

УДК 502.58 "313"

ОЦЕНИВАНИЕ РИСКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КРЫМА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

В.У. Стоянов¹, д.т.н., проф., М.В. Бакулина², к.т.н., В.В. Стоянов², препод.

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

²Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
г. Симферополь

Рассматривается методика прогнозной оценки риска проживания населения на территориях северной части Крымского полуострова при комплексном воздействии землетрясений, аварий на гидродинамических и потенциально опасных промышленных объектах, с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ, позволяющая использовать полученные данные в геоинформационных технологиях передачи данных и автоматизированных системах выработки управленческих решений по гражданской защите.

Введение

Аномальные природные процессы, вызвавшие затопление огромных территорий, еще раз подтвердили вывод о том, что глобальное потепление климата планеты ведет к росту количества стихийных и опасных явлений [1]. В современных условиях вода является одним из основных факторов возникновения чрезвычайных ситуаций на Крымском полуострове. На территории Крыма находится 1657 рек и временных водоемов общей протяженностью 5,9 тыс. км, 300 озер из которых 59 общегосударственного значения и 241 местного. Площадь земель, занимаемых водными объектами, 2166 км². На большей части этих объектов установлены плотины, дамбы, водоперепускные сооружения [2]. В зоне их подпорного влияния происходит подтопление земель, снижение прочности пород и активизация эндогенных и экзогенных геологических процессов. К подтоплениям наиболее склонны северные районы Крыма, расположенные в присивашской низине: Красноперекоский, Джанкойский, Нижнегорский, Советский, Ленинский. В период паводков общая площадь зон затопления в Крыму может достигать 4300 км². В зонах возможного затопления может оказаться 127 населенных пунктов, 29000 зданий с населением 87,6 тысяч человек, 237 км линий электропередач [3].

Не менее тяжелые последствия будут иметь чрезвычайные ситуации, связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГТС). Разрушения ГТС происходят в результате действия сил природы (землетрясения, ураганы, ливневые дожди), техногенных аварий, конструктивных дефектов, ошибок проектирования. В случае их разрушения возникают зоны катастрофического затопления. Проведенный анализ показал, что большинство административно-территориальных единиц автономии подвержены комплексному воздействию, связанному с перерастанием гидрологических природных катастроф в техногенные аварии с химическим заражением окружающей среды. Характерным для катастрофического затопления при разрушении ГТС является значительная

скорость распространения (3...25 км/ч), высота (10...20 м) и ударная сила (5...10 т/м²) волны прорыва. Вследствие этого явления на территории северного Крыма возможны разрушения или повреждения таких химически опасных объектов, как Красноперекопский ВАТ «Бром», ВАТ «Крымский северный завод», «Крымский Титан» - город Армянск. В зону воздействия волны прорыва и затопления, кроме промышленных и административных объектов, могут попасть больницы, детские и учебные заведения, магазины, клубы и другие, что приведет к заражению окружающей среды, появлению огромного, исчисляемого десятками тысяч количества жертв и многочисленных убытков [4, 5].

Постановка цели научной работы

В последние годы в Украине развивается новый подход к обеспечению гражданской защиты объектов хозяйствования, населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях на основе управления безопасностью, с использованием экспериментальных систем. Данные системы являются продуктом новой области искусственного интеллекта, позволяющего использовать для принятия решений не только количественную, но и слабо формализованную качественную информацию.

Целью данной работы является разработка методики, прогнозной оценки опасности проживания населения северных районов Крымского полуострова, с учетом возможных эндогенных и экзогенных геологических процессов затоплений и заражения территорий, для принятия решений по снижению риска с использованием экспертных систем.

Задача исследования предусматривает оценивание вероятности последовательного и комплексного воздействия опасных природных явлений и техногенных аварий на безопасность проживающего населения северных районов Крыма.

Методика оценки риска проживания населения северной части полуострова Крыма

Правительственная информационно-аналитическая система по вопросам чрезвычайных ситуаций (ПИАС ЧС) для улучшения и повышения эффективности работы, проводимой органами исполнительной власти, предусматривает внедрение современных компьютерных и телекоммуникационных средств и новых информационных технологий для принятия оперативных решений на проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ. Методология оценивания риска охватывает широкий спектр взаимосвязанных проблем и разных этапов: идентификацию и анализ факторов риска, моделирование сценариев развития опасных событий, управление риском [6].

Основой для проведения оценки риска проживания населения на данной территории является ее эколого-геологический мониторинг. Процедура проведения мониторинга состояния территорий должна основываться на базе данных картографической информации относительно природных условий и техногенных факторов, которые определяют это состояние. Опыт свидетельствует, что для обработки больших массивов данных, их анализа и оперативного обеспечения достоверной информацией относительно экологического состояния окружающей среды необходимо использовать современные геоинформационные системы и специализированное программное обеспечение [7].

