

УДК 574

**УСТОЙЧИВОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ:
РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ**

Международный научный сборник

В сборнике освещены региональные аспекты устойчивого экологического развития. Особое внимание уделено методологическим и практическим вопросам расчета интегрированных рисков потенциально опасных объектов техносферы, экологического аудита, энергосбережения, депонирующей способности лесов, совершенствования системы управления обращением с отходами потребления и другим разделам экологической экономики.

Сборник предназначен менеджерам и работникам государственной службы, а также аспирантам и студентам.

Редакционная коллегия:

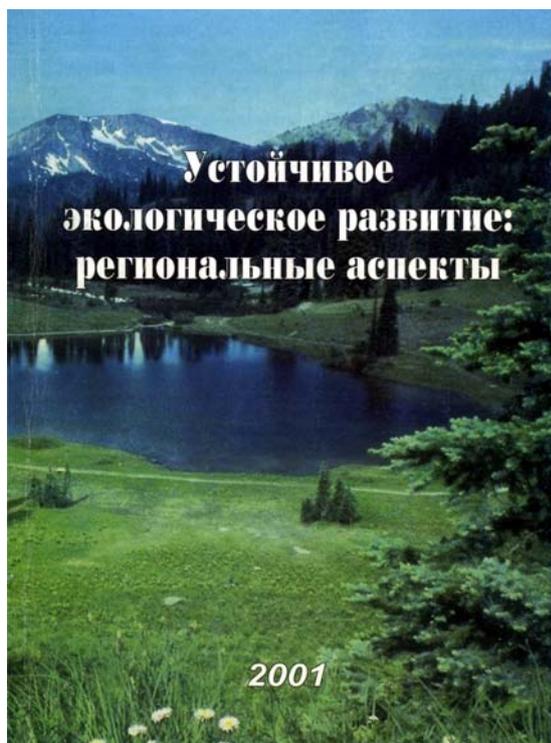
д.т.н., профессор, академик РЭА А.И. Попов (отв. редактор),
д.т.н., член-корр. РЭА А.М. Козлитин (зам.отв. редактора),
д.э.н., профессор Б. Поскробко (Польша),
д.т.н., профессор, член-корр. РЭА В.А. Хрусталева,
к.э.н., доцент И.Б. Николаева,
И.Г. Коптева (секретарь)

Одобрено

редакционно-издательским советом
Саратовского государственного технического университета,
Президиумом Саратовского регионального отделения
Российской экологической академии

© Саратовский государственный
технический университет, 2001

© Саратовское региональное
отделение Российской
экологической академии, 2001



ISBN 5-7433-0871-3

Содержание

.....

Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А.
Анализ методик оценки последствий взрывов на потенциально опасных объектах техносферы 34

.....

Козлитин А.М., Попов А.И., Хрусталева В.А., Шереметьев Е.А., Богуш Б.Б., Козлитин П.А.
Детерминированные методы количественной оценки экологической опасности аварий на гидротехнических сооружениях 69

.....

Козлитин А.М., Попов А.И., Богуш Б.Б., Козлитин П.А.
Математические модели и методы количественной оценки экологического интегрированного риска аварий гидротехнических сооружений 83

.....

Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А.
Стохастические модели и результаты количественной оценки интегрированного риска аварий на магистральном трубопроводном транспорте в условиях Заполярья 125

Яковлев Б.Н., Козлитин А.М.
Анализ состояния воздушной среды канализационных очистных сооружений на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности 139

.....

Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А.
Математические модели и методы детерминированной оценки последствий аварий на магистральном надземном трубопроводном транспорте в условиях Заполярья 157

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Козлитин А.М., Попов А.И., Хрусталеv В.А.,
Шереметьев Е.А., Богуш Б.Б., Козлитин П.А.

Огромную роль в профилактике повреждения гидроузлов в условиях их эксплуатации для конкретных регионов, играет прогноз опасных явлений, предсказание силы, частоты, характера и зоны распространения стихийных бедствий и связанных с ними аварий и катастроф.

Типизация стихийных бедствий (СБ) - первый этап прогноза, довольно сложен, однако при всем разнообразии СБ их можно дифференцировать прежде всего по скорости распространения (мгновенно или постепенно распространяющихся), а также по возможности ограничения зоны их воздействия.

