

УДК 502.58; 504.056; 502.58.001.18

С.В. Горбунов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев

Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Аннотация

В статье рассматриваются основные технологии оперативного и долгосрочного прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, приводятся алгоритмы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и оценки вероятности их возникновения.

Ключевые слова: прогнозирование; природные чрезвычайные ситуации; техногенные чрезвычайные ситуации; технологии прогнозирования.

Содержание

Введение

1. Технологии долгосрочного и оперативного прогнозирования чрезвычайных ситуаций

2. Научно-методические аспекты прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Заключение

Литература

Введение

Опыт ликвидации крупных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, имевших место в новейшей истории, показывает, что своевременный прогноз их возникновения приводит к существенному снижению масштабов и смягчению последствий воздействия источников ЧС.

Среди всех источников чрезвычайных ситуаций в первую очередь необходимо отметить **источники природных ЧС**, такие как эндогенные опасные геофизические явления (землетрясения, извержение вулканов); экзогенные геологические явления (лавины, сели, оползни, карст и т.п.); морские и материковые гидрологические опасные явления (цунами, циклоны, наводнения); гидрогеологические опасные явления, связанные с уровнем грунтовых вод; природные лесные, степные и торфяные пожары; инфекционные заболевания людей и сельскохозяйственных животных, эпифитотии.

К **источникам техногенных ЧС** относятся: транспортные аварии, пожары и взрывы в промышленном и жилом секторе; аварии с выбросом опасных химических, радиоактивных и биологически опасных веществ; обрушение зданий и сооружений; аварии на энергетических системах и объектах ЖКХ.

Кроме этого, в последнее время участилась реализация террористических угроз, которые в первой половине XXI века имеют тенденции к нарастанию. Многообразие источников предъявляет особые требования к технологиям прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций предполагает определение времени и места ЧС, вероятности наступления ЧС (и в первую очередь, вероятности возникновения источника чрезвычайной ситуации), возможного характера и масштаба чрезвычайных ситуаций.

Современные технологии прогнозирования чрезвычайных ситуаций можно условно подразделить на технологии **долгосрочного** прогнозирования и технологии **оперативного** (краткосрочного) прогнозирования опасных природных явлений (ураганов, смерчей, наводнений, природных пожаров, цунами и др.).

При подготовке прогнозов рассматриваются все возможные источники чрезвычайных ситуаций, характерные для региона. Это особенно важно при оценке возможности возникновения каскадных ЧС по типу эффекта «домино». Последствия последнего землетрясения в Японии наглядно показали реализацию этой возможности. Действительно, 11 марта 2011 года началось 9-бальное землетрясение у острова Хонсю на глубине 24 км. Из-за подземных толчков автоматически останавливаются 1, 2, 3 энергоблоки АЭС Фукусима 1. Толчки спровоцировали дополнительное отключение АЭС от японской энергетической системы. Для охлаждения АЭС задействовали резервные дизель-генераторы. Менее, чем через час по АЭС ударила первая волна цунами, которая повредила аварийный конденсатор, предназначенный для охлаждения пара. Через 15 минут вторая, 14-метровая волна цунами затопила сооружения Фукусимы и вывела из строя резервные дизель-генераторы (кроме одного под-

земного), что через несколько часов привело к частичному расплаву топлива и мощному взрыву паровоздушно-водородной смеси, разрушившему бетонную оболочку реактора. Авария отнесена к 6–7 уровню по международной шкале, но до уровня чернобыльской аварии не дошло, так как сами ядерные реакторы не были разрушены и диспергированное топливо по счастливой случайности не попало в окружающую среду. Таково содержание эффекта домино для рассматриваемого случая.

1. Технологии долгосрочного и оперативного прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Оперативные (краткосрочные) прогнозы имеют целью получение исходных данных о возможной обстановке для принятия решений о защите населения и территорий от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций. Оперативное прогнозирование базируется на комплексных технологиях, которые включают: технологии мониторинга, технологии математического моделирования, геоинформационные технологии.

К технологиям мониторинга следует отнести: наблюдение за состоянием природной среды, критически важными и потенциально опасными объектами;

сбор и обработку информации и оценку характеристик природной и техногенной опасности; экспертно-аналитические технологии.

Актуальными технологиями математического моделирования в первую очередь являются:

экспериментальные методы моделирования природных и техногенных процессов; численные методы моделирования; использование действующих моделей и инженерных расчетов.

Геоинформационные технологии включают: создание и ведение банка данных; интерпретацию первичной информации; обработку данных для последующего использования в расчетах, моделировании и прогнозах.

Для повышения эффективности оперативного прогнозирования существенной является формализация методов и моделей.

Центром «Антистихия» разработаны автоматизированные системы краткосрочного (оперативного) прогноза ЧС природного и техногенного характера, в которых реализованы упомянутые выше технологии. Эти системы функционируют как на федеральном, так и региональном уровнях во всех региональных центрах МЧС России.

Такие системы позволяют рассчитать спектр вероятностей возникновения различных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с детализацией до уровня территории субъектов РФ и объектов федерального значения.

В целях формализации реагирования на прогнозы, представляемые в виде спектра вероятности различных уровней ЧС приказом МЧС утвержде-

ны «Рекомендации по реагированию на краткосрочные, оперативные прогнозы». При этом оправдываемость прогнозов по оценкам специалистов центра «Антистихия» достаточно высокая и составляет 85–90 процентов [1].

Долгосрочное прогнозирование имеет целью оценку комплексных рисков чрезвычайных ситуаций с учетом вероятности их возникновения и возможного ущерба.