В данной работе для решения задачи комплексного оценивания рисков жизнедеятельности на исследуемой территории и управления ими в условиях чрезвычайных ситуаций разработан алгоритм (рис. 1), адаптированный для реализации в автоматизированном режиме средств или геоинформационных систем.

Территория АР Крым имеет довольно сложные физико-географические условия. Особенности расположения рассматриваемых районов и атмосферных процессов, присущих для них, создают условия возникновения стихийных явлений, способных привести к техногенным авариям на потенциально опасных объектах [8].

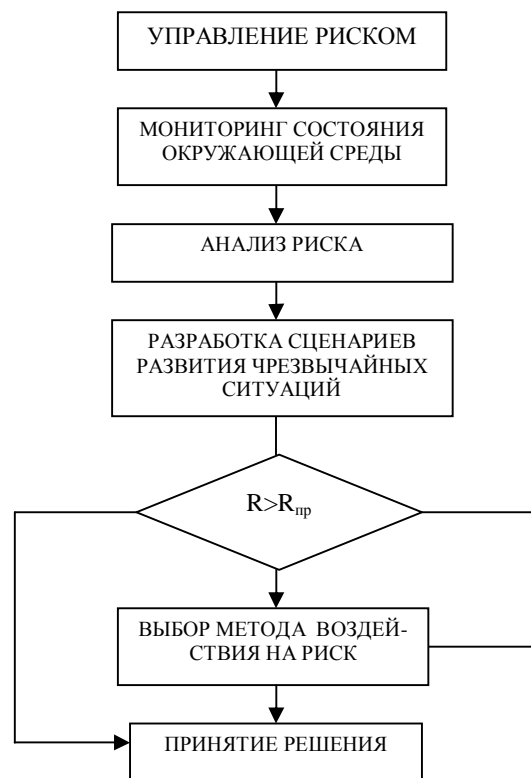


Рис. 1. Принципиальная схема управления территориальным риском, где $R_{пр}$ – приемлемый уровень риска территории, устанавливаемый законодательными документами

Чаще всего на территориях северного Крыма наблюдаются очень сильные и сильные осадки (дожди, снегопады, снег с дождем) с ветром и сильными морозами. Аномальные природные явления вызывают подтопление данных территорий интенсифицируют экзогенные и эндогенные экологические процессы (рис. 2).

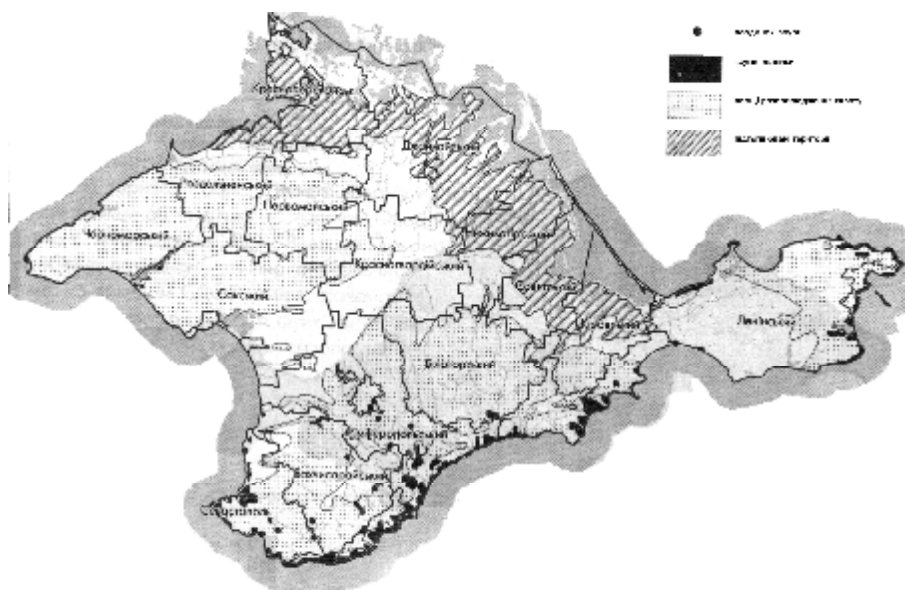


Рис. 2. Площади АР Крым, подверженные воздействию опасных экзогенных геологических процессов

Характеристика районов северного Крыма, пораженных экзогенными геологическими процессами, представлена в табл. 1. Для регулирования стоков на подтапливаемых территориях создаются озера, пруды, перекачивающие и дренажные насосные станции. Например, площадь зеркала озер в Красноперекопском районе составляет 92,2 км², прудов 2995 га, а в зоне подтопления уже сегодня находится 22 села и 1709 усадеб.