Мировая статистика свидетельствует о том, что ежегодно в мире по различным причинам на плотинах происходит более 3000 аварий, нередко с большим материальным ущербом и гибелью людей. В мирное время основными причинами катастроф являются недостаточное гидрологическое и инженерно-геологическое обоснование проектов. Так, обычно при проектировании плотин расчет ведется на очень редкие события. Например, в нашей стране для водосливных плотин крупных ГЭС за расчетный расход принимается максимальный расход воды, повторяемостью не чаще 1 раза в 10 тысяч лет. Кроме того, для защиты плотин предусматривается ряд дополнительных мероприятий, в том числе форсирование уровней в верхних бьефах гидроузлов сверх нормальных подпорных отметок. Рассчитываются также сценарии и последствия гипотетических аварий. Однако, при недостаточном гидрологическом обосновании проектов возможно, из-за неопределенности и неоднозначности исходной информации, занижение экстремальных максимальных и расчетных сбросных расходов и размеров водосбросов.

В результате недостаточных размеров водосбросов не обеспечивается пропуск высоких половодий и паводков редкой повторяемости, что влечет за собой переполнение водохранилищ, перелив воды через гребень плотин и их повреждение и разрушение, особенно если они грунтовые. В таких случаях в нижний бьеф обрушивается волна прорыва, разрушая хозяйственные объекты, населенные пункты, пастбища и т.д.

Переливы через гребень плотин были связаны не только с нерасчетными паводками, но и с рядом причин, в том числе с оползнями и обрушением в водохранилища массивов неустойчивых горных пород на значительных уча-

Анатолий Мефодьевич Козлитин – д.т.н., член-корр. РЭА, Саратовский государственный технический университет; Анатолий Иванович Попов – д.т.н., профессор, академик РЭА, президент Саратовского регионального отделения РЭА; Владимир Александрович Хрусталеv – д.т.н., профессор, член-корр. РЭА, Саратовский государственный технический университет; Евгений Алексеевич Шереметьев – член-корр. РЭА, начальник отдела предупреждения ЧС Министерства Саратовской обл. по делам ГО и ЧС; Борис Борисович Богуш – директор филиала РАО «ЕЭС России», Саратовская ГЭС; Павел Анатольевич Козлитин – к.т.н., Саратовский филиал Военного артиллерийского университета.

ствах их берегов. Следствием этого явилось формирование волн вытеснения, размеры которых превышали пропускную способность водосбросов.

В истории плотиностроения известен ряд случаев образования подобных волн, вызвавших перехлест воды через плотину [1]. Самые трагические последствия (большие разрушения и человеческие жертвы) были вызваны волной вытеснения, образовавшейся в результате обрушения в 1963 г. в водохранилище Вайонт (Италия) скального оползня объемом 260-300 млн. м³. Высота всплеска у берегов водохранилища достигла при этом 270 м, а толщина слоя воды, переливающейся через гребень плотины, 70 м. Бетонная плотина выдержала перегрузки, но волной вытеснения объемом 25 млн. м³ были почти полностью разрушены г. Лангароне и ряд деревень. Число жертв составило 1899 человек, а ущерб достиг 100 млн. долларов.

Переливы воды из водохранилища через гребень плотины могут быть связаны и с чисто техническими причинами - отказом затворов водосбросных сооружений вследствие редкого использования, отсутствие профилактики и периодической проверки их на эксплуатационной надежности. Подобные отказы приводили к аварийным ситуациям на ряде плотин. Так, из-за отсутствия подачи электроэнергии к механизмам управления затворами водосбросов в 1958 г. был разрушен участок плотины Када в Индии длиной 137 м при высоте переливающегося слоя воды в 45 м.

Из-за неисправности электрооборудования и невозможности открыть все 18 пролетов для пропуска паводка (удалось открыть только три) были усугублены последствия аварии в 1979 г. на плотине Марху II (также в Индии). Число жертв составило 2000 человек [1].

В России аналогичная авария произошла 7 августа 1994 г. на плотине Тирлянского водохранилища (объемом 7 млн. м³) в бассейне р. Белой, когда после интенсивных дождей вследствие изношенности механизмов не смогли открыть все отверстия берегового водосброса (работало только одно из них) и вода из переполненного водохранилища хлынула через гребень земляной плотины. Плотина была разрушена в течение нескольких часов, 7-метровая волна прорыва снесла пос. Тирлян, погибли 28 человек [1].