Технологии долгосрочного прогнозирования используют методологию анализа и управления рисками. Результаты долгосрочного прогноза являются исходными данными для:

определения сосредоточения основных усилий органов управления в области реагирования на ЧС, разработки паспортов безопасности территорий, критически важных и потенциально опасных объектов;

разработки перспективных и текущих планов по предупреждению и ликвидации ЧС;

разработки федеральных и региональных целевых программ по снижению масштабов и смягчению последствий прогнозируемых чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

К основным технологиям долгосрочного прогнозирования относятся:

технологии сценарного моделирования; статистическая обработка данных мониторинга и прогнозов;

экстраполяция данных на контролируемых территориях;

методы и технологии картографического анализа рисков;

ведение баз данных сценариев возникновения и развития ЧС с учетом вероятностных распределений во времени и пространстве;

экспертно-аналитические технологии долгосрочного прогнозирования.

В настоящее время существенные усилия в области прогнозирования ЧС сосредоточены на создании информационно-аналитических технологий. Эти технологии позволяют контролировать параметры состояния природной среды, и с помощью соответствующих математических моделей оперативно прогнозировать возникновение и развитие опасных природных процессов, которые приводят к чрезвычайным ситуациям.

Положительный опыт создания подобных технологий имеется и может быть продемонстрирован на примере формирования технологии прогнозирования паводковой обстановки. Надежный контроль уровня воды, снежных запасов, толщины льда, температуры воздуха и других параметров в сочетании с адекватными математическими моделями процесса позволяют с высокой точностью прогнозировать масштабы и последствия паводковых наводнений (рис. 1).

В настоящее время высокую степень проработки имеет технология прогнозирования лесных пожаров, в основе которой лежит комплекс взаи-

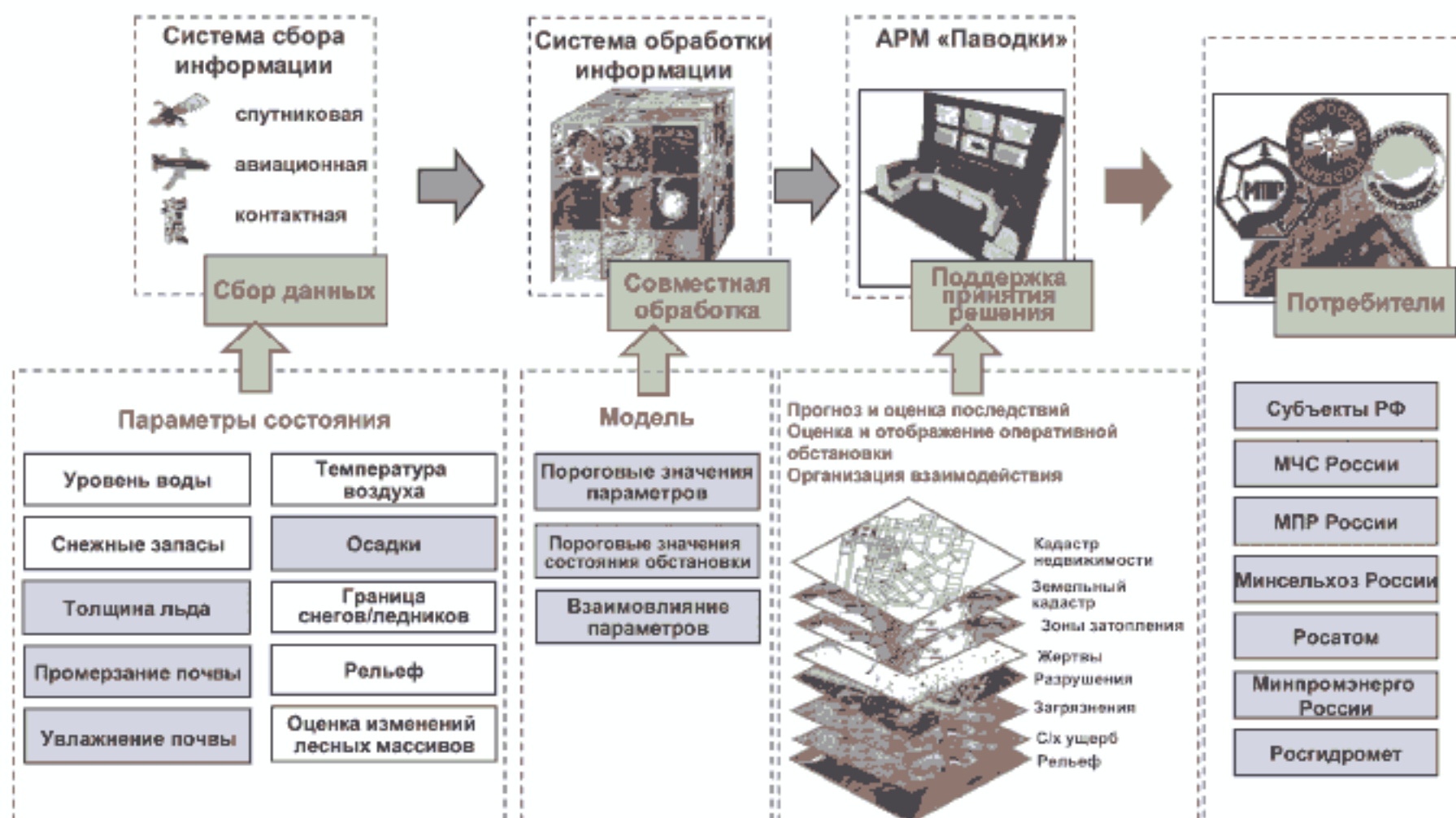


Рис. 1. Технология прогнозирования паводковой обстановки

мосвязанных метеорологических характеристик (количество и динамика осадков, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра), параметры и состояние лесного покрова и др.

Определенные успехи достигнуты в прогнозировании ураганов, схода снежных лавин, экстремальных осадков и других опасных гидрометеорологических явлений. Достоверность таких прогнозов может достигать до 70–80 %.

В настоящее время в научно-техническом плане решена проблема создания информационно-аналитических технологий, позволяющих контролировать параметры состояния потенциально опасных объектов.

Для прогнозирования возможных аварийных последствий нарушения режимов нормальной эксплуатации может быть использован программный комплекс, разработанный ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России совместно с ИРИС-СОФТ.

