

НЕГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АКАДЕМИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ И МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ»
(НОУ ВПО «АКАДЕМИЯ ГЗМК»)



Кафедра "Техносферная безопасность"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лекциям и практическим занятиям
по дисциплине

«Прогнозирование в ЧС»



Махачкала 2013

Методические указания к лекциям и практическим занятиям по дисциплине «Теория прогнозирования ЧС»

Разработал: к.т.н. , старший препод. Г. Г. Гамидова

Цель методических указаний - закрепление и углубление теоретических знаний у студентов АГЗМК по дисциплине «Теория прогнозирования ЧС» в базовой части цикла.

Рассмотрены классификация и краткие характеристики ЧС техногенного и природного происхождения, рекомендации и нормативы по способам и средствам инженерной разведки, поиска и спасения пострадавших из-под завалов и заваленных подвалов и защитных сооружений, а также состав основных ИТМ, направленных на снижение потерь и разрушений в зонах ЧС.

СОДЕРЖАНИЕ

Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций мирного времени	4
1. Прогнозирование землетрясения	9
2. Прогнозирование паводкового наводнения	15
2.1 Расчет сил аварийно-спасательных работ при наводнении	22
3. Прогнозирование оползней	25
4. Прогнозирование селевых потоков	27
5. Прогнозирование заторов и зажоров	30
6. Расчет основных параметров лавин	31
7. Прогнозирование цунами	33
7.1 Расчет гидравлического воздействия	35
7.2 Показатели обстановки в районе воздействия цунами	38
7.3 Показатели для определения вариантов реагирования	39
7.4 Показатели инженерной обстановки	39
7.5 Показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения	41
8. Расчет аварийно-восстановительных работ на магистралях и электросетях	42
9. Расчет потребного автомобильного транспорта	46
Список литературы	48

Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций мирного времени

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной части территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного и иного бедствия, которые могли повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей.

Авария - экстремальное событие техногенного характера, происшедшее в результате внешних воздействий или внутренних сбоев в работе или отказе элементов технических средств, зданий, сооружений, приведшее к человеческим жертвам.

Производственная авария - экстремальное событие техногенного происхождения на производстве, повлекшее за собой выход из строя, повреждение и разрушение технических устройств и человеческие жертвы.

Транспортная авария - экстремальное событие на транспорте техногенного происхождения или являющееся следствием случайных внешних воздействий, повлекшее за собой повреждение транспортных средств и человеческие жертвы.

Опасное природное явление - явление природы, которое по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности воздействия на окружающую среду, может нанести существенный социальный и экономический ущерб.

Стихийное бедствие - быстрое нарушение привычной, нормальной обстановки жизни и хозяйственной деятельности в каком-либо регионе, вызванное опасным природным явлением и приводящее к значительному социальному и экономическому ущербу.

Экологическая катастрофа - стихийное бедствие, крупная производственная или транспортная авария, приведшее к остронегативным изменениям в среде обитания и, как правило, массовой гибели животных и экономическому ущербу.

Чрезвычайные ситуации классифицируются по следующим основным признакам: сфере возникновения, ведомственной принадлежности, масштабу возможных последствий.

По сфере возникновения чрезвычайные ситуации подразделяются на: техногенные, природные, экологические.

К техногенным чрезвычайным ситуациям относятся:

1. Транспортные аварии и катастрофы, включающие: крушение и аварии товарных и пассажирских поездов; поездов метрополитенов; аварии грузовых и пассажирских судов; авиационные катастрофы вне аэропортов и населенных пунктов; крупные автомобильные катастрофы; аварии транспорта на мостах железнодорожных переездах и туннелях; аварии на магистральных трубопроводах.

2. Пожары и взрывы в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов; на объектах добычи, переработки и

хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ; на различных видах транспорта; в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах; жилых и общественных зданиях; в местах падения неразорвавшихся боеприпасов и взрывчатых веществ; подземные пожары и взрывы горючих ископаемых.

3. Аварии с выбросом (угрозой выброса) и распространением облака сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) при их производстве, переработке или хранении (захоронении), транспортировке, в процессе протекания химических реакций, начавшихся в результате аварии; аварии с химическими боеприпасами.

4. Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ при авариях на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения и других предприятиях ядерно-топливного цикла; аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками; аварии при промышленных и испытательных взрывах ядерных боеприпасов с выбросом РВ; аварии с ядерными боеприпасами при хранении и техническом обслуживании.

5. Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ (БОВ) : на предприятиях промышленности и в научно-исследовательских учреждениях; на транспорте, а также при хранении и обслуживании биологических боеприпасов.

6. Внезапное обрушение жилых, промышленных и общественных зданий и сооружений элементов транспортных коммуникаций.

7. Аварии на электроэнергетических объектах: электростанциях, ЛЭП, трансформаторных, распределительных и преобразовательных подстанций с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий; выход из строя транспортных электрических контактных сетей.

8. Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения, в том числе: на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ; системах водоснабжения населения питьевой водой; сетях теплоснабжения и на коммунальных газопроводах.

9. Аварии на очистных сооружениях сточных вод городов (районов) промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ и промышленных газов.

10. Гидродинамические аварии с прорывом плотин (дамб, шлюзов, перемычек и т.д.), образованием волн прорыва и зон катастрофического затопления и подтопления, с образованием прорывного паводка и смывом плодородных почв или образованием наносов на обширных территориях.

К природным чрезвычайным ситуациям относятся:

1. Геофизические опасные явления: землетрясения; извержения вулканов.

2. Геологические опасные явления: оползни, обвалы, осыпи, лавины; сели, склонные смывы; просадка лессовых пород и земной поверхности в результате карста; абразия, эрозия; пыльные бури.

3. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления : бури, ураганы, смерчи, шквалы, вихри; крупный град, сильный дождь, снегопад, метель, туман; засуха, суховей, заморозки.

4. Морские гидрологические опасные явления: тропические циклоны (тайфуны); цунами, сильные колебания моря; сильный тягун в портах; ранний ледяной покров или припай; напор льдов, интенсивный дрейф льдов.

5. Гидрологические опасные явления: высокие уровни воды (половодье, дождевые паводки, заторы, зажоры, ветровые нагоны); низкий уровень воды; ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах м реках; повышение уровня грунтовых вод (подтопление).

6. Природные (ландшафтные) пожары: лесные пожары; пожары степных и хлебных массивов; торфяные пожары.

7. Инфекционные заболевания людей: единичные и групповые случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; эпидемическая вспышка опасных инфекционных заболеваний; эпидемия, пандемия; инфекционные заболевания людей невыясненной этиологии.

8. Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных : единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; энзоотии, эпизоотии, панзоотии; инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных не выявленной этиологии.

9. Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями : прогрессирующая эпифитотия; панфитотия; болезни растений не выявленной этиологии; массовые распространения вредителей растений.

К чрезвычайным ситуациям экологического характера относятся:

1. Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния суши: катастрофические просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека; наличие тяжелых металлов (радионуклидов) и других вредных веществ в почве сверх предельно допустимых концентраций (ПДК); интенсивная деградация почв, опустынивание на обширных территориях из-за эрозии, засоления, заболачивания; кризисные ситуации, связанные с истощением не возобновляемых природных ископаемых; критические ситуации, связанные с переполнением мест хранения (свалок) промышленными и бытовыми отходами и загрязнением ими окружающей среды.

2. Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состава и свойств атмосферы: резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности; превышение ПДК вредных примесей в атмосфере; температурные инверсии над городами; острый “кислородный” голод в городах; значительное превышение предельно-допустимого уровня городского шума; образование обширной зоны кислотных осадков; разрушение озонового слоя атмосферы; значительные изменения прозрачности атмосферы.

3. Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния гидросферы: резкая нехватка питьевой воды вследствие истощения вод или их загрязнения; истощение водных ресурсов, необходимые для организации

хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов; нарушение хозяйственной деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и мирового океана.

4. Чрезвычайные ситуации связанные с изменением состояния биосферы: исчезновение видов (животных, растений), чувствительных к изменению условий Среды обитания; гибель растительности на обширной территории; резкое изменение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов; массовая гибель животных.

По ведомственной принадлежности чрезвычайные ситуации подразделяются на ситуации происшедшие: в строительстве; в промышленности (атомная энергетика, металлургия, машиностроение и др.); в жилой и коммунально-бытовой сфере обслуживания населения; на транспорте; в сельском хозяйстве; в лесном хозяйстве.

По масштабу возможных последствий ЧС подразделяются на локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные.

К локальной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1000 минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

Местная чрезвычайная ситуация, характеризуется числом пострадавших свыше 10, но не более 50 человек, нарушением условий жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек. Материальный ущерб при этом ЧС составляет свыше 1000, но не более 5000 минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации, а зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К территориальной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5000, но не более 0,5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

В региональной чрезвычайной ситуации количество пострадавших превышает 50, но не более 500 человек, а нарушения условия жизнедеятельности могут составлять от 500 до 1000 человек. Материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн., но не более 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации, а зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию двух субъектов Российской Федерации.

К федеральной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности

свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации выходит за пределы более чем двух субъектов Российской Федерации.

К международным относится чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

1. Прогнозирование землетрясений

Землетрясение - это подземные толчки и колебания земной поверхности, вызванные в основном геофизическими причинами.

Колебания земной поверхности при землетрясениях носят волновой характер. Колебания грунта возбуждают колебания зданий и сооружений, вызывая в них инерционные силы. При недостаточной прочности (сейсмостойкости) происходит их разрушение. Сейсмическая опасность при землетрясениях определяется не только колебаниями грунта, но и возможными вторичными факторами, к которым можно отнести лавины, оползни, обвалы, опускание (просадку) и перекосы земной поверхности, разрушение грунта, наводнения при разрушении и прорыве плотин и защитных дамб, а также пожары.

Наиболее частой причиной землетрясений является появление чрезмерных внутренних напряжений и разрушений пород. Потенциальная энергия, накопленная при упругих деформациях породы, при разрушении (разломе) переходит в кинетическую энергию воздушной сейсмической волны в грунте. Землетрясение такого плана называются тектоническими.

Место разрушения породы называют гипоцентром. В зависимости от глубины H гипоцентра, землетрясения подразделяются на нормальные (при глубине до 70 км.), промежуточные (от 70 до 300 км.) и глубоководные (более 300 км.).

Проекция гипоцентра на земную поверхность называется эпицентром, а расстояние от эпицентра до некоторой точки земной поверхности - гипоцентрального расстояния $C = \sqrt{H^2 + R^2}$. Сдвиг поверхности грунта в радиусе $R < H$ считают эпицентральной. В этой зоне преобладают колебания грунта вертикального направления. По мере удаления от эпицентра усиливаются горизонтальные колебания, которые представляют наибольшую опасность для зданий.

Классификация землетрясений по его величине и мощности ведется по шкале магнитуд. Магнитуда (M) землетрясения является мерой общего количества энергии, излучаемой при сейсмическом толчке в форме упругих волн.