Т а б л и ц а 1

Административно-территориальные единицы северного Крыма, попадающие в зоны опасных экзогенных геологических процессов

№ п/п	Наименование территории	Площадь, тыс. км ²	Пораженность территории опасными экзогенными геологическими явлениями, км ²		
			Оползни	Карст	Подтопление
1	Красноперекопский	1,4	–		782,2
2	Джанкойский	2,7			1108
3	Раздолинский	1,2		1110	156,2
4	Первомайский	1,4		1120	17,4
5	Нижнегорский	1,2			698,7

При комплексном воздействии нескольких природных явлений, например, дождей со снегом при шквальном ветре, экзогенных и эндогенных процессах, плотины, подпорные дамбы, водопропускные сооружения на гидроузлах и водохранилищах становятся объектами повышенной опасности. Крым относится к сейсмически опасному региону Украины с прогнозной интенсивностью сейсмического воздействия 6...9 баллов (рис. 3). По прогнозу при максимальной балльности площадь землетрясения на территории региона составит 15500 км², количество городов и населенных пунктов, попадающих в прогнозируемую зону, составляет 535 с населением 1528 человек.

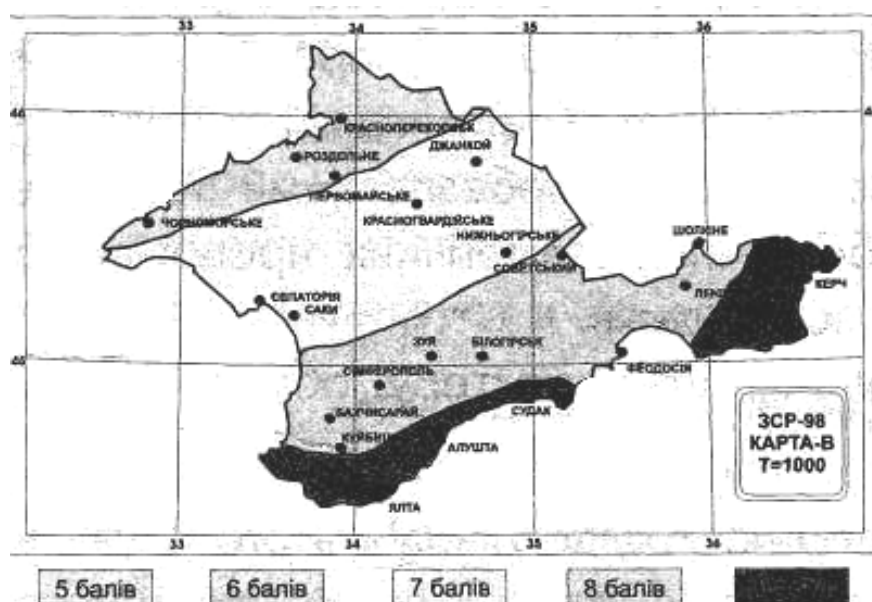


Рис. 3. Общее сейсмическое районирование Крымского полуострова

Не меньшую опасность для проживающего населения рассматриваемых административных районов северной части полуострова представляют аварии на химически опасных объектах, к числу которых относятся Красноперекопский ВАТ «Бром», ВАТ «Крым-

ский содовый завод» и ЗАТ «Крымский титан» - г. Армянск, в зоне возможного химического заражения каждого из которых проживает более 3,0 тыс. чел. Распределение потенциально опасных объектов по территории АР Крым показано на рис. 4. Характеристика зон химического заражения северных территорий Крыма представлена в табл. 2.