Комплекс базируется на совокупности сценариев развития аварий на основных типах потенциально опасных объектах, что позволяет в реальном масштабе времени оценивать возникающие риски и возможные последствия.

Основной научно-технической проблемой дальнейшего развития технологий прогнозирования является повышение достоверности как долгосрочных, так и оперативного прогнозирования.

Необходимо отметить, что для различных чрезвычайных ситуаций акценты в этом плане существенно различаются.

Так, по данным Метеоинфо для метеорологических прогнозов оправдываемость тем выше, чем меньше срок прогнозирования. Это обусловлено мас-

сивом информации, необходимой для прогноза. Например, прогноз на 2 дня требует обстановки на территории нескольких тысяч километров, а на неделю – на всем земном шаре.

Поэтому прогнозы более чем на неделю основываются на методе аналогии и носят в общем-то случайный характер.

Совсем иное наблюдается при прогнозировании землетрясений и схода снежных лавин, когда оправданность долгосрочных прогнозов достаточно высокая, а об оправданности оперативных мы можем говорить лишь с достаточной степенью условности.

Какова бы ни была природа сил, порождающих землетрясения, с точки зрения механики в ходе определенных процессов в недрах Земли в твердом веществе верхних слоев планеты нарастают механические напряжения, проявляющиеся в виде упругих деформаций. Когда механические напряжения превышают предел прочности недр в какой-то точке и ее окрестностях, тогда там и происходит быстрая пластическая деформация пород, то есть вертикальный и горизонтальный сдвиг, в результате происходит землетрясение в окрестностях этой самой точки.

Механическая модель землетрясения, отражающего его основные черты, может быть наглядно реализована в простейшем эксперименте (рис. 2). Пусть на шероховатой поверхности лежит брусок, давящий на поверхность силой своего веса.

На него через длинную пружину с малым коэффициентом жесткости действует крюк лебедки, движущийся с постоянной, причем очень малой скоростью. Учитывая, что сила трения покоя суще-

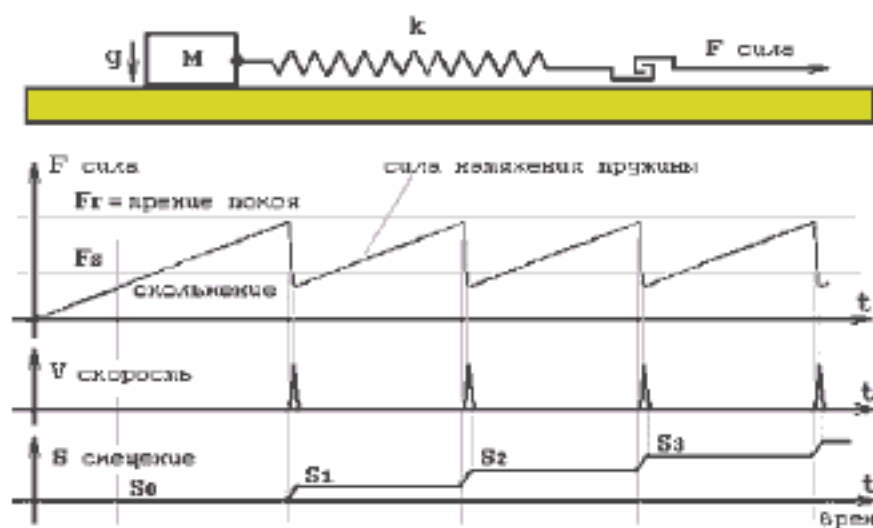


Рис. 2. Механическая модель землетрясения

ственно выше силы трения скольжения, то мы будем наблюдать следующую картину. Когда сила, действующая на брусок со стороны пружины, превосходит силу трения покоя, брусок начинает двигаться сначала с положительным ускорением, а затем движение затухает.

В результате происходит сдвиг бруска относительно первоначального положения, однако далее брусок останется неподвижным до следующего превышения силы трения покоя. Из сказанного следует, что для прогнозирования землетрясений необходимо знать: текущий предел прочности пород, текущее механическое напряжение, прогноз изменения прочности и напряжений на ближайшее и будущее время. Тем самым понятно, почему не удавались краткосрочные прогнозы в отличие от долгосрочных. При долгосрочном прогнозе неявно делается упор на оценку главных движущих сил, пусть даже нам неизвестных, которые порождают землетрясение.

В краткосрочных же прогнозах решающую роль могут играть второстепенные факторы – так называемый эффект бабочки. Вклад этих факторов ничтожно мал, но они могут существенно повлиять на время конкретного проявления действия глобальных сил.

Таким образом, предсказать момент начала землетрясения без учета этих быстроменяющихся, казалось бы, второстепенных сил, невозможно. Отметим, что картина начала землетрясения полностью аналогична началу схода снежной лавины.

Весомый вклад в повышение достоверности оперативных прогнозов опасных природных процессов и техногенных аварий может внести широкое применение космических технологий (рис. 3).

Например, на основе космических технологий можно собирать и обрабатывать сведения о положении точек земной поверхности, изменение взаиморасположения которых позволяет судить о нарастающих упругих деформациях.

Но все не так просто, потому что земная кора и действующие на нее силы – это не просто пружина и крюк лебедки, а целый «континуум пружин» с различными коэффициентами упругости и разнонаправленными действующими силами. Кроме этого, механические напряжения передаются через твердую земную кору за многие тысячи километров от места возникновения до места, где эти напряжения измеряются и действуют.

Вместе с тем, исследования из космоса позволяют отслеживать температурные режимы океана, материков и атмосферы, динамики лесных массивов, степные, лесные и торфяные пожары, паводковую обстановку, загрязнения атмосферы и гидросферы, вулканическую деятельность, проводить исследования предвестников землетрясений. Последних известно около 600. К наиболее изученным относится увеличение выноса водорода и теплового потока из недр земли, что приводит к возмущениям в ионосфере, которые и фиксируются спутниками. Практическая задача сводится к тому, чтобы научиться интерпретировать эти возмущения и связывать их интенсивность (или иные параметры) со сроком и силой землетрясения.

