индекс j определяет вид потерь (общие, безвозвратные или санитарные).

Пример 1. Населенный пункт с числом жителей $N = 50000$ человек расположен на песчаном грунте и имеет малоэтажные кирпичные здания (до 4 этажей), крупнопанельные здания, построенные на полускальных грунтах, и бескаркасные здания из местного материала, без фундамента. На расстоянии $R = 50$ км находится эпицентр землетрясения силой 7 баллов по шкале Рихтера, гипоцентр которого расположен на глубине $H = 30$ км.

Определить степень разрушения зданий и потери среди населения города.

Решение

По формуле (3) определяем интенсивность землетрясения $J(R)$:

$$J(R) = 3 + 1,5 \cdot 7 - 3,5 \lg(50^2 + 30^2) = 7,3 \text{ балла.}$$

Определим реальную интенсивность землетрясения, степень разрушения зданий и сооружений и людские потери в зависимости от типа грунта по формуле (5).

Для бескаркасных зданий из местного материала, без фундамента:

$$J_{\text{реал}} = 7,3 - (1,6 - 1,6) = 7,3 \text{ балла.}$$

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости $J_c = 4,0$ (см. табл. 3), $J - J_c = 7,3 - 4,0 = 3,3$ и, согласно табл. 5, $i = 2,8$.

Согласно табл. II.1 прил. II при разности величин $J - J_c = 3,3$ (принимая $J - J_c = 3,0$) вероятность повреждения зданий 1-й степени будет не ниже 0,1; 2-й степени – 0,3, 3-й степени – 0,5 и 4-й степени – 0,1.

Характеристика повреждений, соответствующих каждой степени разрушения зданий, приведена выше в табл. 4.

Общие потери населения в домах рассматриваемого типа составят (см. табл. 6) $P^{\text{общ}} = 0,05$, а безвозвратные $P_i^{\text{безв}} = 0,01$.

Согласно формулам (6) и (7)

$$P^{\text{общ}} = (0,05 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,1) = 0,075;$$

$$P^{\text{безв}} = (0,01 \cdot 0,5 + 0,17 \cdot 0,1) = 0,022;$$

$$P^{\text{сан}} = 0,075 - 0,022 = 0,053.$$

Примем для определенности, что землетрясение произошло ночью, когда, согласно данным табл. VI.7 прил. VI, 94 % населения находится в жилых домах, тогда получим

$$N^{\text{общ}} = 10\,000 \cdot 0,94 \cdot 0,075 = 705 \text{ человек.}$$

Здесь принято, что в бескаркасных зданиях из местных материалов проживает 20 % жителей населенного пункта ($0,2 \cdot 50\,000 = 10\,000$ человек);

$$N^{\text{безв}} = 10\,000 \cdot 0,94 \cdot 0,022 = 207 \text{ человек;}$$

$$N^{\text{сан}} = 705 - 207 = 498 \text{ человек.}$$

Для кирпичных малоэтажных зданий на полускальных грунтах:

$$J_{\text{реал}} = 7,3 - (1,36 - 1,6) = 7,54 \text{ балла.}$$

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости $J_c = 5,5$, $J - J_c = 7,54 - 5,5 = 2,04$ и, согласно табл. 5, $i = 1,5$.

В соответствии с данными табл. II.1 прил. II при разности величин $J - J_c = 2,04$ вероятность повреждения зданий 1-й степени будет равна 0,3; 2-й степени – 0,5; 3 степени – 0,1.

Общие потери населения в домах рассматриваемого типа составят (см. табл. 6) $P^{\text{общ}} = 0$ и $P^{\text{безв}} = 0$, т.е. люди не пострадают.

Для крупнопанельных зданий, построенных на полускальных грунтах:

$$J_{\text{реал}} = 7,3 - (1,36 - 1,6) = 7,54 \text{ балла.}$$

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости $J_c = 6,5$, $J - J_c = 7,54 - 6,5 = 1,04$ и, согласно табл. 5, $i = 0,5$.

Легко убедиться в том (см. табл. II.1 прил. II), что при $J - J_c = 1,04$ 40 % зданий рассматриваемого типа вообще не получают повреждений, 50 % зданий получают повреждения первой степени, 10 % – второй. Людских потерь не будет.

Таким образом, наибольшую опасность при землетрясении представляют бескаркасные здания без фундамента из местных материалов, жители которых могут серьезно пострадать.

1.2. Прогнозирование и оценка последствий ураганов

Под *ураганом* понимается гигантский атмосферный вихрь с убывающим к центру давлением воздуха с очень высокой (более 32 м/с) скоростью воздушного потока. Воздействие ураганов на здания, сооружения и людей определяется скоростным напором воздушного потока и продолжительностью его действия. Частота возникновения на территории России бурь и ураганов с различной скоростью ветра приведена в табл. III.1 прил. III.

Различают четыре степени разрушения зданий и сооружений (слабая, средняя, сильная и полная), характеристики трех из которых приведены в табл. 7.