Зависимость между излучаемой при сейсмическом толчке энергии (E) в джоулях и силой землетрясения, измеренной по шкале магнитуд (M) выражается уравнением

$$\lg E = 5,24 + 1,44 \cdot M \quad (1.1)$$

Проявление землетрясения в тех или иных районах называют сейсмичностью. Количественно сейсмичность характеризуется как магнитудой, так и интенсивностью. Интенсивность землетрясения характеризует силу землетрясения, которая зависит от расстояния, убывая от эпицентра к периферии. Интенсивность землетрясения на поверхности земли оценивается по 12-ти бальной шкале. В пределах от 6 до 9 баллов по шкале ИФЗ (Институт физики Земли), рекомендованной Бюро межведомственного совета по сейсмологии и сейсмическому строительству (МСССС) АН РФ

интенсивность землетрясения устанавливается по параметрам колебаний на поверхности земли (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Параметры максимумов колебаний поверхности земли,
соответствующие интенсивности землетрясения

Интенсивность в баллах	Ускорение смещения грунта, см/с ² , при периоде T≥0,1 с	Скорость колебаний грунта, см/с
6	30 - 60	3,0 - 6,0
7	61 - 120	6,1 - 12,0
8	121 - 240	12,1 - 24,0
9	241 - 480	24,1 - 48,0

Интенсивность сотрясений J на конкретной площади по 12-ти бальной шкале может быть определена в зависимости от магнитуды землетрясения M, расстояния R до эпицентра, глубины гипоцентра H, км. и региональных констант a₃, v₃, c₃ по формуле:

$$J = a_3 + v_3 \cdot M - c_3 \cdot \lg \sqrt{H^2 + R^2}, \quad (1.2)$$

Для территории России эти константы имеют значения a₃ = 3, v₃ = 1,5, c₃ = 3,5.

По интенсивности землетрясений осуществляется сейсмическое районирование, которое заключается в том, что сейсмически опасные районы разделяют на зоны с одинаковым сейсмическим воздействием. На основе этого районирования разработаны карты сейсмического районирования и список населенных пунктов РФ, расположенных в сейсмических районах, с указанием принятой для них сейсмичности в баллах и повторяемости землетрясений. Распределение площадей зон различной интенсивности приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Зоны различной интенсивности сейсмических воздействий

Регион	Площадь (тыс. кв. км.) при интенсивности в баллах			
	6	7	9	более 9
Алтай и Саяны	330	176	96	17
Восточная Сибирь	738	820	187	182
Якутия и районы Магадана	903	233	124	-
Чукотка	114	26	-	-
Камчатка и Камчатские острова	148	63	53	41
Курильские острова	-	-	-	16
Сахалин	30	46	-	-
Приморье	155	9	-	-
Крым	11	3	1	-

Наряду с тектоническими процессами землетрясения могут возникнуть и по другим причинам. Одной из таких причин являются вулканы. Извержение лавы из кратера сопровождается выделением энергии и

порождает вулканические землетрясения. По сравнению с тектоническими явлениями сейсмические толчки, вызванные вулканической деятельностью, представляют собой менее опасное природное явление, так как большая часть энергии разряжается в атмосферу.

Другую категорию образуют обвальные землетрясения, когда происходит обрушение кровли шахт или подземных пустот, вызывающие волны в грунте. Эти землетрясения относятся к категории слабых.

Классификация землетрясений в зависимости от причины их возникновения приведена на рисунке 1.1.

Землетрясения в зависимости от интенсивности колебаний поверхности земли разделяются на следующие группы: 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).

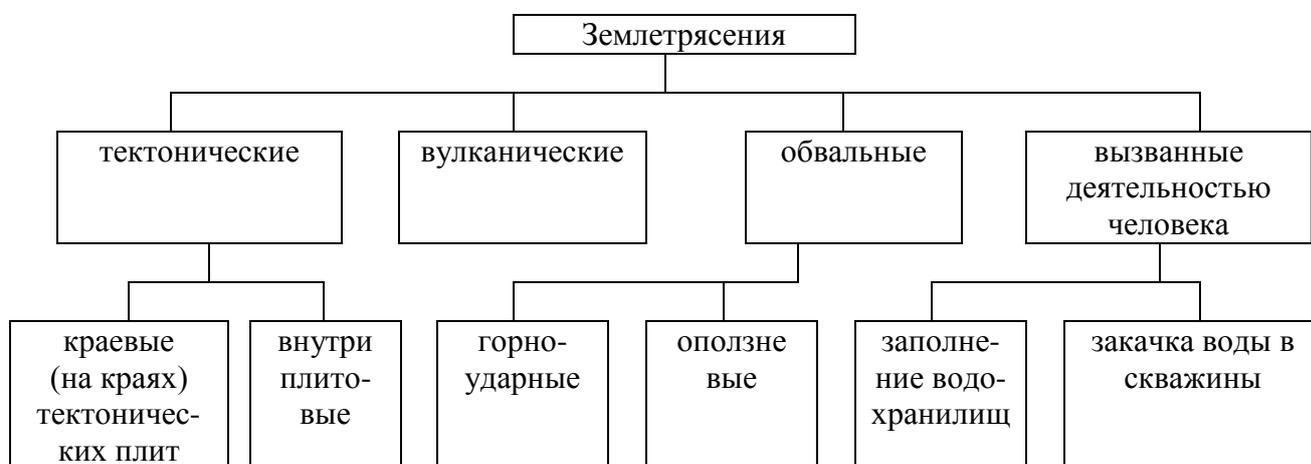


Рис. 1.1. Классификация землетрясений в зависимости от причин их возникновения

Прогноз землетрясений - наиболее важная проблема, которой занимаются ученые во многих странах мира. Однако, несмотря на все усилия, этот вопрос еще далек от разрешения. Прогнозирование землетрясений включает в себя как выявление их предвестников, так и сейсмическое районирование, то есть выделение областей, в которых можно ожидать землетрясение определенной магнитуды или бальности. Предсказание землетрясений состоит из долгосрочного прогноза на десятки лет, среднесрочного прогноза на несколько лет, краткосрочного на несколько недель или первые месяцы и объявление непосредственной сейсмической тревоги. Наиболее впечатляющий достоверный прогноз землетрясения был сделан зимой 1975 года в городе Хайчен на северо-востоке Китая. Наблюдая этот район в течение нескольких лет разными методами, был сделан вывод о возможном сильном землетрясении в ближайшем будущем. Возрастание числа слабых землетрясений позволило объявить всеобщую тревогу 4 февраля в 14 ч. Людей вывели на улицы, были закрыты магазины, предприятия и подготовлены спасательные команды. В 19 ч 36 мин произошло сильное землетрясение с магнитудой 7,3, город Хайчен подвергся

разрушению, жертв было мало. Но даже наряду с другими удачными предсказаниями землетрясений они скорее исключение, чем правило.

Сейсмическое районирование разного масштаба и уровня проводится на основании учета множества особенностей: геологических, в частности тектонических, сейсмологических, физических и др. Составленные и утвержденные карты обязаны учитывать все строительные организации несмотря на то, что увеличение предполагаемой силы землетрясения хотя бы на 1 балл влечет за собой многократное удорожание строительства, так как связано с необходимостью дополнительного укрепления построек.

Сейсмическое районирование территории предполагает несколько уровней от мелко- к крупномасштабным. Например, для городов или крупных промышленных предприятий составляют детальные карты микросейсмического районирования, на которых необходимо учитывать особенности геологического строения небольших участков, состав грунтов, характер их обводненности, наличие скальных выступов горных пород и их типы. Наименее благоприятными являются обводненные грунты (возникновение гидравлического удара), рыхлые суглинки, лессы, обладающие большой просадочностью. Аллювиальные равнины более опасны при землетрясении, чем выходы скальных пород. Все это надо учитывать при строительстве и проектировании зданий, гидроэлектростанций, заводов.

Сейсмостойкому строительству во всех странах уделяется очень большое внимание, особенно для таких ответственных объектов, как атомные электростанции, гидроэлектростанции, химические и нефтеперерабатывающие заводы. Проектирование и строительство зданий в сейсмоопасных зонах требуют сделать их устойчивыми к землетрясениям. Как метко отмечено в книге Дж. Гира и Х. Шаха (1988 год), самое главное в проектировании сейсмостойких зданий - это "связать" здание, то есть соединить все элементы постройки: балки, колонны, стена и плиты в единую прочную, но вместе с тем и гибкую конструкцию, способную противостоять колебаниям грунта. Благодаря таким мерам в Мехико строят здания по 35-45 этажей, а в Токио, высокосейсмичном районе, - даже в 60 этажей. Такие постройки обладают гибкостью, то есть способностью качаться, изгибаться, как деревья при сильном ветре, но не разрушаться. Хрупкие же материалы, например кирпич или кирпич-сырец, разрушаются сразу. Не забудем также, что в Японии много атомных электростанций, но конструкция их зданий рассчитана на очень сильные землетрясения. Старые постройки стягивают стальными обручами или тросами, укрепляют снаружи железобетонной рамой, скрепляют арматурой, проходящей через все стены. Существующие нормы и правила не в состоянии, конечно, полностью обеспечить сохранность объектов при землетрясении, но они значительно снижают последствия ударов стихии и поэтому требуют неукоснительного выполнения.

Существует большое количество разнообразных предвестников землетрясений, начиная от собственно сейсмических, геофизических и кончая гидродинамическими и геохимическими. Можно проиллюстрировать их несколькими примерами. Так, сильные землетрясения в

противоположность слабым в конкретном районе происходят через значительные промежутки времени, измеряемые десятками и сотнями лет, так как после разрядки напряжений необходимо время для их возрастания до новой критической величины, а скорость накопления напряжений по Г.А. Соболеву не превышает 1 кг/см² в год. К. Касахара в 1985 году показал, что для разрушения горной породы необходимо накопить упругую энергию в 10³ эрг/см³ и объем горных пород, высвобождающий энергию при землетрясении, связан прямой зависимостью с количеством этой энергии. Следовательно, чем больше магнитуда землетрясения, а соответственно и энергия, тем больше будет временной интервал между сильными землетрясениями. Данные по сейсмически активной Курило-Камчатской островной дуге позволили С.А. Федотову установить повторяемость землетрясений с магнитудой $M = 7,75$ через 140 ± 60 лет. Иными словами, выявляется некоторая периодичность или сейсмический цикл, позволяющий давать хотя и очень приблизительный, но долгосрочный прогноз.

Сейсмические предвестники включают рассматривание группирования роев землетрясений; уменьшение землетрясений вблизи эпицентра будущего сильного землетрясения; миграции очагов землетрясений вдоль крупного сейсмоактивного разрыва; асейсмические скольжения по плоскости разрыва на глубине, возникающие перед будущим внезапным сдвигом; ускорение вязкого течения в очаговой области; образование трещин и подвижек по ним в области концентрации напряжений; неоднородность строения земной коры в зоне сейсмичных разрывов. Особый интерес в качестве предвестников представляют форшоки, предвещающие, как правило, основной сейсмический удар. Однако главная непреодоленная сложность заключается в трудности распознавания настоящих форшоков на фоне рутинных сейсмических событий.

В качестве геофизических предвестников используют точные измерения деформаций и наклонов земной поверхности с помощью специальных приборов - деформаторов. Перед землетрясениями скорость деформаций резко возрастает, как это было перед землетрясением в Ниигата (Япония) в 1964 году. К предвестникам относится также изменение скоростей пробега продольных и поперечных сейсмических волн в очаговой области непосредственно перед землетрясением. Любое изменение напряженно-деформированного состояния земной коры сказывается на электрическом сопротивлении горных пород, которое можно измерять при большой силе тока до глубины 20 км. То же относится и к вариациям магнитного поля, так как напряженное состояние пород влияет на колебания величины пьезомагнитного эффекта в магнитных минералах.

Довольно надежны в качестве предвестников измерения колебания уровня подземных вод, поскольку любое сжатие в горных породах приводит к повышению этого уровня в скважинах и колодцах. С помощью гидро-геодеформационного метода были сделаны успешные краткосрочные предсказания: например, в Японии в Изу-Ошима 14 января 1978 года, в Ашхабаде перед сильным землетрясением 16 сентября 1978 года с $M = 7,7$. В качестве предвестников используется также изменение содержания родона в подземных водах и скважинах.