2. Научно-методические аспекты прогнозирования чрезвычайных ситуаций

В общем случае прогнозирование рассматривается как исследовательский и расчетно-аналитический процесс, целью которого является получение вероятностных данных о будущем состоянии и характере развития прогнозируемого явления, состоянии и определяющих параметрах функционирования систем или объекта [3].

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций направлено на определение:



Рис. 3. Космические технологии прогнозирования

места возможного возникновения чрезвычайных ситуаций;

вероятности появления чрезвычайных ситуаций;

потенциально возможных негативных последствий чрезвычайных ситуаций.

Различные стороны и аспекты прогнозирования чрезвычайных ситуаций широко рассмотрены в научной литературе и специальных источниках.

В целом процесс прогнозирования чрезвычайных ситуаций может быть представлен принципиальной схемой, приведенной на рис. 4.

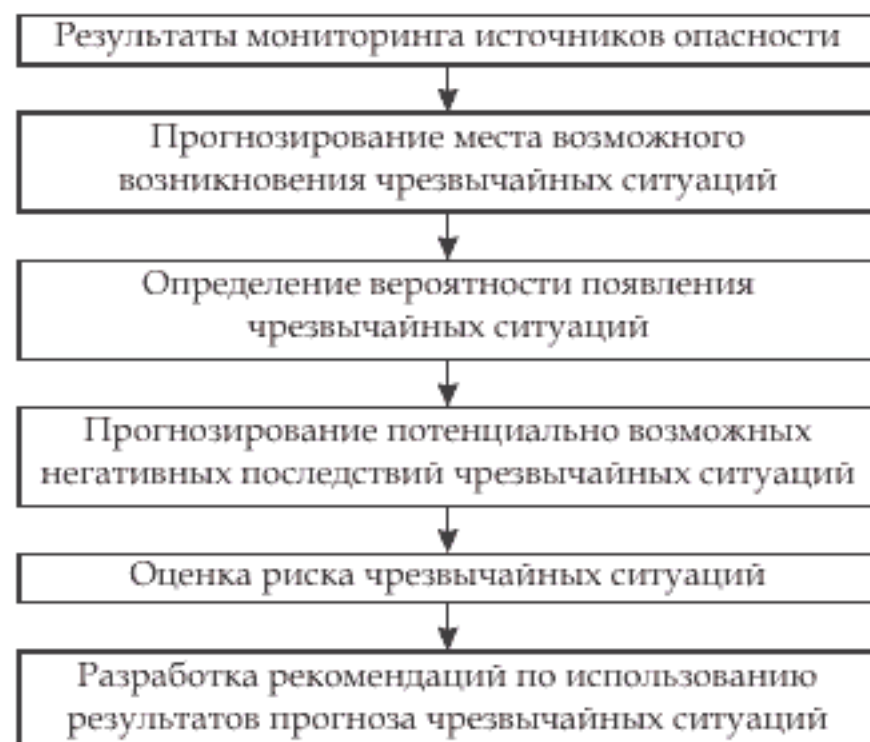


Рис. 4. Принципиальная схема прогнозирования чрезвычайных ситуаций

На всех этапах прогнозирования чрезвычайных ситуаций используется общий методический порядок действий:

сбор и анализ необходимых исходных данных;

выбор и разработка математического аппарата, необходимого для прогнозирования;

статистический анализ или моделирование процесса;

выполнение необходимых расчетных процедур;

оценка достоверности получаемого прогноза.

Прогнозирование места возможного возникновения чрезвычайных ситуаций базируется на пространственном распределении потенциальных опасностей по территории страны.

Изучение природно-климатических условий позволило определить распределение природных опасностей по регионам страны (табл. 1) [4].

Распределение потенциальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера определяется размещением по территории страны опасных производственных объектов (табл. 2).

Природные и техногенные опасности возникновения чрезвычайных ситуаций детализируются вплоть до конкретного места их размещения.

Таблица 1

Распределение природных опасностей по территории Российской Федерации

Регион	Возможные природные опасности
Северо-Западный	Затопления и наводнения, штормовые ветры, смерчи, ливни, град, снежные заносы, террасные и лесные пожары, сильные снегопады, обледенения, землетрясения, ураганы
Центральный	Наводнения, штормовые ветры, ливневые дожди, снежные заносы, сильные морозы, торфяные и лесные пожары, затопления
Северо-Кавказский	Затопления и наводнения, землетрясения, оползни, сели, снежные лавины, лесные пожары, ураганы, песчаные бури, пыльные бури
Приволжско-Уральский	Наводнения, обильные снегопады, смерчи, лесные и торфяные пожары, затопления, половодья
Сибирский	Сильные ветры, ураганы, суховеи, ливни, снежные заносы, метели, снегопады, сильные морозы, наводнения, землетрясения, лесные пожары, сейсмические опасности, паводки
Дальневосточный	Землетрясения, цунами, муссонные ливни, тайфуны, затопления

Таблица 2

Распределение техногенных опасностей по территории Российской Федерации

Регион	Количество потенциально опасных объектов		
	радиационно опасных	химически опасных	взрыво-, пожаро опасных
Северо-Западный	13	390	2350
Центральный	35	800	990
Северо-Кавказский	6	700	1400
Приволжско-Уральский	30	810	1600
Сибирский	18	460	800
Дальневосточный	7	440	270

С точки зрения прогнозирования места возможного возникновения чрезвычайных ситуаций эффективным средством оперативного прогнозирования являются географические информационные системы, позволяющие математически моделировать возникновение чрезвычайных ситуаций на конкретных территориях на основе обработки картографических и других данных об опасных природных явлениях и техногенных объектах. На практике успешно применяется созданная в нашей стране глобальная географическая информационная система «Экстремум».

Прогнозирование места возможного возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных террористическими проявлениями, основывается на оценках таких факторов как значимость возможного объекта террористического воздействия (критически важные или особо опасные объекты), уровня его физической защиты и активности террористических проявлений на определенной территории.