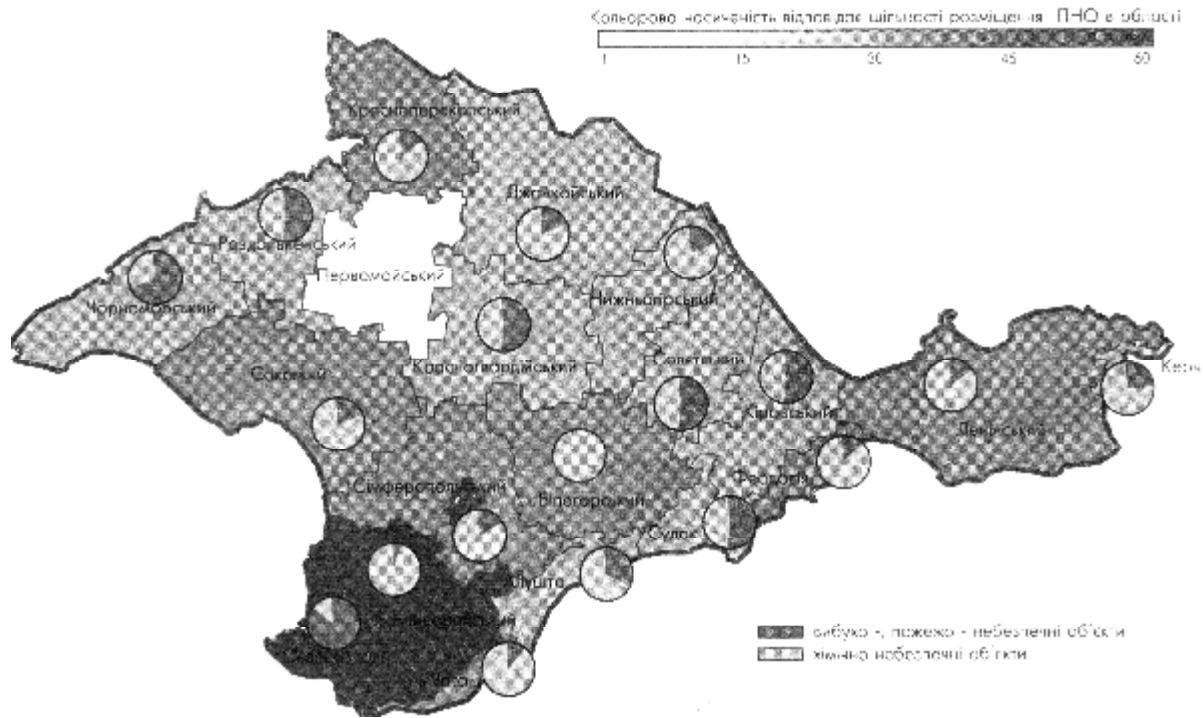


Рис. 4. Распределение потенциально опасных объектов по территории АР Крым

Т а б л и ц а 2

Административно-территориальные единицы северного Крыма, попадающие в зону заражения при аварии на Красноперекопском ВАТ «Бром»

№ п/п	Наименование территории	Площадь, тыс. км ²	Часть территории, входящая в ЗВХЗ, %	Количество населения, тыс. чел.	Количество населения в ПЗХЗ, тыс. чел.
1	Красноперекопский	1,4	100	30,6	30
2	Джанкойский	2,7	2	123,7	0,8
3	Раздолинский	1,2	11	35,1	0,05
4	Первомайский	1,4	11	36,8	0,03
5	Нижнегорский	1,2	11	54,6	0,06
6	Красногвардейский	1,8	2	89,96	-

Примечание. ЗВХЗ – зона возможного химического заражения, ПЗХЗ – потенциальная зона химического заражения.

Взаимосвязь перечисленных угроз обуславливает многоаспектный характер проблемы обеспечения безопасности населения, проживающего на территориях повышенной сейсмической, гидродинамической и химической опасности.

Решение этих проблем, как показывает существующий опыт, должно базироваться на результатах комплексного оценивания рисков жизнедеятельности.

В существующих методиках оценка риска R для населения от ЧС природного и техногенного характера определяется как математическое ожидание людских потерь и может быть представлено зависимостью вида [9]

$$R_{is}(W_j) = P_s(W_j) \cdot V_{sj}(W_j) \cdot V_{nt}(W_j), \quad (1)$$

где $R_{is}(W)$ – индивидуальный риск гибели на территории S от j -го типа поражающих воздействий W_j (1/год);

$P_s(W_j)$ – вероятность проявления на территории S поражающих воздействий W_j (случаев/год);

$V_{sj}(W_j)$ – физическая поражаемость территорий S от негативных воздействий W_j , что определяется отношением площади пораженной части территории $S(W_j)$ к ее общей площади S (доли единицы);

$V_{nt}(W_j)$ – временная поражаемость населения, что определяется вероятностью оказаться на территории S во время воздействия поражающего фактора (доли единицы).

Как известно, вероятность двух независимых опасных явлений, проявляющихся на данной территории отдельно, например землетрясений и химических аварий, определяется как сумма вероятностей этих значений, то есть если

$$W_j = I + D,$$

то

$$P(I + D) = P(I) + P(D). \quad (2)$$

В случае одновременного проявления на данной территории землетрясения и химической аварии вероятность суммарного события определится с использованием зависимости

$$P(I \cdot D) = P(I) + P(D) - P(I) \cdot P(D), \quad (3)$$

где $P(I + D)$ – вероятность раздельного проявления землетрясения и химической аварии на территории как двух независимых опасных явлений;

$P(I \cdot D)$ – вероятность совместного воздействия на территорию (объект) двух опасных явлений;

$P(I)$ – вероятность возникновения землетрясения интенсивностью I баллов;

$P(D)$ – вероятность аварии на химически опасном объекте с выбросом опасных химических веществ в окружающую среду.