Все многообразие предвестников землетрясений неоднократно анализировалось с целью выявления общих закономерностей и устранения ошибок. Геофизик Т. Рикитаки провел статистический анализ связей длительности аномалий T и ее амплитуды A и ожидаемой магнитуды M , выделив три класса предвестников. Для среднесрочных предвестников он получил уравнение

$$\log DT = aM - b, \quad (1.3)$$

где $a = 0,76$; $b = -1,83$, а T - сутки. При $M = 5-7$ время проявления предвестников составляет первые месяцы - первые годы.

2. Прогнозирование паводкового наводнения

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. Затоплением местности считается разлив реки, озера или водохранилища, не сопровождающийся материальным ущербом.

По повторяемости, площади распространения и среднегодовому материальному ущербу в масштабах нашей страны, наводнение занимает первое место среди стихийных бедствий. Особенностью наводнений, как и некоторых других чрезвычайных ситуаций природного характера, является то, что их невозможно предотвратить. Решая же проблему наводнений, можно, используя различные организационно-технические решения, только снизить возможный ущерб от них. Причем величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов. Поэтому наводнения представляют собой не только явления природы, но и явление социального порядка.

Основными природно-географическими условиями возникновения наводнений являются: выпадение осадков в виде дождя, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. Весьма опасны наводнения связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГЭС, дамбы, плотины).

В зависимости от причин возникновения, как правило, выделяют пять групп наводнений:

1-я группа - наводнения связанные, в основном, с максимальным стоком от весеннего таяния снега. Такие наводнения отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке и называются, обычно, половодьем.

2-я группа - наводнения формируемые интенсивными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях. Они характеризуются интенсивными, сравнительно кратковременными подъемами уровня воды и называются паводками.

3-я группа - наводнения вызываемые, в основном, большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Это обычно происходит в начале и в конце зимы при заторах и зажорах льда.

4-я группа - наводнения создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек.

5-я группа - наводнения создаваемые при прорыве или разрушении гидроузлов.

По размерам или масштабам и по наносимому ущербу наводнения, как правило, делятся на четыре группы:

низкие (малые) наводнения, которые наблюдаются, в основном, на равнинных реках, наносят незначительный материальный ущерб и почти не нарушают ритма жизни населения;

высокие наводнения, сопровождающиеся значительным затоплением, охватывают сравнительно большие участки речных долин и иногда

существенно нарушают хозяйственный и бытовой уклад населения. В густонаселенных районах высокие наводнения приводят к частичной эвакуации населения;

выдающиеся наводнения охватывающие целые речные бассейны. Они парализуют хозяйственную деятельность, наносят большой материальный ущерб, приводят к массовой эвакуации населения и материальных ценностей;

катастрофические наводнения вызывающие затопления громадных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. Такие наводнения приводят к громадным материальным убыткам и гибели людей.

Для снижения материального ущерба и повышения безопасности населения проводится заблаговременное краткосрочное прогнозирование возможных последствий наводнения.

Под краткосрочным прогнозированием следует понимать составление гидрологического прогноза характера и последствий наводнения не более чем за 12-15 дней до наступления предсказываемого явления.

Под паводковым наводнением следует понимать интенсивный, сравнительно кратковременный, подъем уровня воды, формируемый сильными дождями.

Для краткосрочного прогнозирования паводкового наводнения заблаговременно должна быть проведена съемка гидрографической сети территории, известна характеристика рек в их естественном состоянии, выявлены факторы и явления, которые могут внести изменения в режим водных преград.

Эти данные могут быть получены из следующих источников: карт, описаний, справочной и специальной литературы. Разнообразные по характеру и степени детализации данные о водных преградах содержат крупномасштабные (1:25000; 1:50000) топографические карты, лоцманские карты, лоции, перспективные карты рек, карты условий проходимости местности, геологические, гидрогеологические, климатологические карты и т.п.

Из справочной и специальной литературы могут быть использованы справочники по климатологии, гидрографии, водному хозяйству и водным ресурсам, атласы физико-географических данных, гидрологические ежегодники и т.п.

Собранная и обработанная информация о гидрографии должна храниться или распространяться нанесенной на карту инженерной оценки местности, в форме разведывательной карточки, в памяти ЭВМ или быть издана в виде справочника.

На этапе составления краткосрочного прогноза паводкового наводнения должны быть спрогнозированы:

1. Гидрологические и морфологические характеристики рек.
2. Возможная обстановка при затоплении местности паводковыми водами.
3. Силы и средства ликвидации последствий паводкового наводнения.

При прогнозировании гидрологических и морфологических характеристик должна быть разработана расчетная схема и определены:

объемы стока дождевых вод (W_0);
 максимальные глубины затопления (H);
 скорости движения волны (V);
 временные параметры волны (T);
 максимальные расходы потока в естественном состоянии и в период паводкового наводнения (Q);
 максимальные ширины затоплений (B);
 временные параметры затоплений (T).

На основании вышеопределенных характеристик должен быть построен график движения паводковой волны, который позволит определить гидрологические характеристики водного потока в любом переменном створе нахождения между двумя постоянными.

При разработке расчетной схемы основным источником сведений о плотности, составе и строении гидрографической сети бассейна являются топографические карты, дополненные материалами крупномасштабных аэрофотосъемок. На основе анализа этих сведений бассейн реки разбивается на участки, на границах которых обозначаются постоянные створы. Участки определяются по усредненным гидравлическим и морфологическим характеристикам реки. За нулевой створ принимается ближайший к истоку реки (формированного потока). Площадь водосбора (F) определяется путем снятия с топографической карты горизонталей поверхностного стока, предшествующего каждому постоянному створу.

При составлении прогноза о возможной обстановке должны быть определены следующие показатели: площадь затопления; количество населенных пунктов, попавших в зону затопления; степени и качественные характеристики повреждений зданий жилого фонда (к степеням повреждений зданий следует относить тяжелые повреждения, умеренные и слабые); численность населения, попавшего в зону затопления и его потери; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных коммунально-энергетических сетей; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных мостов; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных защитных дамб; количество попавшего в зону затопления скота и его потери; площади попавших в зону затопления и пришедших в негодность посевных площадей; объемы и трудоемкость выполнения аварийно-спасательных работ.

На основе данных возможной обстановки в зоне затопления должна быть создана группировка сил ликвидации последствий наводнения способная: провести разведку зоны затопления; провести спасение пострадавшего населения; организовать строительство пунктов посадки и высадки пострадавшего населения со всех видов транспорта; организовать восстановление автомобильных дорог и железнодорожных магистралей; организовать восстановление поврежденных и строительство (оборудование) новых мостов; организовать восстановление поврежденных и строительство новых защитных дамб; организовать восстановление коммунально-энергетических сетей и линий связи; организовать спасение и захоронение погибшего скота.

Для выполнения вышеизложенных задач в зонах затоплений целесообразно создавать следующие формирования:

для организации разведки - группы общей разведки; группы инженерной разведки; звенья воздушной разведки; звенья речной разведки; звенья разведки на железнодорожном транспорте;

для проведения спасательных работ - спасательные команды (группы) на плавсредствах; санитарные дружины;

для восстановления разрушенных и строительства новых дамб создавать команды по защите дамб (КЗД) в составе: личный состав - 35 чел; экскаватор - 1; бульдозер - 1; каток - 1; автосамосвалы - 2; автомашины - 2;

для восстановления поврежденных дорог создавать дорожно-восстановительные команды (ДВК) в составе: личный состав - 35 чел; экскаватор - 1; бульдозеры - 2; грейдер - 1; автосамосвалы - 2; автомашины - 2;

для ремонта и восстановления разрушенных мостов и строительства причалов создавать команды по защите мостов (КЗМ) в составе: личный состав - 25 чел; автокран - 1; бульдозер - 1; экскаватор - 1; копер - 1; автомобили - 2; мотопилы - 2;

для ликвидации последствий на КЭС и линий связи создавать аварийно-технические команды по видам коммуникаций;

для захоронения погибшего скота создавать бригады по защите животных в составе: личный состав - 10 чел; экскаватор - 1; бульдозер - 1; автомобиль - 1.

Формирования создаются на базе объектов экономики, специализированных предприятий и частей ГО. Количественный состав определяется исходя из объемов и возможностей формирований.

При прогнозировании гидрологических и морфологических характеристик, выпавшие осадки (X , мм) распределяются по площади водосбора с учетом коэффициента орошаемости (n) и представляют собой слой стока (Y , мм), равномерно распределенный по площади водосбора - объем стока. Поэтому расчетное русло рассматриваемых рек, в котором распространяются потоки волн паводка, схематизируются в виде составных русел, состоящих из отдельных призматических расчетных участков обобщенного профиля с усредненными гидравлическими и морфологическими характеристиками.

Расстояние между однозначными горизонталями местности расположенными по обеим сторонам рек по всей длине участков принимается для составления оперативных расчетов в среднем одинаковым.

За нулевые створы принимается первый (ближайший к потоку) из намеченных постоянных створов.

Для расчетов принимается расчетный многоводный год с выбранной процентной обеспеченностью ($P\%$).

Выбор расчетных постоянных створов осуществляется по карте области.

Гидрологические и морфологические характеристики постоянных створов рек определяются по данным геолого-географического описания местности и топографической карты области, к которым относятся:

F^i - площадь водосбора i -го постоянного створа, км²;
 $H^{iб}$ - глубина бытового потока, м;
 $V^{iб}$ - скорость течения бытового потока, м/с;
 $B^{iб}$ - ширина бытового потока, м;
 L^0 - удаление 0 - створа от источника реки, км;
 L^{i-0} - удаление i - створа от 0 - створа, км;
 L^{i-1} - удаление предыдущего створа от 0 - створа, км;
 $Z^{iб}$ - отметка уреза воды бытового потока, м;
 k - показатель формы долины рек;
 n - коэффициент орощаемости (стока) дождевых вод;
 X - максимальные суточные осадки, наблюдаемые в бассейне реки - по данным многолетних наблюдений.

Определение гидрологических и морфологических характеристик рек

Для 0 - створа.

Определение объема стока дождевых вод (W^0)

$$W^0 = X \cdot F^0 \cdot n, \text{ м}^3. \quad (2.1)$$

Определение максимальной глубины затопления (H)

$$H^{0m} = H^{0б} \cdot \left(\tau \frac{Q^{0m}}{Q^{0б}} \right)^{\frac{1}{k+1,667}}, \text{ м}, \quad (2.2)$$

где τ - коэффициент шероховатости русла при выходе воды на пойму.

Определение высоты волн паводка ($H^{от}$)

$$H^{от} = H^{0m} - H^{0б}, \text{ м}. \quad (2.3)$$

Определение времени добегания фронта волны до 0- створа ($T^{оф}$)

$$T^{оф} = 0, \quad (2.4)$$

т.к. расчет движения волны считаем от 0- створа.