Изучение причин аварий плотин различных типов специалистами показало, что большинство повреждений бетонных и грунтовых плотин связано с их основаниями.

К неверной оценке надежности оснований плотин и фильтрационных свойств слагающих материалов, нередко влекущей за собой неправильный выбор местоположения гидросооружения, приводит недостаточное инженерно-геологическое обоснование проектов гидротехнических сооружений.

В Сибири подобные явления (трещинообразование и фильтрация воды) были зарегистрированы на бетонных плотинах Братской, Усть-Илимской и Саяно-Шушенской ГЭС, что связано не только с наличием зон растяжения или сжатия, но и с прочностью скальных оснований.

Таким образом, основными факторами повреждения или разрушения плотин являются экстремальные, сверх расчетные расходы воды, недостаточная пропускная способность водосбросных сооружений, неисправность механического оборудования, нарушение прочности (устойчивости) сооружений, нарушение фильтрационной прочности различных частей гидроузлов, большие потери на фильтрацию. Непосредственными причинами повреждений и нарушений могут быть как случайные отклонения от расчетных значений, так и ошибки в прогнозах и расчетах при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, а также нештатные ситуации, вызванные спонтанно проявляющимися явлениями природы и преднамеренными или непреднамеренными действиями людей.

На основе проведенного анализа условий возникновения чрезвычайных ситуаций на гидросооружениях разработаны и обоснованы вероятные сценарии аварий на примере конкретных гидроузлов Волжского каскада.

Рассмотрим вероятные сценарии аварий при различных подпорных уровнях в верхнем бьефе водохранилища, а в нижнем бьефе берем среднегодовые начальную глубину и абсолютный уровень реки, затем берем те же величины, но при максимальном подъеме паводковых вод.

Все выше перечисленные условия, в виде сценариев возможных аварийных ситуаций, сведем в табл.1.

Таблица 1

Характеристики вероятных аварийных сценариев на ГЭС

Верхний бьеф \ Нижний бьеф	$V_r=15.00$ м $n_o=20.00$ м	$V_r=21.76$ м (**) $n_o=26.76$ м
Но=31,40 м	1 сценарий	5 сценарий
Но=28,00 м	2 сценарий	6 сценарий
Но=26,50 м	3 сценарий	не реализуемый
Но=32,10 м (*)	4 сценарий	8 сценарий

(*) - при прорыве гидроузла верхнего бьефа.

(**) - максимальный уровень подъема паводковых вод нижнего бьефа (статистические данные за 20 лет).

Примечание: При указанных в табл. 1 условиях в верхнем бьефе перелив через плотину не произойдет, т.к. максимальный уровень прорыва через тело плотины должен быть 35 м.

На основе анализа развития аварий на гидротехнических сооружениях выберем наиболее опасные сценарии для конкретной ГЭС, с точки зрения затопления нижнего бьефа. Эти данные сведены в табл.2.

Таблица 2

Характеристики наиболее опасных сценариев на ГЭС

Верхний бьеф \ Нижний бьеф	$V_r=21.76$ м (**) $n_o=26.76$ м	Вероятность обеспеченности рассматриваемого сценария
1	2	3
Но=31,40 м	5 сценарий	10^{-4}

Продолжение табл. 2

1	2	3
Но=28,00 м	6 сценарий	10^{-4}
Но=26,50 м	7 сценарий	не реализуемый
Но=32,10 м (*)	8 сценарий	10^{-4}

(*) - при прорыве гидроузла верхнего бьефа.

(**) - максимальный уровень подъема паводковых вод нижнего бьефа (статистические данные за 20 лет).

Примечание: С учетом принятого в проекте расчетного сбросного расхода воды через плотину ГЭС - $69800 \text{ м}^3/\text{с}$, форсирование уровня воды в верхнем бьефе возможно до отметки 31,4 м. При этом, обеспеченность такого случая составляет 0,01%.