Рассмотрим природно-техногенный риск проживания населения северной части Крыма на примере Красноперекопского района, на территории которого существует комплекс природных и техногенных угроз, включающий землетрясения, аварии на химически опасных объектах (ВАТ «Бром» 300 т хлора) и наводнения (при наличии уже подтопленных зон) (см. рис. 2, 3, 4).

Для оценки риска при возможном проявлении трех опасных явлений примем, что их воздействие может осуществляться как последовательно

$$W_j = I + D + h, \quad (4)$$

так и одновременно

$$W_j = I \cdot D \cdot h, \quad (5)$$

где I , D , h – поражающие факторы, характеризующие воздействие землетрясения, химической аварии и затопления, соответственно.

Тогда риск воздействия каждого из поражающих факторов можно определить зависимостью вида

$$R_I(I) = P_I(I) \cdot V_I(I) \cdot K_I(I); \quad (6)$$

$$R(D) = P_D(D) \cdot V_D(D) \cdot K_D(D); \quad (7)$$

$$R(h) = P_h(h) \cdot V_h(h) \cdot K_h(h), \quad (8)$$

где $P_I(I)$, $P_D(D)$, $P_h(h)$ – вероятность возникновения землетрясения, химической аварии, затопления на рассматриваемой территории (случ./год)

$V_I(I)$, $V_D(D)$, $V_h(h)$ – уязвимость территории от возможного воздействия землетрясений, химических аварий, затопления (части единицы);

$K_I(I)$, $K_D(D)$, $K_h(h)$ – пространственная уязвимость населения в условиях землетрясений, химических аварий и наводнений (части единицы).

Уязвимость территорий от проявления опасных техногенных, экзогенных и эндогенных процессов (землетрясений, наводнений, подтоплений) определяется отношением пораженной части территории к ее общей площади с использованием оцифрованных карт и средств геоинформационных технологий (систем). Практическая реализация разработанного в структуре ПИАС ЧС алгоритма осуществляется с использованием соответствующей информационной базы, содержащей данные (табличные, картографические, тестовые) относительно Красноперекопского района (см. рис. 2, 3, 4 и табл. 1, 2), и не вызывает особых сложностей.

Достоверность, а значит, и эффективность принимаемых управленческих решений по снижению риска проживания на рассматриваемой территории в этом случае во многом зависит от принимаемых вероятностных показателей $P_I(I)$, $P_D(D)$, $P_h(h)$ по формулам (6) – (8), рассматриваемых опасных событий. Для решения этих задач разрабатываются многочисленные математические модели и методики, описывающие процессы перехода объектов поражения и окружающих территорий в то или другое состояние в зависимости от показателей источника опасности и их свойств.

Проведенный анализ показал, что большинство из методик, описывающих возможные сценарии техногенных аварий, предназначены для оценки материальных ущербов в результате аварий и негативных воздействий на производственный персонал. При использовании этих методик вероятность возникновения аварии на химических объектах в Красноперекопском районе определяется как среднегодовая частота химически опасных аварий АР Крым, официальная статистика по которым отсутствует. В связи с этим для прогнозирования используются осредненные по стране статические данные. Так, вероятность аварии с выбросом хлора принимается $5,7 \cdot 10^{-3}$ в год, аммиака $3,7 \cdot 10^{-3}$ в год, окислов углерода и азота $6,7 \cdot 10^{-4}$ в год.

Отсутствует в АР Крым статистика по определению вероятности аварий на гидродинамически опасных объектах (грунтовых плотинах водохранилищ, подпорных дамб, водоперепускных сооружений).

Анализ природно-климатических условий территорий Северного Крыма

Проведенный анализ показал, что основными внешними причинами аварий на гидротехнических сооружениях Северного Крыма могут быть сверхрасчетное землетрясение; сверхрасчетный ливень, сверхрасчетный паводок; потеря внешнего электропитания.

К внутренним причинам аварий относятся отказы механического оборудования водосброса, нарушение фильтрационной прочности грунтов тела или основания плотины, нарушение статической устойчивости низовой призмы грунтовой плотины, нарушение водонепроницаемости противофильтрационных элементов плотины.

Сложность расчета вероятности рассматриваемых опасных событий, характерных для Красноперекопского района, определяется особенностями ландшафта района, наличием неблагоприятных природных и техногенных факторов, слабой степенью изученности причин их проявления. В случае, когда не существует зависимость между проявлением отдельных опасных событий на данной территории, возможно использование статистики случайной реализации этих явлений с использованием вероятностных модулей.