Подход к определению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций может быть определен на основании общего процесса, когда вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций может быть представлена как

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3, \quad (1)$$

где P — вероятность возникновения чрезвычайной ситуации;

P_1 — вероятность появления источника опасности, обуславливающего возможность возникновения чрезвычайной ситуации;

P_2 — вероятность образования опасного воздействия на объект защиты;

P_3 — вероятность непосредственного возникновения чрезвычайной ситуации, инициируемой опасным воздействием.

Конкретный вид расчетных зависимостей для показателей зависит от конкретных рассматриваемых ситуаций для природных, технических, военных и социально-биологических опасностей и объектов.

Так прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера включает прогноз катастрофического развития природных процессов и явлений отдельно: геологических (землетрясения, извержения вулканов, оползни, обвалы, сели и др.); гидрометеорологических (тайфуны, цунами, наводнения, паводки); климатических (засухи, пожары); биологических (эпидемии, нашествия саранчи и других вредителей), а также совместного их влияния.

Эти виды прогнозов дифференцируются в соответствии со специфическими условиями.

Для геологических процессов, как источников чрезвычайных ситуаций, выделяются пространственная (глобальные, региональные, локальные), временная (долгосрочные, краткосрочные и сезонные) и активностная (с учетом механизмов трансформации геологической среды) составляющие прогнозов.

В частности для прогнозов селей, как источников чрезвычайных ситуаций выявляются селевые бассейны или водотоки, в которых ожидается активация селевого процесса в течение периода активации селей, и определяются вызывающие их причины — аномальное выпадение осадков, весеннее снеготаяние, интенсивное таяние ледников, прорыв запрудных озер.

Для гидрометеорологических и климатических процессов, как возможных предпосылок чрезвычайных ситуаций, характерно прогнозирование с

учетом тенденций изменения основных определяющих параметров:

для температуры воздуха — с учетом потепления климата;

для атмосферных осадков — учетом роста среднегодовых осадков для середины и конца 21-го века;

для баланса воды в почве — с учетом усиления испарения с поверхности суши и уменьшения влагосодержания почвы;

для поверхностных вод — с учетом изменения речного стока на большинстве водосборов;

для состояния подземных вод — с учетом возможного перераспределения подземного стока в различных регионах.

Прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров, как источников чрезвычайных ситуаций производится на основе данных о:

классе пожарной опасности в лесу по условиям погоды;

местоположении и площади участков лесного массива, где лесные горючие материалы могут гореть при появлении источников огня;

рельефе местности;

наличии потенциальных источников огня;

грозовой деятельности;

ретроспективном распределении пожаров по времени и по территории рассматриваемого региона.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных техногенными причинами, определяется на основании использования двух групп методов:

на основе статистического анализа и

на основе моделирования возникновения чрезвычайных ситуаций.

При прогнозировании вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на основе статистического анализа используются данные о количестве возникших техногенных чрезвычайных ситуаций в течение определенного времени.

В этом случае определяется количество чрезвычайных ситуаций в течение выбранного промежутка времени:

$$\alpha_{cp} = \frac{N}{T} \text{ шт./ед. времени}, \quad (2)$$

где α_{cp} — среднее количество чрезвычайных ситуаций в течение заданного промежутка времени, например, среднегодовое;

N — общее количество чрезвычайных ситуаций техногенной природы, произошедших в течение периода времени T .

Тогда величина

$$\lambda = 1/\alpha_{cp}, \quad (3)$$

может рассматриваться как частота возникновения чрезвычайных ситуаций, в первом приближении представляется как вероятность возникновения

чрезвычайной ситуации P на рассматриваемом промежутке времени, т.е.

$$\lambda \approx P.$$

При прогнозировании вероятности возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций на основе моделирования составляются типовые сценарии возникновения этих ситуаций применительно к реализуемым технологическим процессам.

Характерной особенностью этого подхода является моделирование развития техногенной чрезвычайной ситуации от инициирования чрезвычайной ситуации до появления поражающего воздействия.

Примеры типовых сценариев развития техногенных чрезвычайных ситуаций приведены на рис. 5 – рис. 9.

Для рассмотренных типовых сценариев возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций вероятность взрыва заряда взрывчатого вещества, повреждение или разрушение радиационно-опасного производственного элемента, выброса токсичных веществ, выбросы горючих веществ и возникновение аварийной ситуации на гидротехническом сооружении могут быть идентифицированы с вероятностью P_3 непосредственного возникновения чрезвычайной ситуации, инициируемой опасным воздействием в зависимости (1). Расчетные зависимости для вероятности указанных событий определяются условиями конкретного производства.

В случае когда $P_1 = P_2 = 1$ (что характерно для чрезвычайных ситуаций техногенного характера) $P = P_3$, т.е. вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций определяется вероятностью возникновения причин, непосредственно вызывающих эти ситуации с образованием соответствующих поражающих факторов.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных причинами военного характера, определяется принимаемым сценарием военных действий.

В качестве гипотетического примера такого сценария на рис. 10 приведена схема построения системы разведки и предупреждения о воздушно-космическом нападении.

Обозначая через

P_{1p} – вероятность преодоления воздушно-космическими средствами противника первого эшелона разведки и предупреждения;

P_{2p} – вероятность преодоления воздушно-космическими средствами противника второго эшелона разведки и предупреждения;

P_{3p} – вероятность преодоления воздушно-космическими средствами противника третьего эшелона разведки и предупреждения.

в первом приближении получаем

$$P_2 = P_{1p} \cdot P_{2p} \cdot P_{3p}, \quad (4)$$

и при $P_1 = 1$ имеем

$$P = P_{1p} \cdot P_{2p} \cdot P_{3p} \cdot P_{3'}, \quad (5)$$

где величина $P_{3'}$, как показано выше, определяется вероятностью возникновения причин, непосредственно вызывающих чрезвычайные ситуации, что рассмотрено применительно к техногенным чрезвычайным ситуациям.