Рассмотрим вероятные сценарии аварий, которые в мировой практике приводили к образованию прорана в теле русловой плотины. Тело станции представляет железобетонный монолит и в расчеты не берется. При определении вероятных сценариев аварий на конкретной ГЭС Волжского каскада, учитывая суммарную пропускную способность гидроузла со сбросным расходом воды $69800 \text{ м}^3/\text{с}$, исходили из предположения, что прорыв плотины возможен только при наложении на факторы, указанные в табл.2, дополнительных экстремальных факторов внешнего воздействия – оползневые подвижки в верхнем бьефе и, как следствие, засорение грунтом водосбросов; прорыв плотины в верхнем бьефе; диверсионно-террористические акты и т.п.

Сценарий 5-А. Совмещение случайных независимых событий: паводка с обеспеченностью 0,01% и катастрофического оползня правого берега р. Волга с попаданием в водохранилище не менее 30 млн.м^3 грунта с последующим «забитием» грунтом большей части водосбросов гидроузла. Перелив воды через гребень плотины с последующим разрушением русловой ее части вследствие недостаточной пропускной способности водосбросов. *Исходные данные:* НПУ=31,4 м, абсолютный уровень нижнего бьефа - 21,76 м. (максимальный паводок за 20 лет). Оползневые процессы в верхнем бьефе и, как следствие, засорение грунтом водосбросов (частота оползневых подвижек правого берега р. Волги на основании оценок [2] $\lambda=8,3 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}$). Повышение уровня в связи с паводком при стоке через водосбросы $69800 \text{ м}^3/\text{с}$. Вероятность паводка с расходом $69800 \text{ м}^3/\text{с}$ составляет 10^{-4} . Результирующая частота такого сценария – перелив воды через плотину, при одновременной реализации всех перечисленных выше событий, – может составить $\lambda_{\Sigma} = 8,3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4} = 8,3 \cdot 10^{-8} \text{ 1/год}$.

Сценарий 5-Б. Совмещение случайных независимых событий: катастрофического паводка с обеспеченностью 0,01% и аварийного прорыва плотины верхнего бьефа. Перелив воды через гребень левобережной дамбы, при набегающей волне прорыва гидроузла верхнего бьефа высотой 25 м, с последующим ее размывом. *Исходные данные:* прорыв плотины верхнего бьефа и, как следствие, НПУ – 32,10 м, при высоте волны у плотины рассматриваемой ГЭС порядка 2,5 м. Частота установления НПУ = 32,10 м, в случае прорыва

плотины верхнего бьефа, составляет $\lambda = 7 \cdot 10^{-4}$ 1/год. Вероятность паводкового водосброса с расходом $69800 \text{ м}^3/\text{с}$ составляет 10^{-4} . Результирующая частота такого сценария – перелив воды через плотину, при одновременной реализации всех перечисленных выше событий, – может составить $\lambda_{\Sigma} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4} = 7 \cdot 10^{-8}$ 1/год.

Сценарий 5-В. Совмещение случайных независимых событий: размыва части основания русловой плотины вследствие фильтрации воды через тело плотины и антропогенных тектонических подвижек в месте провисания русловой плотины. Как следствие неравномерная осадка тела плотины с образованием трещин на всю ее высоту с последующим катастрофическим размывом и образованием прорана. Результирующая частота такого сценария – катастрофический размыв основания русловой плотины и образование прорана, при одновременной реализации всех перечисленных выше событий, – может составить $\lambda_{\Sigma} = 4,38 \times 10^{-7}$ 1/год.

Сценарий 6. Исходные данные: НПУ=28,0 м, абсолютный уровень нижнего бьефа - 21,76 м. При профессиональном диверсионно-террористическом воздействии на тело плотины направленным взрывом, частота сценария может составить $\lambda = 10^{-4}$ 1/год.

При разрушениях гидротехнических сооружений в нижнем бьефе формируются очаги поражения – определенная территория, в пределах которой произошло катастрофическое затопление местности, повреждения и разрушения зданий и сооружений, сопровождающиеся поражениями и гибелью людей, животных и урожая сельскохозяйственных культур, порчей и уничтожением сырья, топлива, продуктов питания, транспортных магистралей, загрязнением окружающей природной среды.