Определение скорости движения гребня волны (V)

$$V^{ор} = \frac{V^{0б}}{\tau} \left(\frac{H^{0m}}{H^{0б}} \right)^{0,667}, \text{ м/с}. \quad (2.5)$$

Определение времени добегания гребня волны до 0- створа ($T^{ор}$)

$$T^{ор} = \frac{0,33 \cdot L^0}{3,6 \cdot V^{ор}}, \text{ ч}. \quad (2.6)$$

Определение времени добегания хвоста волны до 0- створа ($T^{ох}$)

$$T^{ох} = \frac{4,324 \cdot W^0}{3,6 \cdot Q^{0m} \cdot k^{0,667}}, \text{ ч}. \quad (2.7)$$

Определение максимальной скорости течения потока в 0-ом створе (V^{om})

$$V^{om} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{om}}{(k+1) \cdot 2}}, \text{ м/с.} \quad (2.8)$$

Определение максимальной ширины потока в створе (B^{om})

$$B^{om} = B^{o\delta} \cdot e^{k \cdot \ln\left(\frac{H^{om}}{H^{im}}\right)}, \text{ м.} \quad (2.9)$$

Для i-го створа

Определение расхода бытового потока в створе ($Q^{i\delta}$)

$$Q^{i\delta} = \frac{H^{i\delta} \cdot B^{i\delta} \cdot V^{i\delta}}{(k+1) \cdot \tau}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (2.10)$$

Определение длины j-го участка реки (L^j)

$$L^j = L^{i-0} - L^{i-1}, \text{ км.} \quad (2.11)$$

Определение скорости движения фронта волны волны на j-ом участке ($C^{i\phi}$) до i-го створа

$$C^{i\phi} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{i\delta}}{(k+1)}}, \text{ м/с.} \quad (2.12)$$

Определение времени добегаания фронта волны до i-го створа ($T^{i\phi}$)

$$T^{i\phi} = T^{(i-1)\phi} + \frac{2 \cdot L^j}{3,6(V^{(i-1)\delta} + C^{i\phi})}, \text{ ч.} \quad (2.13)$$

Определение времени добегаания хвоста волны (T^{ix})

$$T^{ix} = T^{(i-1)\phi} + \frac{2 \cdot L^j}{3,6 \cdot V^{i\delta}}, \text{ ч.} \quad (2.14)$$

Определение продолжительности затопления в i-ом створе (T^i)

$$T^i = T^{im} - T^{i\phi}, \text{ ч.} \quad (2.15)$$

Определение объема стока в i-ом створе с площади водосбора (W^i)

$$W^i = X \cdot F^i \cdot n, \text{ м}^3. \quad (2.16)$$

Определение максимального расхода в i-ом створе

$$Q^{im} = \frac{2 \cdot W^i}{3,6 \cdot T^i}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (2.17)$$

Определение максимальной глубины затопления в i-ом створе

$$H^{im} = H^{i\delta} \cdot \left(\tau \frac{Q^{im}}{Q^{i\delta}} \right)^{\frac{1}{k+1,667}}, \text{ м.} \quad (2.18)$$

Определение высоты волн паводка в створе

$$H^{ir} = H^{im} - H^{i\delta}, \text{ м.} \quad (2.19)$$

Определение скорости движения гребня волны

$$C^{i22} = 0,65 \cdot V^{i\delta} \left(\frac{H^{im}}{H^{i\delta}} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ м/с.} \quad (2.20)$$

Определение максимальной скорости течения в створе

$$V^{im} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{im}}{2(k+1)}}, \text{ м/с.} \quad (2.21)$$

Определение средней приведенной ширины бытового потока на j-ом участке

$$B_{j\delta}^{cp} = \frac{B^{i\delta} + B^{(i-1)\delta}}{2}, \text{ м.} \quad (2.22)$$

Определение средней приведенной максимальной ширины на участке

$$B_{im}^{cp} = B_{j\delta}^{cp} \cdot e^{k \cdot \ln \left(\frac{H^{im}}{H^{i\delta}} \right)}, \text{ м.} \quad (2.23)$$

Определение площади затопления на j-ом участке

$$S^j = \frac{B^{im} \cdot L^j}{1000}, \text{ км}^2. \quad (2.24)$$

Определение общей площади затопления рассматриваемых участков рек

$$S^{zam} = \sum_{j=1}^n S^j, \text{ км}^2. \quad (2.25)$$

Определение отметки уреза воды в i-ом створе при максимальной глубине затопления

$$Z^{im} = Z^{i\delta} + H^{ir}, \text{ м.} \quad (2.26)$$

Для вычисления гидрологических характеристик паводковой волны в любом (переменном) створе, находящемся между двумя постоянными, используется составленный график движения паводковой волны по методу линейной интерполяции.

Необходимыми условиями составления графика являются:

наличие данных не менее чем по 4-м постоянным створам средних и больших рек и 2 створам малых рек;

проведение расчета гидрологических характеристик (по графикам номограммам долгосрочных прогнозов на ЭВМ и микрокалькуляторах);

первый створ выбирать на удалении не менее 4-х часового добегаания от 0-го створа.

Порядок построения и пользования графиком движения паводковой волны аналогичен графику движения волны прорыва, который рассматривается ниже.

Расчет сил аварийно-спасательных работ при наводнениях

Расчет сил аварийно-спасательных работ при наводнениях

А. Спасательные работы

1. Определение сил разведки (количества звеньев речной разведки)

$$N_{зрр} = N_{зрр}^{жз} + N_{зрр}^{рн}, \text{ звеньев,} \quad (2.27)$$

где $N_{зрр}$ - общее количество звеньев речной разведки;

$N_{зрр}^{жз}$ - количество звеньев речной разведки для организации разведки затопленной городской жилой зоны;

$N_{зрр}^{рн}$ - количество звеньев речной разведки для организации разведки речных направлений;

$$N_{зрр}^{жз} = \frac{8,4 \cdot S_{ЗАТ}^{ГЗ} \cdot n}{T \cdot n_{ЛС}} \cdot k_c \cdot k_{П}, \text{ звеньев,} \quad (2.28)$$

где 8,4 - трудоемкость по разведке 1 км² затопленной городской жилой зоны, чел. ч/км²;

$S_{ЗАТ}^{ГЗ}$ - площадь затопленной городской жилой зоны, км²;

n - количество смен ($n = 2$);

T - продолжительность ведения разведки, ч;

$n_{ЛС}$ - численность личного состава звена речной разведки, чел; $n_{ЛС} = 4$ чел;

k_c - коэффициент времени суток ($k_c = 1,5$);

$k_{П}$ - коэффициент подводных условий ($k_{П} = 1,25$);

$$N_{зрр}^{рн} = \frac{0,28 \cdot L_{зат} \cdot n}{T \cdot n_{ЛС}} \cdot k_c \cdot k_{П}, \text{ звеньев,} \quad (2.29)$$

где 0,28 - трудоемкость разведки 1 км речного направления, чел. ч/км;

$L_{зат}$ - протяженность затопления, км.

Для ведения воздушной разведки (на базе расчета вертолета)

$$N_{зр}^{вр} = \frac{0,013 \cdot S_{зат} \cdot n}{T \cdot n_{ЛС}} \cdot k_{П}, \text{ звеньев,} \quad (2.30)$$

где 0,013 - трудоемкость разведки экипажем вертолета 1 км² затопленной территории, чел. ч/км².

2. Силы охраны общественного порядка (на плавсредствах)

$$N_{\text{гооп}} = 0,0033 \cdot N_{\text{zat}}^{\Gamma}, \text{ групп ООП,} \quad (2.31)$$

где 0,0033 - количество ГООП необходимых для одного человека, попавшего в зону затопления, шт/чел;
 N_{zat}^{Γ} - численность городского населения, попавшего в зону наводнения, чел.

3. Силы непосредственного спасения городского населения, попавшего в зону наводнения (на плавсредствах)

$$N_{\text{ср}}^{\Gamma} = 0,0033 \cdot N_{\text{zat}}^{\Gamma}, \quad (2.32)$$

где $N_{\text{ср}}^{\Gamma}$ - количество спасательных групп;
 0,0033- количество спасательных групп на одного спасаемого, шт/чел;
 N_{zat}^{Γ} - численность городского населения, попавшего в зону наводнения, чел.

4. Силы оказания первой медицинской помощи

$$N_{\text{сд}} = 0,0033 \cdot N_{\text{сан}}^{\Gamma}, \quad (2.33)$$

где $N_{\text{сд}}$ - количество санитарных дружин;
 0,0033* - количество санитарных дружин на одного человека санитарных потерь, шт/чел;
 $N_{\text{сан}}^{\Gamma}$ - санитарные потери городского населения, чел

$$N_{\text{сан}}^{\Gamma} = 0,05 \cdot N_{\text{zat}}^{\Gamma}, \quad (2.34)$$

* - численные коэффициенты получены из расчета (см п.п. 2, 3, 4) одно формирование на 300 человек.

Формирования выражений ((3.27), (3.31), (3.32) и (3.34)) для сельской местности принимать по одному на один затопленный населенный пункт.

5. Расчет потребного количества плавсредств для эвакуации населения из зоны затопления (с пунктов сбора пострадавших)

$$k_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{\text{zat},i}^{\text{пс}} \cdot R_i^{\text{пс}}}{N_{\text{вм},i}^{\text{пс}} \cdot T} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}} \cdot k_T, \quad (2.35)$$

где $k_{\text{пс}}$ - количество плавсредств необходимых для эвакуации;

$N_{\text{zat},i}^{\text{пс}}$ - численность населения, эвакуируемого i -ым видом плавсредства, чел;

m - количество видов плавсредств;

$N_{\text{вм},i}^{\text{пс}}$ - вместимость i -го вида плавсредства, чел;

$R_i^{\text{пс}}$ - продолжительность рейса i -го вида плавсредства.

$$R_i^{\text{пс}} = \frac{2 \cdot L_{\text{мэ}}}{V_i^{\text{пс}}} (1 + 0,3V_{\text{вп}}) + t_{\text{пв},i}^{\text{пс}}, \text{ мин}, \quad (2.36)$$

где $L_{\text{мэ}}$ - протяженность маршрута эвакуации, м;

$V_i^{\text{пс}}$ - скорость движения i -того плавсредства по воде, м/мин;

$V_{\text{вп}}$ - скорость течения водного потока, м/с;

$t_{\text{пв},i}^{\text{пс}}$ - время, необходимое на погрузку и выгрузки i -того плавсредства, мин;

T - продолжительность эвакуации (спасательных работ), мин;

$k_{\text{т}}$ - коэффициент использования плавсредств; $k_{\text{т}} = 1,2$.

При расчете потребного количества плавсредств для эвакуации животных из зоны затопления необходимо использовать эту же зависимость, принимая отношение $N_{\text{zat},i}/N_{\text{вм},i}$ для животных.

Ориентировочно производительность рейса переправочно-десантных средств и паромов можно принимать по таблице.

Скорость течения	Продолжительность рейса R. при протяженности маршрута эвакуации, м						
	100	150	200	250	300	400	500
Переправочно-десантные средства (К-61, ПТС, ГТС)							
до 0,5	7	7	8	9	10	11	12
0,5-1	7	8	9	10	12	13	15
1-1,5	8	9	10	11	13	14	16
1,5-2	8	10	11	13	15	18	20
2-2,5	9	12	14	16	18	22	26
2,5-3	11	14	17	20	22	28	34
Паромы из понтонного парка							
до 0,5	10	11	12	13	14	15	16
0,5-1	10	11	13	14	15	16	18
1-1,5	11	12	14	15	16	18	20
1,5-2	12	13	15	16	18	22	25
2-2,5	13	15	17	20	22	26	36
2,5-3	15	18	22	25	28	35	44

* при определении приблизительной вместимости плавсредства можно исходить из следующей нормы площади:

человека - $0,3 \text{ м}^2/\text{чел}$;

крупнорогатого скота - $1,5 \text{ м}^2/\text{животное}$;

мелкорогатого скота - $0,3 \text{ м}^2/\text{животное}$.

3. Прогнозирование оползней

Большую часть потенциальных оползней можно предотвратить, если своевременно принять меры в начальной стадии их развития. Среди различных мероприятий особенно важное значение имеют контроль и прогнозирование оползневых процессов. Они необходимы для расположения объектов в безопасных местах; своевременного предупреждения возникновения новых или предотвращения опасной величины и скорости смещения уже существующих оползней; выявления необходимости борьбы с оползнями или возможности эксплуатации объектов без укрепления склона.