При прогнозировании вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных угрозами биолого-социального характера, рассматриваются массовые инфекционные заболевания, случаи карантинных и особо опасных инфекций, а также превышение среднесуточных уровней заболеваемости и смертности.

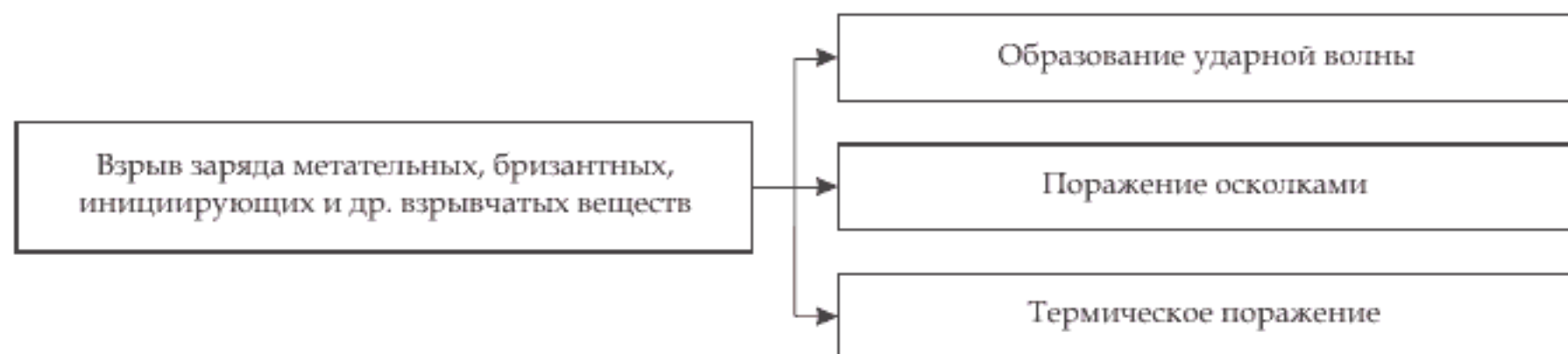


Рис. 5. Типовой сценарий возникновения техногенной чрезвычайной ситуации, вызванной взрывчатыми веществами



Рис. 6. Типовой сценарий возникновения техногенной чрезвычайной ситуации при повреждении или разрушении радиационно-опасного производственного элемента

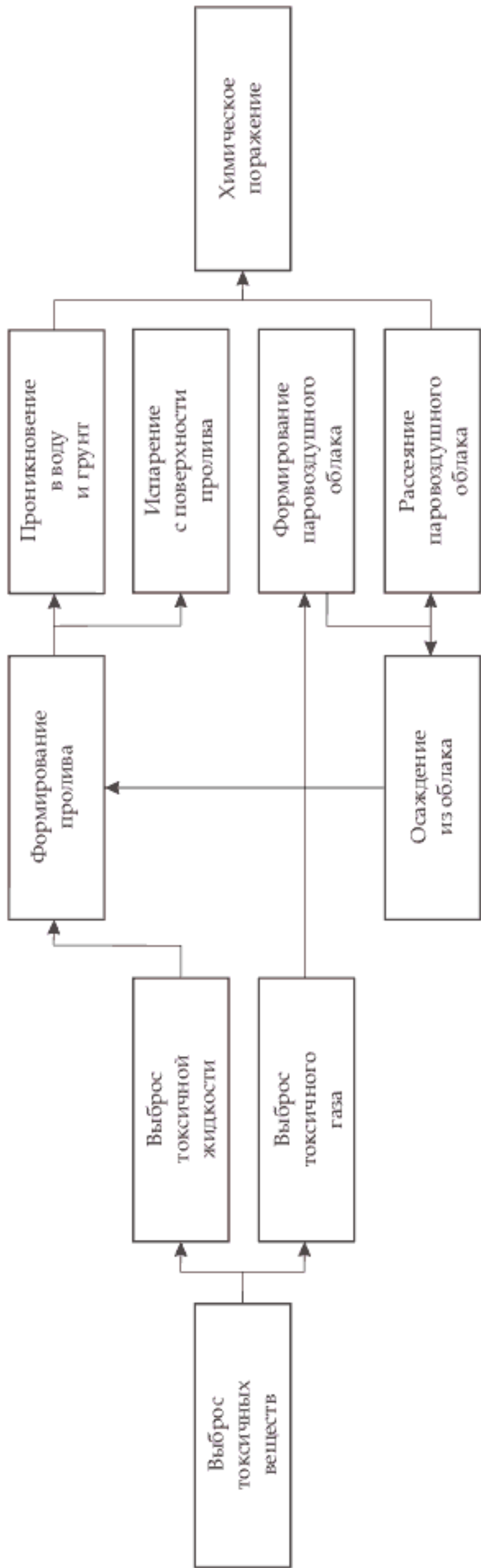


Рис. 7. Типовой сценарий возникновения техногенной чрезвычайной ситуации при выбросе токсичных веществ