Последовательная картина затопления города – заливаются подвалы, внутренние дворы, расположенные ниже улиц, затем улицы и первые этажи зданий. Местность покрывается слоем воды. Поток вырывает с корнем деревья, сносит большие каменные глыбы, каменные ограды и небольшие здания. Многие деревянные строения разваливаются и сносятся в течение 3÷4 часов. Сохранившиеся затопленные кирпичные и бетонные здания теряют капитальность – отваливается штукатурка, разрушается кирпичная кладка, металлические конструкции, сварные швы наружных несущих стеновых панелей и арматура железобетона интенсивно корродируют. На значительных площадях затопленной территории в течение первого часа нарушаются средства сообщения, выходят из строя телефонная связь и электроснабжение. Разрушаются мосты, мощеные дороги, системы жизнеобеспечения.

На затопляемой территории принято выделять [3] четыре зоны катастрофического затопления в зависимости от скорости потока волны прорыва в среднем течении реки, высоты волны прорыва и расстояния от гидросооружения (рис.1).

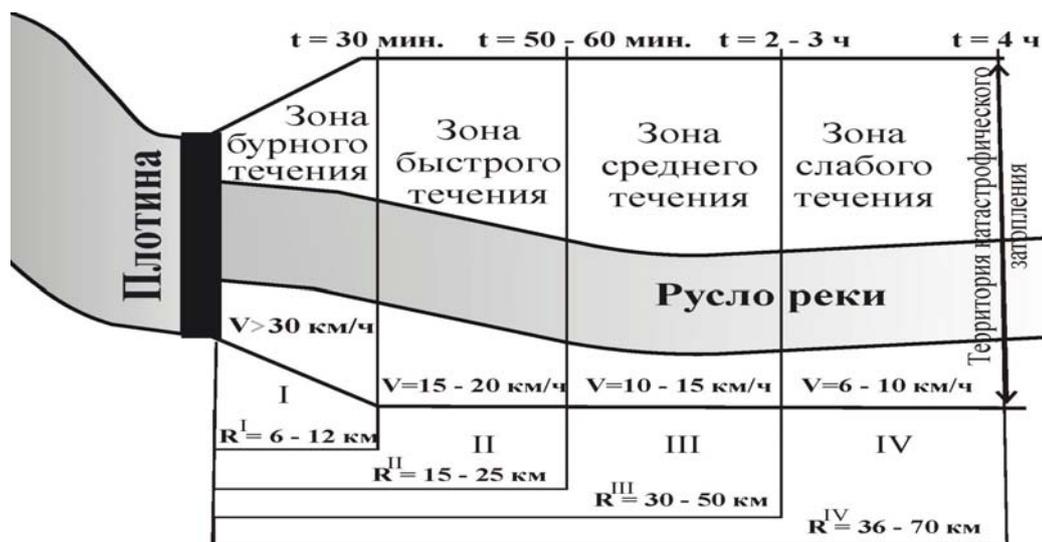


Рис.1. Зоны катастрофического затопления

Первая зона катастрофического затопления примыкает непосредственно к гидросооружению и простирается на 6-12 км, высота волны прорыва достигает нескольких метров (в зависимости от глубин и их соотношения в верхнем и нижнем бьефах). Волна прорыва в этой зоне характеризуется бурным потоком воды со скоростью 30 км/час и более. Время прохождения волны прорыва примерно 30 мин.

Вторая зона – зона быстрого течения со скоростью потока воды 15-20 км/час. Внешняя граница этой зоны проходит на расстоянии 15-25 км от плотины. Время прохождения волны прорыва 50-60 мин.

Третья зона – зона среднего течения со скоростью 10-15 км/час и расстоянием от плотины до 30-50 км. время прохождения волны прорыва 2-3 часа.

Четвертая зона – зона слабого течения (разлива). Скорость течения 6-10 км/час. Ее протяженность будет зависеть от рельефа местности и может составить 36-70 км от гидросооружения.

Детерминированная оценка последствий катастрофического затопления при разрушении подпорного гидротехнического сооружения с возникновением волны прорыва проводилась по компьютерной методике и программам «PLOTINA», разработанных специалистами Саратовского регионального отделения РЭА и Комитета ГО и ЧС при Правительстве Саратовской области на основе «Табличной методики оценки последствий воздействия волны прорыва на сооружения и оборудование промышленных объектов при авариях на гидротехнических узлах» (обобщена В.А. Мальцевым по результатам исследований ВПИ НИИ «Гидропроект» в работе [4]) и «Инструкции по определению зон возможных затоплений при прорыве напорных фронтов гидроузлов» (ВСН-Э-83 Минэнерго). Программное обеспечение написано на

языке Borland Pascal с использованием библиотеки Turbo Vision, что позволяет использовать его на любых ПЭВМ совместимых с IBM PC.