Для предотвращения возникновения оползней необходимо организовать контроль за состоянием склонов и соблюдением охранно-противооползневого режима, а также проводить комплекс противооползневых мероприятий с учетом гидрогеологических условий и характеристики оползневого участка. Необходимые для этого данные наносят на крупномасштабные карты. На них должны быть указаны: устойчивость склонов; возможность производства земляных работ; гидрогеологические условия района; возвышенности и косогоры; места расположения стоков, дренажных бассейнов, затопляемых участков и распределение подземных вод. На эти же карты наносят места прошлых оползней и районы возможного оползания. К карте прилагается пояснительная записка с подробным описанием оползневого района (участка).

Теоретический прогноз оползней достаточно сложный, как правило, производится специалистами оползневых станций (по данным многолетних наблюдений) и может быть только вероятностным. Принципиальная схема вероятностного прогноза возникновения нового оползня на естественном склоне в заданном районе и в заданный период времени T (по Е.П.Емельянову) состоит в следующем:

1. Получение исходных данных:

Определяют среднюю годовую величину коэффициента K_{cp}^H устойчивости данного склона в настоящее время (т.е. на начало периода T), под которым понимают отношение суммарного сопротивления сдвигу вдоль какой-либо потенциальной поверхности скольжения к сумме сдвигающихся усилий вдоль этой поверхности

$$K_{\text{cp}}^H = \sum C_i \Delta l_i / \sum \tau_i \Delta l_i, \quad (3.1)$$

где C_i - сопротивление сдвигу на i -ом участке,
 τ_i - касательная напряжения,
 l_i - абсолютная деформация.

Рассчитывают среднюю скорость необратимых изменений коэффициента устойчивости склона (за год в настоящее время и ее прогноз на период T) $K_{\text{cp}} = f(T)$.

Определяют зависимость амплитуды A обратимых колебаний коэффициента устойчивости склона от показателей F соответствующих факторов - $A = f(\Sigma F)$.

Рассчитывают среднюю величину годовой амплитуды $A_{\text{ср}}$ отрицательного отклонения коэффициента устойчивости склона и вероятной максимальной ее величины A_{max} за период T .

2. Анализ данных:

Определяют возможность оползня; конечная средняя годовая величина коэффициента устойчивости склона $K_{\text{ср}}^K$ в конце прогнозируемого периода T составит $K_{\text{ср}}^K = K_{\text{ср}}^H - T \times \Delta K_{\text{ср}}$,

если $K_{\text{ср}}^K - A_{\text{max}} > 1$ - оползень маловероятен;

$K_{\text{ср}}^K - A_{\text{max}} < 1$ - оползень возможен;

$K_{\text{ср}}^K - A_{\text{ср}} < 1$ - вероятность оползня очень велика.

Рассчитывают вероятное время $t_{\text{оп}}$ смещения оползня (лет от начала прогнозируемого периода), т.е. наиболее вероятно смещение оползня в этот период по формуле

$$\text{от } (K_{\text{ср}}^H - A_{\text{max}} - 1) / \Delta K_{\text{ср}} \text{ до } (K_{\text{ср}}^H - A_{\text{ср}} - 1) / \Delta K_{\text{ср}}. \quad (3.2)$$

Пример.

Определить вероятное время возникновения оползня в горизонтальных склонах.

Исходные данные:

Прогнозируемый период $T = 50$ лет; значение среднего начального коэффициента устойчивости склона $K_{\text{ср}}^H = 1,27$. Сравнительно равномерный подмыв подошвы склона и сопутствующие процессы обуславливают среднее годовое уменьшение коэффициента его устойчивости $\Delta K_{\text{ср}} = 5 \times 10^{-3}$; среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и перегрузки основания наносами $A_{\text{ср}} = \pm 3 \times 10^{-2}$.

Максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2%-й обеспеченности) $A_{\text{max}} = -0,1$.

Р е ш е н и е. Наиболее вероятное смещение оползня по формуле 3.2 следует ожидать в период

$$\text{от } (1,27 - 0,10 - 1,0) / 0,005 \text{ до } (1,27 - 0,03 - 1,0) / 0,005$$

т.е. через 34...48 лет. Следовательно, возведение на этом склоне объекта со сроком амортизации 50 лет и более, требует дополнительного проведения противооползневых мероприятий. Тем не менее временные (рассчитанные на 10...15 лет) объекты в настоящее время и в ближайшие годы возводить можно.

На практике обычно заблаговременно выявляют условие, изменение которого способно вызывать оползни участка склона, и выполняют все противооползневые мероприятия, повышающие устойчивость пород. Для этого в пределах выявления причин возникновения оползневых смещений,

изучения их динамики и определения противооползневых мероприятий наблюдение ведут специальные посты со специалистами оползневых станций, в задачу которых входит контроль: за колебанием уровней воды в колодцах дренажных сооружений, в буровых скважинах, реках, озерах и водохранилищах; за режимом подземных вод; скоростью и направлением оползневых смещений; выпадением и стоком атмосферных осадков. На наиболее ответственных участках такие посты оборудуют створы глубинных реперов и наблюдают за ними. В качестве реперов обычно используют буровые штанги длиной 2...2,5 м. В районах глубокого промерзания штанги-реперы устанавливают на глубину до 3 м и заливают раствором цемента. Особенно внимательно наблюдение за реперами ведут в осенне-весенний период, когда выпадает наибольшее количество осадков (являющихся одной из основных причин возникновения оползней).

На основании анализа результатов проведенных наблюдений выявляют оползневые районы и выполняют противооползневые работы на тех участках, где зафиксировано смещение пород.

4. Прогнозирование селевых потоков

Селевой очаг - участок селевого русла или селевого бассейна, имеющий значительное количество рыхлообломочного грунта или условий для его накопления, где при определенных условиях обводнения зарождаются сели.

Селевым потоком (селем) называют стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек.

Непосредственными причинами зарождения селей служат ливни, интенсивное таяние снега и льда, прорыв водоемов, землетрясения, извержения вулканов. Несмотря на разнообразие причин, механизмы зарождения селей имеют много общего и могут быть сведены к трем главным типам: эрозионному, прорывному и обвально-оползневому.

При эрозионном механизме зарождения вначале идет насыщение водного потока обломочным материалом за счет смыва и размыва селевого бассейна и затем - формирование селевой волны в русле.

При прорывном механизме зарождения водяная волна за счет интенсивного размыва и вовлечения в движение обломочных масс сразу превращается в селевую волну, но с изменчивой насыщенностью.

При обвально-оползневом механизме зарождения, когда происходит смыв массива водонасыщенных горных пород (включая снег и лед) насыщенность потока и селевая волна формируются одновременно (насыщенность сразу практически максимальна).

Селевые потоки бывают: водно-каменными; водно-песчаными и водно-пылеватыми; грязевыми; грязекаменными; водно-снежно-каменными.

Водно-каменный сель - такой поток, в составе которого преобладает крупнообломочный материал. Формируется в основном в зоне плотных пород.

Водно-песчаный - такой поток, в котором преобладает песчаный и пылеватый материал. Возникает в основном в зоне лессовидных и песчаных

почв во время интенсивных ливней, смывающий огромное количество мелкозема.

Грязевой селя близок к водно-пылеватому. Формируется в районах распространения пород преимущественно глинистого состава.

Грязекаменный селя характеризуется значительным содержанием в твердой фазе глинистых и пылеватых частиц с явным их преобладанием над каменной составляющей потока.

Водно-снежно-каменный селя - переходная стадия между собственно селью, в которой транспортирующей средой является вода, и снежной лавиной.

Формирование селей обусловлено определенным сочетанием геологических, климатических и геоморфологических условий : наличием селеформирующих грунтов, источников интенсивного обводнения грунтов, а также геологических форм, способствующих образованию достаточно крутых склонов и русел.

Источниками питания селей твердыми составляющими являются ледниковые морены с рыхлым заполнением, рыхлообломочный материал осыпей, оползней, обвалов, смывов, русловые завалы и загромождения, образованные предыдущими селями, древесно-растительный материал. Источниками питания селей водой являются дожди и ливни, ледники и сезонный снежный покров, воды горных рек.

Наиболее часто образуются сели дождевого питания, основным условием формирования которых является количество осадков, способных вызвать смыв продуктов разрушения горных пород и вовлечь их в движение (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Условия формирования дождевых селей

Районы России	Суточные максимумы ливневых осадков в мм при 20%-ой обеспеченности	Минимальные суммы селеформирующих осадков, мм/сут.
Северный Кавказ	50-70	20
Центральный Кавказ	50-70	20
Урал	30-40	20
Тянь-Шань	30-60	30-40
Памир-Алтай	30-60	13
Алтай и Саяны	30-50	20
Предбайкалье и Забайкалье	40-70	40
Горы северо-востока	30-60	-
Приморье	74-130	-
Приамурье	60-80	30
Камчатка	40-90	-
Сахалин	40-100	60

Формирование селей происходит в селевых водосборах, наиболее распространенной формой которых в плане является грушевидная с водосборочной воронкой и веером ложбинных и долинных русел, переходящих в основное русло. Селевой водосбор включает три основные зоны, в которых формируются и протекают селевые процессы:

зона селеобразования (питания селей водой и твердой составляющей);
 зона транзита (движение селевого потока);
 зона разгрузки (массового отложения селевых выносов).

Площади селевых водосборов колеблются от 0,05 до нескольких десятков квадратных километров. Длина русел колеблется в пределах от 10-15 м (микросели) до нескольких десятков километров, а их крутизна в транзитной зоне колеблется от 25°-30° (в верхней части) до 8°-15° (в нижней части). При меньших уклонах начинается процесс отложения селевой массы. Полностью движение селя прекращается при крутизне 2°-5°.

Результат воздействия селевого потока на различные объекты зависит от его основных параметров : плотности, скорости, продвижения, высоты, ширины, расхода, объема, продолжительности, размеров включения и вязкости.

Плотность селевого потока зависит от состава и содержания твердой составляющей. Обычно она составляет не менее 100 кг. в одном кубическом метре воды, что при плотности породы 2,4-2,6 г/см³ приводит к плотности селевых потоков примерно 1,07-1,1 г/см³. Как правило, плотность селевого потока колеблется в пределах 1,2-1,9 г/см³.

Скорость движения селевого потока в транзитных условиях (в зависимости от глубины потока, уклона русла и состава селевой массы) составляет от 2-3 до 7-8 м/с., а иногда и более. Максимальная скорость может превышать среднюю в 1,5-2 раза.

Высота селевого потока варьируется в значительных пределах и может составлять: для мощных и катастрофических селей 3-10 м, для маломощных - 1-2 м.

Ширина селевого потока зависит от ширины русла и в большинстве горных бассейнов на транзитных участках колеблется от 3-5 м. (узкие каньоны, горловины, глубоко врезанные русла небольших бассейнов) до 50-100 м.

Максимальный расход сели колеблется от нескольких десятков до 1000-1500 м³/с.

Объем селевых отложений (объем рыхлообломочной породы в естественном залегании, вынесенный из селевого очага и русла) определяет зону воздействия селя. Как правило, суммарный объем селевого выноса определяет тип селя и его разрушительное действие на сооружение. Для большинства селевых бассейнов России характерны сели малой и средней мощности.

Продолжительность селей колеблется от десятков минут до нескольких часов. Большинство зарегистрированных селей имели продолжительность 1-3 часа. Иногда сели могут проходить волнами по 10-30 минут с неселевыми промежутками между ними до нескольких десятков минут.

Максимальные размеры крупнообломочных включений характеризуются размерами отдельных глыб и валунов скальных и полускальных пород, и могут быть 3-4 м в поперечнике. Масса таких глыб может составлять до 300 т.

Вязкость связных селей колеблется от 3-4 пуаз (единица динамической вязкости (П). 1П=0,1 Нс/ м²=0,102 кгс) до нескольких десятков, а иногда и

сотен пуаз. При значительной вязкости сель напоминает густой бетонный раствор. Вязкость при переходе от несвязного селя к связному примерно равна 2,5-4,0 пуаза.