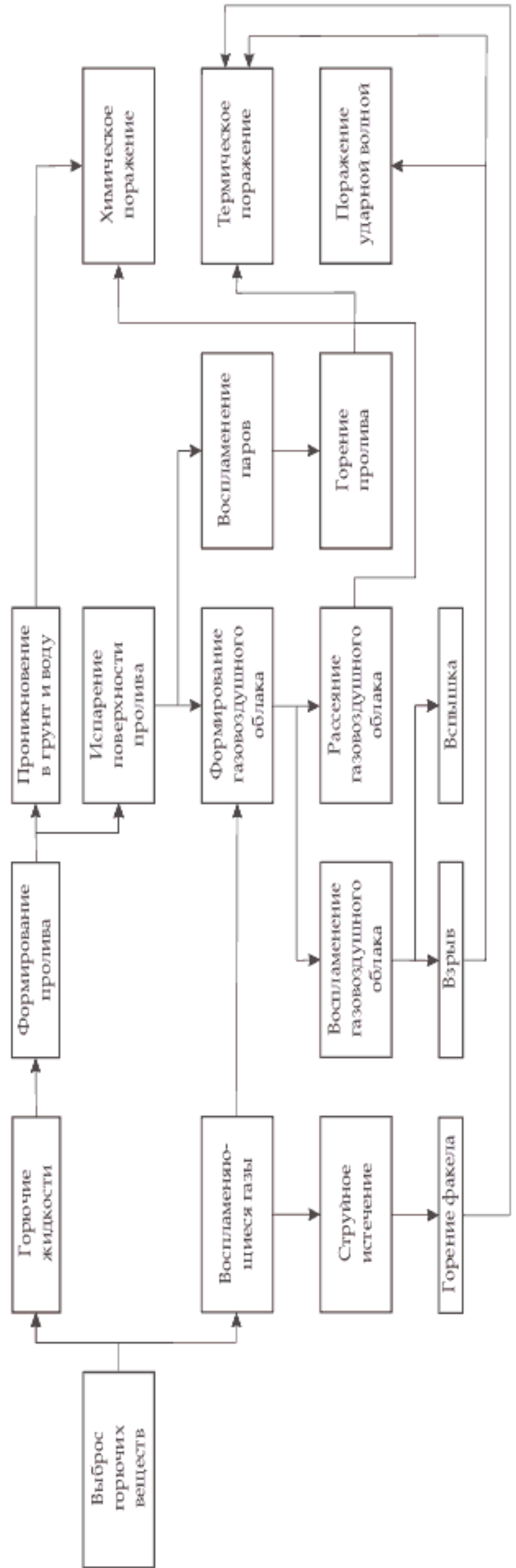


Рис. 8. Типовой сценарий возникновения техногенной чрезвычайной ситуации на взрывопожароопасном производстве

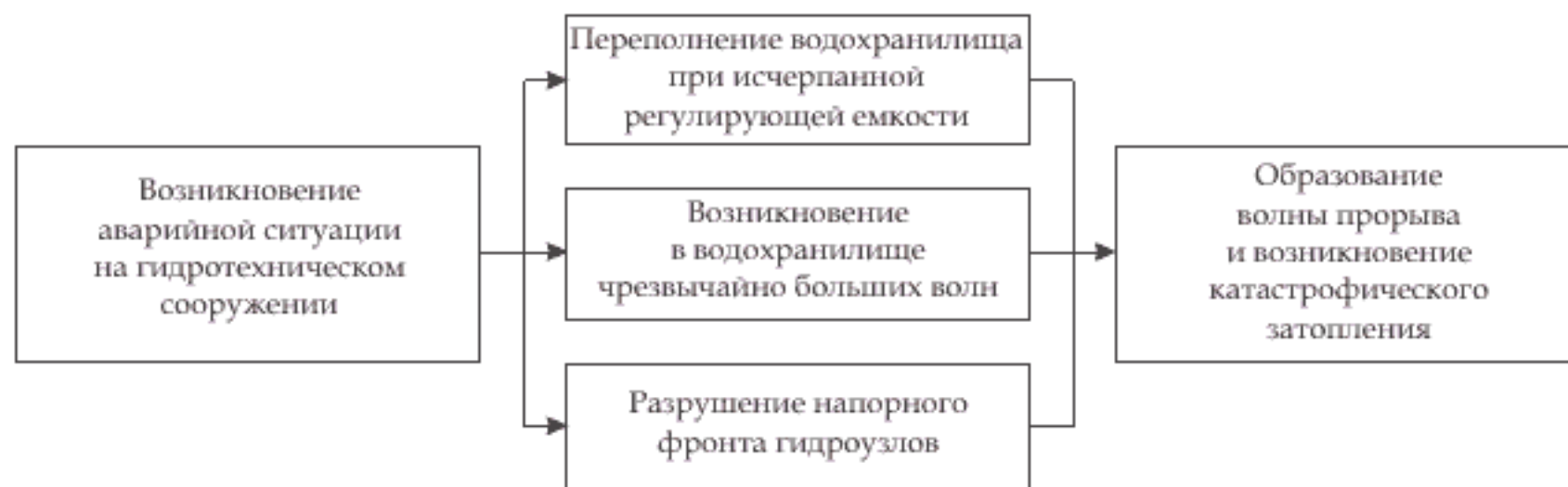


Рис. 9. Типовой сценарий возникновения техногенной чрезвычайной ситуации на гидротехническом сооружении

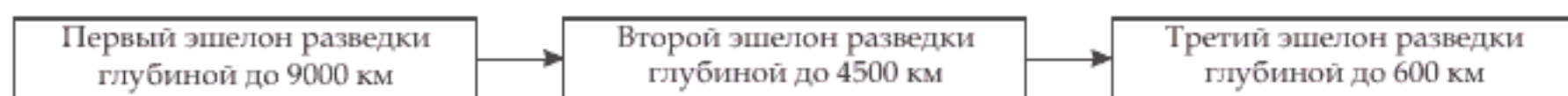


Рис. 10. Схема построения системы разведки и предупреждения о воздушно-космическом нападении

Основой прогнозирования в этом случае являются результаты мониторинга потенциальных источников биолого-социальных объектов и территорий, статистические данные фоновых показателей инфекционной заболеваемости людей и животных.

Применительно к опасностям террористического характера вероятность возникновения террористической угрозы может быть определена [5] как

$$\gamma = 10^{-(P_0 + P_1 + P_2 + P_3)}, \quad (6)$$

где γ – вероятность возникновения террористической угрозы;

P_0 – интегральная характеристика частоты возникновения террористической угрозы на территории Российской Федерации, $P_0 = 4$;

P_1 – показатель потенциальной опасности объекта, $-1 \leq P_1 \leq 1$;

P_2 – показатель уровня физической защиты объекта, $-1 \leq P_2 \leq 1$;

P_3 – показатель, характеризующий территорию, на которой расположен защищаемый объект, $-1 \leq P_3 \leq 1$.