Для получения необходимой исходной информации о характере рельефа местности нижнего бьефа, были построены профили долины реки Волга в сечениях, выполненных с шагом 4-5 км, а также в створах населенных пунктов на рассматриваемом участке реки. Полученные данные по профилям рельефа долины реки Волга, используя пакет прикладных программ геоинформационной системы и дигитайзер «Cal Comp», были введены с привязкой к топографии конкретной местности в базу данных программы «PLOTINA», что позволило проводить расчеты возможных последствий катастрофического затопления для реальных территорий.*

Результаты расчетов для «наихудшего» сценария в смысле максимума ожидаемых последствий приведены, в качестве примера, в табл. 3.

Для определения зоны затопления местности в нижнем бьефе при разрушении плотины по «наихудшему» сценарию в смысле максимума ожидаемых последствий (табл. 3) определялись для каждого сечения:

- расстояние от плотины вдоль русла реки;
- высота волны прорыва над нормальным уровнем воды в реке;
- осредненная для рассматриваемых створов (4-5 км) абсолютная высота береговой линии.

На основе указанных данных вычислялись для каждого сечения значения высотных отметок местности попадающих под затопление в виде точек наносились на топографическую карту. Линия, соединяющая указанные точки определила границу зоны затопления. Анализ по топографическим картам зон возможного затопления территории рассматриваемой области при прорыве плотины конкретного водохранилища Волжского каскада показал:

- затоплению подвергается около 77 тыс. га земель в пойме р. Волга на территории рассматриваемой области, которая используется в сельскохозяйственном производстве. Ущерб характеризуется полным уничтожением посевов на всей затопляемой территории, так как длительное нахождение под водой в вегетативный период вызывает гибель всех посевов и нарушает плодородие почвы пашни на 40%. Гибель лесонасаждений и садов при скоростях волны прорыва менее 2 м/с маловероятна;
- прорыв плотины в межень на расположенные в нижнем бьефе крупные города рассматриваемой области влияния не окажет;
- в зону возможного затопления попадают незначительная прибрежная территория г. N-ска, где имеется несколько строений лесозавода, 10 сельских населенных пунктов рассматриваемой области. (табл.3.4), а также отдельные участки внутрихозяйственных дорог (III категории) общей протя-

* Программное обеспечение разработано А.Ю. Бездельевым, ведущим специалистом отдела предупреждения ЧС министерства по делам ГОЧС правительства Саратовской области.

женностью 22 км, линии энергопередач и связи общей протяженностью около 8 км.