Таким образом, диапазоны основных параметров селевых потоков следует принимать:

плотность - $(1,2-1,9) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;

вязкость - 4-20 пуаз;

скорость движения в транзитных условиях:

- для уклонов - $10^\circ-27^\circ$ - 2,5-7,5 м/с;

- максимальна возможная - 14-16 м/с;

предельная крутизна прекращения движения - $2-5^\circ$;

высота селевого потока : катастрофического до 10 м.;

мощного 3-5 м.;

среднего $\approx 2,5$ м.;

маломощного $\approx 1,5$ м.;

ширина потока на транзитных участках - 5-70 м;

расход (диапазон) $30-800 \text{ м}^3/\text{с}$, возможный максимум $2000 \text{ м}^3/\text{с}$;

продолжительность 0,5-3 часа;

повторяемость 15-20 лет;

размер крупных включений 3-4 м;

масса включений 200-300 т.

5. Прогнозирование заторов и зажоров

Целью прогнозирования заторов (зажоров) является определение максимального заторного (зажорного) уровня воды и даты его наступления.

Предварительная стадия прогнозирования включает оценку возможности образования затора (зажора). Для этого по картам определяют затороопасные (зажороопасные) участки, ориентировочные величины подъемов заторных (зажорных) уровней воды и повторяемость заторов (зажоров).

Прогноз максимальных заторных уровней воды и другие необходимые сведения запрашиваются в территориальных управлениях гидрометеослужбы и контроля природной среды (УГКС).

Для определения возможностей преодоления водной преграды на затороопасных участках организуются аэровизуальные и наземные наблюдения. По величинам максимальных заторных (зажорных) уровней воды определяют возможную зону затопления, которую наносят на топографическую карту. Прогнозирование заторов (зажоров) льда может осуществляться как при наличии данных гидрометеорологических наблюдений, так и при их отсутствии.

Для прогнозирования максимального заторного уровня воды по данным метеорологических наблюдений необходимо знать расход воды, температуру воздуха и сведения о ледовой обстановке. По этим данным строят совмещенные хронологические графики расходов и уровней воды для ряда гидрологических постов, позволяющие иметь сведения о ледовых фазах при наличии и отсутствии ледовых явлений. По материалам ледемерных

съемок, которые производятся либо механическим бурением, либо с помощью радиолокационных приборов типа "Лед", "Ледостав" и т.п. строят продольные профили ледяного покрова. По этим же данным составляют схемы ледовой обстановки на главной реке и ее протоках. В результате анализа колебаний уровней воды устанавливают места и сроки образования заторов и зажоров, а также определяют уровни подъема воды. Данные о максимальных уровнях воды составляют по результатам многолетних наблюдений за максимальными расходами и уровнями воды при заторах (зажорах).

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений исходными данными являются: уровни и расходы воды; уклоны водной поверхности; глубина и скорости течения, а также ширина открытого русла. Уклон, глубину и ширину русла определяют промерами и нивелировкой урезов воды и берегов. Скорость течения можно измерить или рассчитать, а расход воды определить по формуле

$$Q = V w, \quad (5.1)$$

где V - средняя скорость течения в створе, м/с;
 w - площадь поперечного сечения русла, м².

Средняя скорость течения в створе может быть вычислена по формуле (5.2)

$$V = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot j^{1/2}, \quad (5.2)$$

где n - коэффициент шероховатости;
 h - средняя глубина русла, м;
 J - уклон водной поверхности.

Для проведения измерений необходимо организовать временные водомерные посты. Время перемещения кромки ледяного покрова определяют по средним многолетним данным вскрытия, сведения о которых имеются в справочнике "Основные гидрологические характеристики". Для прогноза используют зависимости максимального заторного (зажорного) уровня воды от расхода воды у кромки ледяного покрова и средней температуры воздуха.

Заблаговременность прогноза для узких горных рек может составлять от нескольких часов - по мере увеличения длины реки и уменьшения уклона - до нескольких суток, а на крупных долинных реках - 15...20 сут.

6. Расчет основных параметров лавин

Основными параметрами при планировании и выполнении работ по ликвидации схода лавин, являются: количество и площадь лавинных очагов; сроки начала и окончания лавиноопасного периода; объем лавин; скорость движения; дальность выброса и сила удара; высота лавинного потока.

Количество и площадь лавинных очагов могут быть определены по топографической карте (масштаб 1:25000 ... 1:50000), по рельефу местности или на основе данных разведки и ближайших метеостанций.

Сроки начала и окончания лавиноопасного периода определяют по периоду залегания устойчивого снежного покрова (по данным метеостанций) с учетом вертикального градиента, составляющего примерно 6...7 дней на 200-250 м высоты.

Степень устойчивости снежных масс оценивают показателем $k_y = \tau_y / \tau$, где τ_y - предельное сопротивление сдвигу в плоскости возможного скольжения, τ - касательное напряжение в этой плоскости от собственного веса снега. Возникновение лавин возможно при $k_y < 4$, а при $k_y < 1$ - неизбежно.

Объем лавин рассчитывается по формулам

$$V_{\max} = S \cdot h_{\max}; \quad V_{\text{ср}} = k \cdot S \cdot h_{\text{ср}}, \quad (6.1)$$

где S - лавиноактивная площадь;

$h_{\text{ср}}$, h_{\max} - средняя и максимальная высота снежного покрова в очаге (по многолетним данным);

$k \approx 0,5$ - эмпирический коэффициент.

Скорость лавины определяется по формуле

$$U = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_c}, \quad (6.2)$$

а динамическое давление на поверхность препятствия, расположенного перпендикулярно направлению движения лавины, равно

$$p_n = k_1 \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot U^2 = 2 \cdot \rho \cdot g \cdot h_c, \quad (6.3)$$

где ρ - плотность лавинного снега, кг/м³, принимаемая равной 300 кг/м³ для лавины из свежевывавшего снега, 400 кг/м³ для лавины из старого снега, 500 кг/м³ для лавины из мокрого снега;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

h_c - высота лавинного снега перед препятствием, которая определяется путем построения поперечного разреза лавинного очага по траектории движения лавины (рис. 3.5).

Суммарная нагрузка на препятствие типа столбов при их обтекании лавиной определяют по формуле

$$N = 0,5 \cdot \rho \cdot U^2 \cdot S, \quad (6.4)$$

где S - площадь проекции обтекаемого препятствия на плоскость, перпендикулярную направлению движения лавины, м².

на 1-м этапе прогнозируется зарождение цунами и распространение волн в открытом море;

на 2-м этапе оценивается интенсивность гидравлического воздействия при распространении волн цунами на берегу;

на 3-м этапе производятся расчеты показателей обстановки в районах воздействия цунами.

Рассмотрим подробнее вопросы, связанные с зарождением цунами и распространением волн в открытом море (1-й этап прогнозирования).

Цунами характеризуют магнитудой. За магнитуду цунами принят натуральный логарифм амплитуды колебаний уровня воды (в метрах), измеренный стандартным мореграфом у береговой линии на расстоянии от 3 до 10 км.

Магнитуда цунами отличается от магнитуды землетрясения. Если сейсмическая магнитуда характеризует энергию в целом, то магнитуда цунами - только часть энергии землетрясения.

Существует статистическая зависимость между сейсмической магнитудой M , магнитудой цунами m и высотой волны цунами h_0 (табл.7.1).

Таблица 7.1

Зависимость между сейсмической магнитудой,
магнитудой цунами и высотой главной волны цунами

Магнитуда землетрясения, M	Магнитуда цунами, m	Высота главной волны (h_0), м
7.5	1	2 - 3
8.0	2	4 - 6
8.25	3	8 - 12
8.5	4	14 - 20

По мере распространения волны цунами от места образования обычно формируется группа волн, порядка десяти, которые достигают берега с периодом от 5 до 90 минут. Пока не найдено определенной закономерности в вопросе о том, какая их серии движущихся к побережью волн будет иметь наибольшую высоту. Как правило, наибольшей является одна из первых трех волн.

Для определения скорости C распространения волн цунами обычно пользуются известной формулой Лагранжа

$$C = \sqrt{2qH^3}, \quad \text{м/с}, \quad (7.1)$$

где q - ускорение силы тяжести, м/с²;

H - глубина океана, м.

Эта формула предполагает дно горизонтальным и дает величины C , хорошо согласующиеся с данными наблюдений в Тихом океане.

Следовательно, время распространения волн цунами от эпицентра до берега можно определить по формуле

$$t = \frac{L}{C}, \quad \text{с} \quad (7.2)$$

где L - расстояние от эпицентра возникновения цунами до берегам;
 C - скорость распространения волн цунами, м/с.

Пауза между моментами начала регистрации землетрясения сейсмическими станциями и прихода волн к берегу может составлять для Российского побережья Тихого океана от нескольких минут до суток.

По мере продвижения волны к берегу, при пологом дне, происходит увеличение высоты волны и уменьшение ее длины. Передний склон волны становится круче.

7.1 Расчет гидравлического воздействия

Последствия цунами - результат воздействия волн на берег и расположенные на нем объекты. Масштабы воздействий зависят от разрушительной силы волны, характера и природных особенностей берега и побережья, эффективности и своевременности предпринятых спасательных и других мер по снижению размеров ущерба. Сила воздействия цунами может быть снижена лесными массивами и пересеченным рельефом местности побережья. Хорошо защищены от цунами закрытые бухты, огражденные узкими скалистыми воротами, где во время цунами наблюдается лишь повышение уровня воды (бухты Авачинская, Владивостокская).

Наибольшему воздействию катастрофической волны подвержены равнинные побережья. При клинообразной в плане формы залива и рельефа прибрежной территории (например, в долине реки) высоты водяных валов сильно возрастают.

Основными разрушающими факторами при воздействии цунами являются:

- гидростатическое давление;
- давление гидравлического потока;
- размывающее действие;
- транспортирующее действие.

Интенсивность гидравлического воздействия на сооружения можно оценить давлением гидравлического потока. Цунами сопровождаются мощными потоками воды по равнинным побережьям и долинам рек. Рассмотрим распространение цунами на берегу.

Глубину гидропотока у уреза воды ориентировочно можно принять равным

$$h_{yp} = 1.5 \cdot h_o, \quad \text{м} \quad (7.3)$$

где h_o - высота волны цунами (табл.5.1).

Давление гидравлического потока в основном зависит от скорости потока по берегу. Скорость распространения потока у уреза воды приблизительно можно определить по формуле

$$U_{yp} = 3\sqrt{h_o}, \quad \text{м/с} \quad (7.4)$$

3 - коэффициент с размерностью, м^{1/2}/с.

Сопrotивление движению потока в гидравлических расчетах учитывается коэффициентом шероховатости

$$n = \frac{1}{U_{yp}} \cdot h_{yp}^{0.7} \cdot i^{0.5}, \quad (7.5)$$

где i - уклон берега.

Дальность S_k распространения воды по берегу зависит от уклона берега, шероховатости, а также глубины потока в конечной рассматриваемой точке. Хорошую сходимость по определению дальности распространения потока воды с натурными данными получают по формуле

$$S_k = \frac{h_{yp}(1-n) - h_k}{i(1-n)}, \quad \text{м}, \quad (7.6)$$

где h_k - глубина потока в конечной рассматриваемой точке.

Обычно принимают глубину, при которой ущерб практически не наблюдается ($h_k=0.5$ м).

Высота волны h на различных расстояниях S от берега может быть определена по формуле

$$h = (U_{yp} - i \cdot S)(1-n), \quad \text{м}. \quad (7.7)$$

Скорость распространения гидравлического потока U , где высота волны равна h , составляет

$$U = U_{yp} \left(\frac{h}{h_{yp}} \right)^{0.7}, \quad \text{м/с} \quad (7.8)$$

где U_{yp} - скорость потока у уреза воды, м/с.