Применительно к выражению (1) $\gamma = P_1$, а величина P_2 может рассматриваться как вероятность осуществления террористического воздействия на объект. В этом случае

$$P_2 = P_n \cdot P_{4u}, \quad (7)$$

где P_n – вероятность проникновения нарушителя к критически важному элементу объекта, воздействие на который может инициировать возникновение техногенной чрезвычайной ситуации;

P_{4u} – вероятность осуществления несанкционированных действий в отношении критически важного элемента объекта.

На основании моделирования возникновения чрезвычайных ситуаций террористического характера

$$P_n = P_{ин} (1 - P_2 \cdot P_3), \quad (8)$$

где $P_{ин}$ – вероятность преодоления нарушителем физической защиты объекта;

P_2 – вероятность обнаружения действий нарушителя;

P_3 – вероятность пресечения действий нарушителя при его обнаружении.

Рассмотренные подходы к определению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций характеризует особенности этого определения применительно к различным типам угроз, вызывающих эти чрезвычайные ситуации и с другой стороны иллюстрируют весь объем сложностей и объема этой составляющей процесса прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Разносторонние показатели последствий чрезвычайных ситуаций за счет их выражения в стоимостной форме могут быть сведены к единому показателю ущерба, обусловленному возникновением чрезвычайных ситуаций.

Величина ущерба \mathcal{E} за счет чрезвычайной ситуации в общем виде может быть представлена как

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4, \quad (9)$$

где \mathcal{E}_1 – ущерб за счет потерь населения, учитывающий: ущерб за счет безвозвратных потерь; ущерб за счет санитарных потерь;

\mathcal{E}_2 – материальный и финансовый ущерб в производственно-бытовой сфере, учитывающий: ущерб в промышленном производстве; ущерб в сельском хозяйстве и других отраслях; ущерб в сфере инфраструктуры; ущерб в области жилого фонда и имущества граждан;

\mathcal{E}_3 – ущерб окружающей природной среде, учитывающий: компенсацию ущерба окружающей среде; ущерб животному и растительному миру; затраты на восстановление качества природной среды;

\mathcal{E}_4 ущерб за счет необходимости предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, учитывающий: затраты на эвакуацию населения; затраты на проведение спасательных и других неотложных работ; затраты на жизнеобеспечение пострадавшего населения; затраты на выплату населению компенсаций.

Прогнозирование величины ущерба за счет чрезвычайных ситуаций на основе выражения (9) производится при помощи известных методик [6] оценки воздействия поражающих факторов при возникновении чрезвычайных ситуаций, показанных на рисунках 2–6.

С учетом неопределенности возникновения чрезвычайных ситуаций в качестве наиболее общего показателя их последствий принимается величина показателя риска W , определяемая как

$$W = P \cdot \mathcal{E}. \quad (10)$$

Нормативы уровней рисков чрезвычайных ситуаций, обусловленных природными и техногенными причинами, установленные «Руководством по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации» [7] и распространенные на чрезвычайные ситуации, обусловленные военными и биолого-социальными угрозами определяют области опасности возникающих чрезвычайных ситуаций и требуемые меры по обеспечению защищенности объектов от этих ситуаций (табл. 3).

Определение величины риска является завершающей операцией в общей процедуре прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Заключение

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является сложной научно-практической задачей.

Технологии такого прогнозирования учитывают:

источники чрезвычайных ситуаций;

сбор и обработку исходной информации, получаемой при мониторинге опасностей, обуславливающих возникновение чрезвычайных ситуаций;

Разработку моделей возникновения чрезвычайных ситуаций и методов прогнозирования их основных показателей;

оценку последствий и рисков чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. *Болов В.Р.* Применение современных технологий, методов мониторинга и прогнозирования в обеспечении системы управления в кризисных ситуациях. Средства спасения. Противопожарная защита. Российские инновационные системы № 10.
2. *Шумилов В.Н.* Закон Архимеда и землетрясения. Киев. Изд. Ника-Принт, 2005.
3. Гражданская защита. Энциклопедия МЧС России. ЗАО ФИД «Деловой экспресс», М.: 2007.
4. *Шахраманьян М.А., Акимов В.А., Козлов К.А.* Оценка природной и техногенной безопасности России. Теория и практика. ВНИИ ГОЧС. М.: 1998.
5. *Исаев В.С., Макиев Ю.Д., Малышев В.П., Таранов А.А., Камзолкин В.Л.* Методика оценки эффективности мероприятий по повышению устойчивости функционирования критически важных объектов и объектов жизнеобеспечения в условиях угроз террористического характера. 2010.

Таблица 3

Нормативы уровней рисков в чрезвычайных ситуациях

Вероятность возникновения P		Последствия чрезвычайных ситуаций			
федеральный уровень	региональный уровень	малосущественные	существенные	тяжелые	катастрофические
$1 \cdot 10^{-1}$	1				
$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$				
$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$				
$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$				
$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$				
$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$				
$<1 \cdot 10^{-6}$	$<1 \cdot 10^{-5}$				

Область неприемлемого риска. Требуется принятие специальных мер по обеспечению защищенности объекта защиты.

Область повышенного риска. Требуется принятие определенных мер по обеспечению защищенности объекта.

Область приемлемого риска. Специальных мер по защите объекта не требуется.

6. Комплекс методик прогнозирования возможной обстановки при нанесении ударов современными средствами поражения и объемов выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ. ЦСИ ГЗ, ВНИИ ГОЧС, М.: 1997.
7. Методика оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций. Проблемы анализа риска. Том 4, 2007, № 4.

Октябрь 2011 года.

Сведения об авторах:

Горбунов Сергей Валентинович; ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России; e-mail: csi430@yandex.ru; 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7; д.т.н.; доцент; главный специалист;

Макиев Юрий Дмитриевич; ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России; e-mail: csi430@yandex.ru; 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7; д.т.н.; профессор; главный специалист;

Малышев Владлен Платонович; ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России; e-mail: csi430@yandex.ru; 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7; д.х.н.; профессор; заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный специалист.