Таблица 3

Сценарий № 5									
Общие исходные данные									
Тип плотины: 1									
Тип реки : 1									
Длина плотины по гребню 1275,00 м									
Объем водохранилища 12,90 км ³									
Мах. глубина водохранилища перед плотинной 31,40 м									
Средняя ширина водохранилища 7000,00 м									
Коэффициент профиля дна водохранилища 1,25									
Начальная глубина в нижнем бьефе 26,76 м									
Абсолютный уровень реки 21,76 м									
Усредненный уклон русла реки 6,0×10 ⁻⁵									
№	Расстояние от плотины км	Ширина реки м	Ширина долины (поНq) м	Относит. проран	Высота волны м	Скорость потока м/с	Время подхода фронта час	Время подхода гребня час	Длительн. затоплен. час
1	6.10	1874.45	29891.96	0.0463	5.14	1.69	1.14	4.01	46.13
2	12.21	1458.92	25926.69	0.0533	5.37	1.69	2.84	7.55	76.81
3	16.53	1560.03	22611.99	0.0612	5.18	1.46	4.26	10.29	98.82
4	21.12	1110.95	31150.50	0.0444	5.58	1.75	5.83	13.02	116.92
5	28.99	916.02	13734.34	0.1007	5.61	1.74	8.80	16.77	128.63
6	35.02	1714.84	13014.50	0.1063	4.73	1.06	10.91	19.50	137.01
7	42.26	1639.99	6705.68	0.2062	7.03	1.44	10.44	20.03	147.55
8	48.83	1294.59	7037.67	0.1965	7.20	1.61	13.31	24.19	164.94
9	54.55	1927.49	5270.14	0.2624	7.65	1.37	13.29	25.26	176.47
10	59.89	1397.77	4927.97	0.2806	8.35	1.66	15.23	28.22	188.42
11	63.54	1590.17	6844.12	0.2020	6.78	1.27	19.05	32.98	202.04
12	68.36	2248.61	4702.92	0.2940	7.19	1.14	18.43	33.12	208.50
13	73.83	2064.12	8453.15	0.1636	5.49	0.96	25.79	42.11	234.81
14	79.64	1400.93	15811.10	0.0875	4.79	1.04	32.75	50.66	259.58
15	83.11	1476.98	14858.71	0.0931	4.68	0.97	34.69	53.46	270.92
16	84.85	1822.61	17879.30	0.0773	4.40	0.83	35.68	54.89	276.64
17	86.89	2019.04	14485.36	0.0955	4.27	0.77	36.85	56.58	283.40
18	91.17	2533.62	23884.44	0.0579	3.97	0.65	39.34	60.19	297.66
19	96.40	3128.36	29681.89	0.0466	3.75	0.56	42.48	64.72	315.31
20	102.12	3665.67	29054.97	0.0476	3.59	0.50	44.96	68.34	329.08
21	107.31	6738.66	29240.30	0.0473	3.08	0.27	45.65	69.38	332.24
22	113.20	9148.07	26810.51	0.0516	2.96	0.22	46.45	70.61	335.94
23	118.12	15639.69	33933.42	0.0408	2.92	0.20	47.15	71.66	339.14
24	124.64	14500.04	23902.74	0.0579	2.90	0.20	48.10	73.11	343.53
25	132.94	3846.53	19898.44	0.0695	4.25	0.71	49.37	75.04	349.44
26	139.48	7419.54	18905.28	0.0731	3.46	0.44	50.42	76.64	354.79
27	146.33	3259.47	10405.17	0.1329	5.09	0.86	48.33	74.91	354.73
28	152.29	9424.18	12927.99	0.1070	3.37	0.43	51.91	79.22	364.67
29	158.01	4815.75	7407.30	0.1867	5.49	0.71	44.78	72.04	355.14
30	163.49	10146.91	16699.33	0.0828	3.23	0.41	54.69	83.12	376.53

Основные данные при возможной аварии на рассматриваемой ГЭС (по сценарию №5)

Таблица 4

Перечень населенных пунктов, попадающих в зону катастрофического затопления в случае разрушения плотины гидроузла

№№ п.п.	Наименование населенного пункта с указанием берега реки	Номер сечения на карте	Расстояние от плотины, км	Высота волны прорыва, м	Время подхода фронта волны прорыва, час
1	2	3	4	5	6
1	«N-ск 1» (правый)	2	7,39	5,9	1,24
2	«N-ск 2» (правый)	4	16,78	5,61	3,87

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6
3	«N-ск 3» (левый)	5	21,37	5,18	5,08
4	«N-ск 4» (левый)	7	31,75	7,67	6,00
5	«N-ск 5» (левый)	9	37,20	7,10	7,67
6	«N-ск 6» (левый)	10	39,45	6,32	8,30
7	«N-ск 7» (левый)	11	41,21	6,33	8,82
8	«N-ск 8» (левый)	13	45,41	7,40	10,20
9	«N-ск 9» (левый)	14	47,56	8,88	10,91
10	«N-ск 10» (левый)	15	49,24	8,74	11,49

Данные расчеты достаточно коррелируют с расчетами, выполненными институтом «Гидропроект» им. Жука в 1988 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерюгин Г.К., Наумов О.С. Разрушение плотин в связи с пропуском сбросных расходов // Гидротехническое строительство. 1995. №7. С. 30-33.
2. Когда земля ползет из-под ног // Экологический вестник. 1997. Вып. 3.
3. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: Учеб. пособие / Под ред. А.И. Попова. Саратов: СГТУ. 2000. 124 с.
4. Мальцев В.А. Методика оценки обстановки на промышленном предприятии при чрезвычайных ситуациях: Учебно-методическое пособие. М.: ИПК госслужбы, 1993. 125 с.