Приведенной методикой пользуются для прогнозирования воздействия цунами с известными характеристиками (зародившееся цунами).

Для заблаговременного прогнозирования используются, как правило, карты цунами районирования Дальневосточного побережья России. По этой карте принимают максимально возможные уровни воды и максимальные площади затопления прибрежных районов при воздействии цунами.

При прохождении гидравлического потока мимо здания возникает сложная картина взаимодействия. Поле давлений в основном зависит от параметров волны (глубины потока, скорости), размеров и ориентации объекта относительно фронта волны.

После достижения подходящей волной фронтальной стены в первый момент происходит удар о стену. На лобовую поверхность фронтальной стены действует давление p

$$p = P_s + P_d, \text{ Па}, \quad (7.9)$$

где P_s - среднее гидростатическое давление Па;

P_d - гидродинамическое давление Па.

Среднее гидростатическое давление может быть определено по формуле

$$P_s = 1/2 \rho g h, \quad \text{Па}, \quad (7.10)$$

где ρ - плотность воды $\rho = 1000 \text{ ,/м}^3$;

g - ускорение свободного падения м/с^2 .

h - высота волны, м (ф.5.5).

Гидродинамическое давление определяется из выражения

$$P_d = 1/2 \beta \rho U^2, \quad \text{Па}, \quad (7.11)$$

где β - коэффициент лобового сопротивления ($\beta = 1.4$);

U - скорость потока, м/с (ф.5.8).

Тогда выражение для определения давления потока на сооружение будет иметь вид

$$P = \frac{1}{2} \rho (gh + \beta U^2), \text{ Па}. \quad (7.12)$$

Пример расчета.

Исходные данные: Магнитуда землетрясения $M=8$;

расстояние до берега $L=500 \text{ км}$;

средняя глубина океана $H=4000 \text{ м}$;

уклон берега $i=0,001$.

Определить: давление гидропотока на здание на расстоянии $S=2 \text{ км}$ от уреза воды.

Расчет: 1. По табл. 5.1.1. $h_o = 6 \text{ м}$.

$$2. C = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4000} = 280 \text{ м/с}.$$

$$3. T = L/c = 500000/280 = 1786 \text{ с (30 мин)}.$$

$$4. h_{yp} = 1,5 \cdot h_o = 1,5 \cdot 6 = 9 \text{ м/с}.$$

$$5. U_{yp} = 3\sqrt{h_{yp}} = 3\sqrt{9} = 9 \text{ м/с}.$$

$$6. n = \frac{1}{U_{yp}} h_{yp}^{0,7} \cdot i^{0,5} = \frac{1}{9} \cdot 9^{0,7} \cdot 0,001^{0,5} = 0,016.$$

$$7. S_k = \frac{h_{yp}(1-n) - h_k}{i(1-n)} = \frac{9(1-0,016) - 0,5}{0,001(1-0,016)} = 8492 \text{ м (8,5 км)}.$$

$$8. h = (U_{yp} \cdot i \cdot S)(1-n) = (9 \cdot 0,001 \cdot 2000)(1-0,016) = 6,9 \text{ м}.$$

$$9. U = U_p \left(\frac{h}{h_{yp}} \right)^{0.7} = 9 \left(\frac{6.9}{9} \right)^{0.7} = 8.3 \text{ м/с}.$$

$$10. P = \frac{1}{2} \rho (gh + \beta U^2) = \frac{1}{2} \cdot 1000 (9.8 \cdot 6.9 + 1.4 \cdot 8.3^2) = 82033 \text{ Па}$$

($\approx 82 \text{ КПа} = 0.82 \text{ кгс/см}^2$).

7.2 Показатели обстановки в районе воздействия цунами

Цунами вызывает массовую гибель людей, разрушает здания и другие сооружения, забрасывает на значительные расстояния от берега тяжелые объекты, в том числе и океанские суда, переворачивает железнодорожные составы. Суда, портовые сооружения и оборудование повреждаются от воздействия даже слабых волн цунами. Значительные повреждения вызываются также действием плавающих предметов и обломков.

Цунами особенно опасны для поселков, городов и сооружений, расположенных на низменных берегах океана, а также находящихся в вершине заливов и бухт, широко открытых океану и клинообразно сужающихся в сторону суши. Сюда, как в воронку, цунами нагоняет большую массу воды, которая в конце бухт огромной волной выплескивается на берег, затопляя устья и долины рек на несколько километров.

Вторичными последствиями разрушительного действия цунами могут быть пожары, возникающие в результате повреждений нефтехранилищ, пожароопасных предприятий, морских судов, повреждения электросетей. Разрушение химически- и радиационноопасных объектов, а также коммунальных систем может вызвать химические, радиационные и другие загрязнения, которые быстро распространяются на обширные территории за счет потоков воды.

Большой экономический ущерб несет вызванное цунами прекращение функционирования объектов сельского хозяйства, промышленности, энергетики, транспорта, связи и т.д.

Сильные водяные потоки вызывают смыв почвы, размыв насыпей дорог, оснований мостов. Вторичными последствиями могут быть оползни, обрушение склонов, гибель сельскохозяйственных угодий и природных ландшафтов, а также обрушение сооружений.

Вторичные последствия по размерам ущерба могут превосходить прямые последствия цунами во много раз.

Наиболее тяжелые последствия во второй половине столетия имели Курильское (1952 г.), Чилийское (1960 г.) и Аляскинское (1964 г.) цунами.

Разработку вариантов реагирования на воздействие цунами и оценку возможных последствий производят с использованием показателей. Показатели, характеризующие обстановку, целесообразно разделить на три группы:

показатели, используемые для определения вариантов реагирования на цунами;

показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;

показатели, определяющие объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения.

7.3 Показатели для определения вариантов реагирования

К основным показателям, определяющим варианты реагирования после получения сигнала о мощности и координатах землетрясения в океане, относят:

время распространения волн цунами к берегу (по формуле 5.1, 5.2);

высоту волны цунами у уреза воды (по табл. 5.1 и формуле 5.3);

дальность распространения волн на берегу (см. ф. 5.5, 5.6).

Эти показатели являются определяющими при выборе вариантов эвакуации. В зависимости от наличия времени, эвакуация населения может быть проведена экстренным способом на ближайшие возвышенные места или с использованием транспорта.

Дальность распространения волн цунами на берегу позволяет судить о масштабах защитных мероприятий. Ориентировочно этот показатель может быть определен по табл. 5.2.

Зависимость дальности распространения волн цунами на берегу от высоты волны h_{yp} на урезе воды и уклона берега i .

Таблица 7.2

Уклон берега, i	Дальность S , км, при высоте волны h_{yp} , м			Уклон берега, i	Дальность S , км, при высоте волны h_{yp} , м		
	1	5	10		1	5	10
0.001	0.5	4.5	9.0	0.010	0.05	0.5	1.0
0.005	0.1	0.9	1.9	0.015	0.03	0.3	0.6

7.4 Показатели инженерной обстановки

Для оперативного прогнозирования принято рассматривать четыре степени разрушения зданий: слабое, среднее, сильное, полное. Характеристики степеней разрушения зданий можно принимать по табл. 5.3.

К основным показателям, характеризующим инженерную обстановку в районах воздействия цунами, относятся:

количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;

количество участков, требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций;

количество аварий на коммунально-энергетических сетях;

протяженность заваленных проездов и размывтых насыпей дорог.

Количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений, характеризующих воздействие гидравлического потока.

Давления, характеризующие прочность зданий, можно определить по табл. 5.3 и 5.4. Учитывая длительность действия нагрузки от гидравлического потока, необходимо значения интервалов давлений уменьшить

в 1.5 раза. Данные, приведенные в таблице, представляют ступенчатую аппроксимацию законов определенных степеней разрушения зданий.

Давления, характеризующие воздействия гидравлического потока, определяются в соответствии с п.5.2.

Ориентировочные значения давлений, в зависимости от высоты волны в рассматриваемом месте побережья, можно определить по табл.5.3, полученной на основе обобщения расчетов.

Таблица 7.3

Зависимость давления гидропотока
на береговые преграды от высоты волн

Высота волны h , м	Давление потока, кПа
3	40
2.5	30
2	20
1.5	10
1	5

Завалы, характерные для разрушения зданий при авариях со взрывом и в районах землетрясений, не образуются. Обломки перемещаются волной на значительные расстояния.

Количество участков, требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций принимают из расчета один участок на здание, получившее сильное разрушение.

Количество аварий на КЭС принимают равным числу разрушенных коммуникаций в здании (электро, газо, тепло и водоснабжения). Ввод коммуникаций считается разрушенным, если здание получит полную или сильную степень разрушения. Водяные потоки могут вызвать затопление подземных коммуникационных каналов, что значительно увеличит объемы аварийно-технических работ.

Протяженность заваленных проездов и размытых насыпей дорог определяют, исходя из зоны затопления. Следует иметь ввиду, что практически все дороги в зонах затопления с высотой волны 2 метра и более будут разрушены. Проезды будут завалены обломками разрушенных конструкций и оборудования в пределах зоны затопления, где высота волны составляет 1 метр и более.

7.5 Показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения

К показателям, влияющим на объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения относят:

число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления;

число людей, оказавшихся без крова;

потребность во временном жилье;

пожарная, радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами.

Основным фактором, определяющим численность пострадавших и объемы спасательных работ, является зона затопления с высотой волны 1 метр и более. Число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления, ориентировочно можно определить по формуле:

$$N = S_{\text{зат}} \cdot \psi, \quad (7.13)$$

где $S_{\text{зат}}$ - площадь затопления с высотой волны не менее 1 м, км²;

ψ - плотность людей в зоне затопления, чел/км².

Число людей, оказавшихся без крова, принимается равным численности людей, проживающих в зданиях, получивших средние, сильные и полные разрушения.

Потребность в жилой площади для людей, оставшихся без крова, определяется по рекомендациям п. 3.5.

При заблаговременной оценке обстановки в районе возможного воздействия цунами поступают следующим образом. Вдоль береговой линии выделяют, как правило, пять зон разрушения гидравлическим потоком (табл. 5.4).

Таблица 7.4
Зависимость степени разрушения береговых строений
от давления гидропотока

Давление потока, Кпа	Вид разрушений
до 5	повреждения
5 - 10	слабые
10 - 20	средние
20 - 30	сильные
30 - 40	полные

Пожарная, радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами оцениваются с учетом наличия в зоне бедствия хранилищ горючего, судов и плавсредств с пожаровзрывоопасными химически- и радиационно-опасными продуктами. Хранилища с горючими веществами, продуктопроводы и суда могут быть разрушены в зоне действия волны высотой 2 м и более.

Изложенные рекомендации позволят определить основные показатели, необходимые на всех этапах разработки мероприятий по снижению ущерба

от воздействия цунами - от момента получения сигнала о зарождении цунами до ликвидации возможных последствий;

приведенные рекомендации основаны на обобщении результатов расчетов, проведенных с использованием методик п. 1.4, и анализе материалов по последствиям воздействия цунами;

показатели обстановки в дальнейшем будут использоваться для определения состава сил и средств, привлекаемых к аварийно-спасательным работам.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные факторы, приводящие к возникновению цунами ?
2. Какие показатели применяют для характеристики цунами ?
3. Какой интервал может составлять время распространения волн цунами от эпицентра?
4. Назовите основные разрушительные факторы при воздействии цунами?
5. Какие основные силы учитывают при определении давления на лобовые поверхности фронтальных сооружений?