Для примера рассмотрим методику расчета вероятности техногенного события, связанного с разрушением опасного гидротехнического сооружения (плотины на территории Красноперекопского района). Анализ природно-климатических условий территорий Северного Крыма, показателей природных и техногенных воздействий на ГТС, компоновка сооружений, их конструкций и опыт эксплуатации позволяют считать, что возможны следующие основные сценарии возникновения и развития аварий, способных привести к чрезвычайным ситуациям:

A1 – локальное разрушение участка грунтовой плотины вследствие возможной потери статической устойчивости плотины или фильтрационной прочности грунтов тела (основания плотины) или сверхрасчетного землетрясения, что может привести к переливу в зоне локального понижения гребня на разрушенном участке плотины. Следствием перелива будет дополнительный размыв разрушенного участка плотины, образование прорана, волны прорыва и затопление нижнего бьефа;

A2 – перелив через гребень грунтовой плотины в паводок при снижении пропускной способности водосброса, возможном вследствие отказов механического оборудования водосбросных устройств, при потере внешнего электропитания оборудования водосбросных устройств. Следствием перелива будет размыв участка плотины, образование прорана в теле плотины, волна прорыва и затопление нижнего бьефа.

Иные сценарии аварий, возможных на ГТС северных районов полуострова, как показывает предварительный анализ опасностей, к ЧС привести не могут и поэтому далее не рассматриваются. Блок-схема анализа основных вероятных сценариев возникновения и развития аварий по ГТС Северного Крыма приведена на рис. 5.

Качественная оценка риска основных сценариев развития аварий на плотинах, подпорных дамбах, водопропускных сооружениях на гидроузлах и водохранилищах Крыма показывает, что наиболее существенным в районах подтопления является риск разрушения участка грунтовой плотины (сценарий A1). Поскольку последствия таких аварий сопровождаются образованием зон катастрофического затопления, вследствие чего возможны разрушения химически опасных объектов, зданий, нарушение работы энергосистем, транспортного сообщения, выход из строя сетей и сооружений газового хозяйства, систем связи и др.

Для количественной оценки риска по сценарию A1 использован метод анализа «дерева отказов». На рис. 6 представлено «дерево отказов», описывающего сценарий локального разрушения участка грунтовой плотины.

Табл. 3 содержит численные значения ожидаемых среднегодовых частот опасных событий и инцидентов, способных инициировать данный сценарий.