8. Расчет аварийно-восстановительных работ на магистралях и электросетях

1. Определение сил восстановления магистральных линий электропередач

$$N_{\text{атк}}^{\text{лэп}} = \frac{375 \cdot l_{\text{раз}}^{\text{лэп}} \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (8.1)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{лэп}}$ - количество аварийно-технических команд восстановления ЛЭП;

375 – трудоемкость восстановления 1 км разрушенной ЛЭП, чел.ч;

$l_{\text{раз}}^{\text{лэп}}$ - протяженность разрушенных ЛЭП, приходящихся на один затопленный населенный пункт ($l_{\text{раз}}^{\text{лэп}} \approx 1,5 - 2,5$ км/зат.н.п.);

$n_{\text{лс}}$ - численность одной аварийно-технической команды (≈ 25 человек).

2. Определение сил восстановления магистральных кабельных линий связи

$$N_{\text{кс}} = \frac{100 \cdot l_{\text{раз}}^{\text{кв}} \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (8.2)$$

где $N_{\text{кс}}$ - количество команд связи;

$l_{\text{раз}}^{\text{кв}}$ - протяженность разрушенных кабельных линий связи, приходящихся на один затопленный населенный пункт ($\approx 1,2-1,8$ км);

100 - трудоемкость восстановления 1 км кабельных линий связи, чел.ч.

3. Определение сил ликвидации аварий на коммунально-энергетических сетях затопленной территории города

$$N_{\text{атк}}^{\text{эс}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{эс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{АС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (8.3)$$

где $N_{\text{ав}}^{\text{эс}}$ - количество аварий на электросетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{эс}} = 1,75 \cdot S_{\text{зат}}^{\Gamma}, \quad (8.4)$$

где 1,75 - количество аварий на электросетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$N_{\text{атк}}^{\text{эс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на электросетях ($n_{\text{лс}} = 24$ человека)

$$N_{\text{атк}}^{\text{вод}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{вод}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{АС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (8.5)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{вод}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на водопроводных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{вод}}$ - количество аварий на водопроводных сетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{вод}} = 1,25 \cdot S_{\text{зат}}^{\Gamma}, \quad (8.6)$$

где 1,25 - количество аварий на водопроводных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$$N_{\text{атк}}^{\text{кан}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{кан}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{АС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (8.7)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{кан}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на канализационных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{кан}}$ - количество аварий на канализационных сетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{кан}} = 1,25 \cdot S_{\text{зат}}^{\Gamma}, \quad (8.8)$$

где 1,25 - количество аварий на канализационных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$$N_{\text{атк}}^{\text{тс}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{тс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{АС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (8.9)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{тс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на канализационных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{тс}}$ - количество аварий на канализационных сетях

$$N_{av}^{tc} = 0,75 \cdot S_{zat}^{\Gamma} \quad (8.10)$$

где 0,75 - количество аварий на теплосетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км².

В выражениях (3.44), (3.46), (3.48) и (3.50) коэффициент 30 - трудоемкость ликвидации одной аварии в чел.ч.

4. Определение сил оборудования пунктов посадки (высадки):

а) для оборудования сходней (длиной 20 м) на территории города

$$N_{кзм}^{cx} = \frac{10 \cdot N_{zat}^{\Gamma} \cdot n}{300 \cdot T \cdot n_{AC}} \cdot k_c \cdot k_{\Pi}, \quad (8.11)$$

где $N_{кзм}^{cx}$ - количество команд защиты мостов для оборудования сходней ($n_{лс} = 25$ человек);

300 - численность населения на затопленной территории города, на которой должна быть оборудована одна сходня, чел;

10 - трудоемкость изготовления одной сходни, чел. ч;

б) для оборудования причалов (в виде береговой части низководного моста на деревянных опорах) 20 x 6 м

$$N_{кзм}^{пр} = \frac{100 \cdot N_{zat}^{НП} \cdot n}{T \cdot n_{AC}} \cdot k_c \cdot k_{\Pi}, \quad (8.12)$$

где $N_{кзм}^{пр}$ - количество команд по защите мостов для оборудования причалов из расчета один причал на один затопленный населенный пункт ($n_{лс} = 25$ человек)

100 - трудоемкость оборудования одного причала, чел. ч.

5. Определение сил на восстановление и строительство защитных дамб

$$N_{двк}^{дамб} = \frac{2,5 \cdot L_{раз}^d \cdot n}{T \cdot n_{LC}} \cdot k_c \cdot k_p, \quad (8.13)$$

где $N_{двк}^{дамб}$ - количество дорожно-восстановительных команд ($n_{лс} = 35$ человек);

2,5 - трудоемкость возведения 1 п.м. дамбы, чел. ч;

$L_{раз}^d$ - протяженность восстановления (возведения новых) дамб, п.м.

6. Определение сил на восстановление разрушенных дорог

$$N_{двк}^{дор} = \frac{300 \cdot L_{раз}^{дор} \cdot n}{T \cdot n_{LC}} \cdot k_c \cdot k_p, \quad (8.14)$$

где $N_{\text{двк}}^{\text{дор}}$ - количество дорожно-восстановительных команд ($n_{\text{лс}} = 35$ человек);
 $L_{\text{раз}}^{\text{дор}}$ - протяженность разрушенных дорог, км

$$L_{\text{раз}}^{\text{дор}} = 5 \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}}, \text{ км}, \quad (8.15)$$

где 300 - трудоемкость восстановления 1 п.км дороги, чел.ч.

7. Определение сил захоронения погибшего скота

$$N_{\text{бр}}^{\text{зж,крс}} = \frac{0,4 \cdot P_{\text{крс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (8.16)$$

где $N_{\text{бр}}^{\text{зж,крс}}$ - количество бригад защиты животных для захоронения крупнорогатого скота ($n_{\text{лс}} = 10$ человек);
 0,4 - трудоемкость захоронения одного животного крупнорогатого скота, чел.ч;

$$N_{\text{бр}}^{\text{зж,мрс}} = \frac{0,13 \cdot (P_{\text{мрс}} + P_{\text{св}}) \cdot n}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (8.17)$$

где $N_{\text{бр}}^{\text{зж,мрс}}$ - количество бригад защиты животных для захоронения мелкорогатого скота и свиней;
 0,13 - трудоемкость захоронения одного животного мелкорогатого скота, чел.ч.

8. Определение сил восстановления разрушенных мостов

$$N_{\text{квз}} = \frac{12 \cdot L_{\text{м}}^c \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}}}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (8.18)$$

где $N_{\text{квз}}$ - количество команд по защите мостов для восстановления разрушенных мостов;
 12 - трудоемкость восстановления одного погонного метра моста, чел.ч;
 $L_{\text{м}}^c$ - средняя длина мостов, попавших в зону затопления (общая длина разрушенных мостов принимается из расчета 1 мост на один затопленный населенный пункт).

9. Расчет потребного количества автомобильного транспорта

Расчет потребного количества автомобильного транспорта для перевозки пострадавшего населения от уреза (границы) затопления в районы расселения

$$N_{am} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{эН.i}^{am} \cdot R_i^{am}}{N_{ВМ.i}^{am} \cdot T} \cdot k_c \cdot k_{\Pi} \cdot k_T, \quad (9.1)$$

где N_{am} - количество автотранспорта, необходимого для перевозки пострадавшего населения;

$N_{эН.i}^{am}$ - количество пострадавшего населения, перевозимого i -ым видом автотранспорта, чел;

$N_{ВМ.i}^{am}$ - вместимость i -го вида автотранспорта, чел;

R_i^{am} - продолжительность i -го автотранспорта, ч.

ПРИМЕЧАНИЕ: В выражениях (9.1) $\sum N_{zат.i}^{пс}$ и $\sum N_{эН.i}^{am}$ должны быть равны общей численности населения (животных), попавших в зону наводнения.

Для реализации положений изложенных в пунктах 1-6 необходимо подготовить данные по:

численности городского населения, попавшего в зону затопления;

площади затопления городской застройки;

количеству населенных пунктов сельской местности, попавших в зону затопления;

численности животных, попавших в зону затопления.

Численность городского населения, попавшего в зону затопления $N_{zат}^{\Gamma}$

$$N_{zат}^{\Gamma} = S_{zат}^{жз} \cdot q^{\Gamma}, \quad \text{чел}, \quad (9.2)$$

где q^{Γ} - плотность населения городской застройки, чел/км² (по статистическим данным);

$$S_{zат}^{жз} = b_{zат}^{жз} \cdot l_{zат}^{жз}, \quad \text{км}^2, \quad (9.3)$$

где $l_{zат}^{жз}$ - протяженность затопленной городской застройки (для прогноза можно принимать равной протяженности города вдоль реки, снимаемой с плана города), км;

$b_{zат}^{жз}$ - ширина затопления жилой зоны, км,

$$b_{zат}^{жз} = \frac{H_{\Gamma} - h_{1b}}{tg \alpha_1} - l_1, \quad (9.4)$$

где H_{Γ} - максимальная высота паводка в створе города;

h_{1b} - высота берега от уреза воды;

α - угол уклона местности в створе города;

l_1 - горизонтальное расстояние от берега до городской застройки,

км.

Выражение (9.4) справедливо при расположении города на одном берегу реки.

При $b_{\text{zat}}^{\text{жз}} \leq 1$ город не затопливается.

При расположении города по обоим берегам ширина затопления определяется

$$b_{\text{zat}}^{\text{жз}} = \frac{H_{\Gamma} - h_{1b}}{\text{tg} \alpha_1} - l_1 + \frac{H_{\Gamma} - h_{2b}}{\text{tg} \alpha_2} - l_2, \quad (9.5)$$

где h_{2b} - высота второго берега от уреза воды;

α_2 - угол уклона местности второго берега;

l_2 - горизонтальное расстояние от берега до городской застройки на втором берегу, км.

Значения показателей h , l и α в выражениях (9.4) и (9.5) определяются по плану местности или непосредственным замером.

Количество населенных пунктов сельской местности определяется по топографической карте после нанесения на нее границы затопления. При попадании населенного пункта на границы затопления, определение характера и площади затопления этого населенного пункта можно провести по методологии города, по выражениям (9.2-9.5).

Численность населения сельской местности, попавшей в зону затопления, определяется по статистическим данным численности населения, проживающего в затопленных населенных пунктах.

Численность сельскохозяйственных животных, попавших в зону затопления, определяется так же, как и населения.

Потери сельскохозяйственных животных, попавших в зону затопления, могут составить:

крупнорогатого скота $P_{\text{крс}} = 0,02 \cdot N_{\text{крс}}$, ГОЛОВ;

мелкорогатого скота $P_{\text{мрс}} = 0,05 \cdot N_{\text{мрс}}$, ГОЛОВ;

свиней $P_{\text{св}} = 0,005 \cdot N_{\text{св}}$, ГОЛОВ,

где $N_{\text{крс}}$, $N_{\text{мрс}}$, $N_{\text{св}}$ - соответственно, численность животных, попавших в зону затопления.

Список литературы

1. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях Г. П. Саков, М. П. Цивелев, И. С. Поляков-М.; ЗАО "Папирус" 1998-166с.
2. Болт Б. Землетрясения. — М.: Мир, 1981. 12.
3. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях мирного времени: Учеб. пособие/10. Л. Варшамов, Л. А. Михайлов, А. В. Старостенко и др. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 1999. 13.
4. Гостюшин А. Энциклопедия экстремальных ситуаций. — М.: Зеркало, 1994. 15.
5. Котляревский В. А. Аварии и катастрофы, предупреждение и ликвидация последствий: Учеб. пособие: В 3 кн. Кн. 2. — М.: АСВ, 1996. 26.
6. Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯ В при авариях на химически опасных объектах и транспорте , ШГО СССР - М.. 1990.