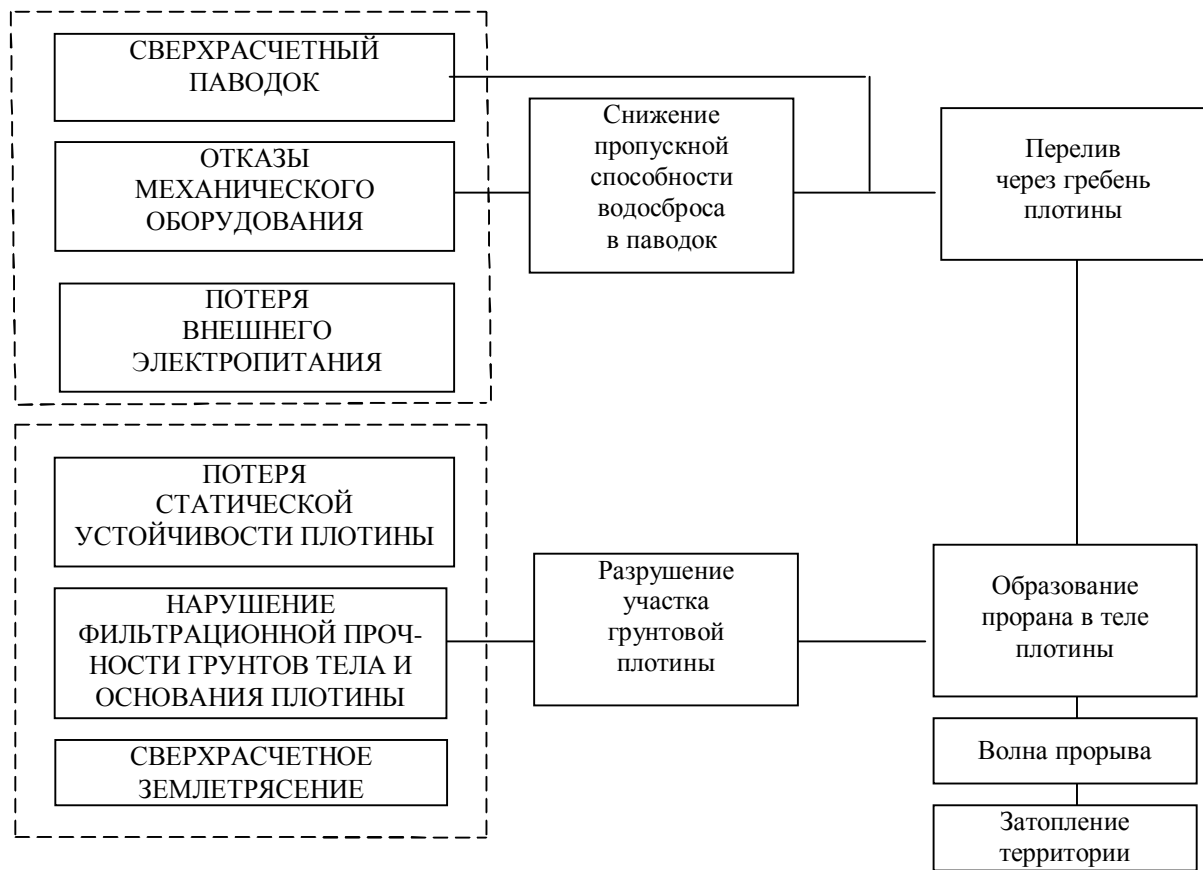


Рис. 5. Блок-схема анализа основных вероятных сценариев возникновения и развития аварий на ГТС

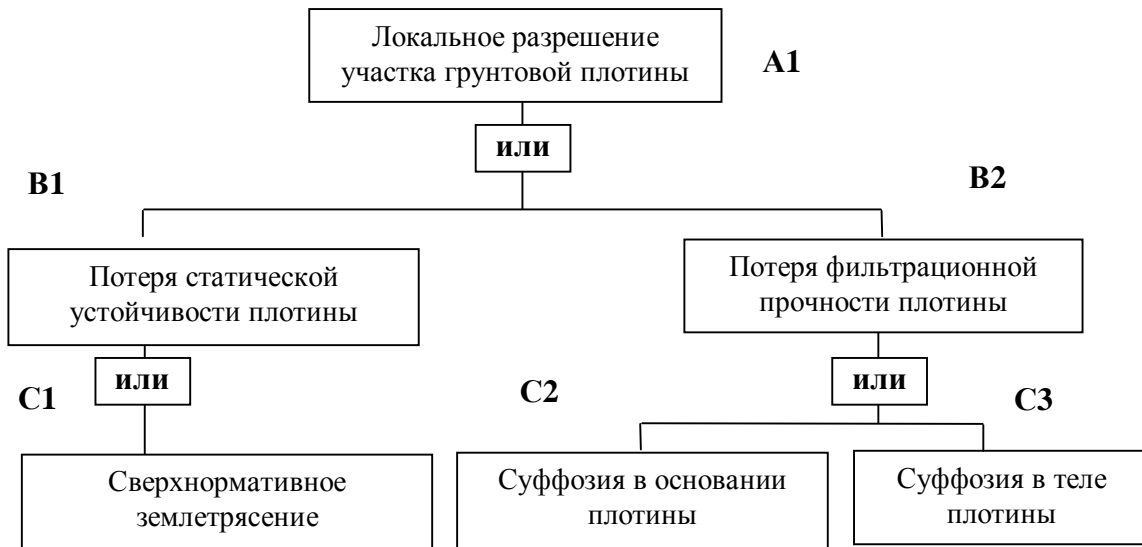


Рис. 6. «Дерево отказов» для сценария аварии А1

Численные значения ожидаемых среднегодовых частот отказов элементов плотины

Обозначение элемента «дерева отказов»	Наименование элемента «дерева отказов»	Среднегодовая частота отказа Р, 1/год
В1	Потеря статической устойчивости грунтовой плотины	10^{-3}
В2	Потеря фильтрационной прочности грунтов плотины	10^{-5}
С1	Сверхрасчетное землетрясение	$< 10^{-3}$
С2	Суффозия основания плотины	10^{-7}
С3	Суффозия в теле плотины	10^{-6}

Решение «дерева отказов» выполняется по следующим зависимостям:

$$P_{A_1}(h_1) = 1 - (1 - P_{B_1}) \cdot (1 - P_{B_2});$$

$$P_{B_1} = 1 - (1 - P_{C_1}) \cdot (1 - P_{C_2});$$

$$P_{B_2} = 1 - (1 - P_{C_3}),$$

где $P_{A_1}(h_1)$ – вероятность разрушения плотины по сценарию А1 развития аварий.

Таким образом, при принятых значениях ожидаемых частот опасных событий и инцидентов вероятность локального разрушения участка плотины на подтапливаемых территориях Северного Крыма равна $P_{h_1}(h_1) = 10^{-3}$ 1/год.

Возможные поражающие факторы волны прорыва и их параметры представлены в табл. 4.

Поражающие факторы волны прорыва и их параметры

Параметры поражающих факторов	Единицы измерения	Значения параметров
Глубина потока (высота волны)	м	1,5 – слабые разрушения 4 и более – сильные и полные разрушения
Скорость потока	м/с	2 – слабые разрушения 2,5 и более – сильные и полные разрушения

Качественная характеристика причиненного ущерба затопленной территории $V_{h_1}(h_1)$, как правило, зависит от высоты подъема воды над уровнем водоема, которая в АР Крым может изменяться в пределах 2...14 м; от площади затопления населенного пункта, которая колеблется в пределах 20...100 %; от продолжительности паводка, колеблющегося в пределах 1...2 сут; от продолжительности половодья, колеблющегося на малых реках и водостоках в пределах 1...3 сут.

Выводы

Адекватная оценка риска воздействия ЧС на северную часть АР Крым и создание современных прогнозно-моделирующих систем смогут обеспечить выработку и внедрение эффективных управленческих решений. Приведенная методика позволяет осуществить переход к нормированию допустимого риска и снижению его уровня, особенно в районах повышенной опасности, что даст возможность обеспечить контроль техногенно-экологической безопасности на уровне требований европейских стандартов.

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ БЕЗПЕКИ МЕШКАННЯ НА ТЕРИТОРІЯХ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ КРИМУ ПРИ ДІЇ КОМПЛЕКСУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРИРОДНИХ ЯВИЩ І ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ

В.У. Стоянов, М.В. Бакуліна, В.В. Стоянов

Розглядається методика прогнозування ризику мешкання населення на територіях північної частини Кримського півострова при комплексній дії землетрусів, аварій на гідродинамічних і потенційно небезпечних промислових об'єктах, з викидом сильнодіючих отруйних речовин, що дозволяє використовувати отримані дані в геоінформаційних технологіях передачі даних і автоматизованих системах вироблення управлінських рішень по цивільному захисту.

EVALUATION of RISK of SAFETY RESIDENCE on the NORTH CRIMEA TERRITORIES with the INFLUENCE of DANGEROUS NATURAL PHENOMENA and TECHNOGENIC DISASTER COMPLEX

V. Stoyanov, M. Bakulina, V. Stoyanov

The method of prognosis evaluation of risk of residence of population on territories of north part of the Crimean peninsula is examined at complex influence of earthquakes, failures on hydrodynamic and potentially dangerous industrial objects, with the troop landing of drastic poisonous matters, allowing to utilize findings in геоінформаційних technologies of transmission these and automated systems of making of administrative decisions on civil defence.

Список использованных источников

1. Горбачук В.М. Анализ критических ситуаций техногенной природы, приводящих к авариям и катастрофам в разных областях хозяйственной деятельности / В.М Горбачук., Л.Г. Тарасова // Препринт АН Украины, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 93 - 22. – К., 1993. – 28 с.
2. Программа развития водного хозяйства АР Крым на период до 2015 г. Утвержд. Постановлением Верховного Совета АР Крым от 17 ноября 2004 г. № 1121-4/04.
3. Комплексная программа защиты сельских населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий от вредных действий вод на период до 2010 г. и прогноз до 2020 г. Утвержд. Постановлением КабМина Украины от 3.01.2006 г. № 901.
4. Исследование геодинамических процессов и предвестники землетрясений на территории УССР // Сб. науч. тр. Ин-та геофизики АН СССР. – К.: Наукова думка, 1988. – 132 с.
5. Общие требования к развитию и размещению потенциально опасных производств с учетом риска чрезвычайных ситуаций техногенного происхождения / Науч. рук. С.И. Дороунцов и В.Ф. Гречанинов. – К.: РВПС Украины НАН Украины, 1995. – 119 с.
6. Ищук О.О. Пространственный анализ и моделирование в ГТС: учеб. пособие / О.О. Ищук, М.М. Коржнев, О.Е. Кошлаков; под ред. акад. Д.М. Грозинского. – К.: ВПЦ «Киевский университет», 2003. – 200 с.
7. Рогозин А.А. Основные модели и методы оценки природных рисков. Оценка и управление природными рисками: тематический том / Под ред. А.Л. Рогозина. – М.: КРУК, 2003. – С. 136 – 142.
8. Быченко М.М Проблемы природно-техногенной безопасности в Украине / М.М. Быченко, О.М. Трофимчук. – К.: СНБОУ, 2002. – 153 с.
9. Быченко Н.Н. Об управлении защитой региона в ЧС I, II / Н.Н. Быченко // УСиМ. – К.: ИУНБ, 1996. – № 4/5. – С. 47 – 57. – № 6. – С. 46 - 55.

Надійшла до редакції 18.12.2013 р.