

трон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 3(07). – 13 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

4 Овчинников, А. С. Зона увлажнения почвы как фактор управления ростом корневой системы томатов при капельном орошении / А. С. Овчинников, И. И. Азарьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2009. – № 4(16). – С. 43–47.

УДК 627.8.059.2:626/627.003.12

**Е. И. Шкуланов, А. М. Кореновский**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ДЕКЛАРИРОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ**

В статье с позиций системного подхода, теории надежности и теории вероятности приводится порядок проведения оценки риска аварий мелиоративных сооружений. Представлены ее задачи и этапы. Приведены основные требования к информации, на которой базируются анализ и оценка риска аварий на эксплуатирующихся ГТС. Отмечено, что безопасность ГТС определяется итоговой (обобщенной) оценкой риска, которая основывается на результатах интегрирования показателей возможных опасных событий на ГТС, характеризующихся диагностическими показателями безопасности ГТС и определяющих их надежность, и негативных последствий (ущербов) от аварий. При составлении деклараций безопасности гидроузлов II, III, и IV классов, разработанных сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» для Саратовской, Пензенской областей, ГУП «Управление «Башмелиоводхоз», ООО «Севкавгипроводхоз», подтверждена достоверность разработанной ФГУП ВНИИ «ВОДГЕО» методики оценки риска аварий.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, декларирование безопасности, мелиоративный объект, анализ риска, авария, эффективность.

Анализ риска аварий на опасных мелиоративных объектах является составной частью управления их безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных аварийных событий. Достоверность анализа риска аварии, его снижение в основном зависят от полученной информации, к которой предъявляются следующие требования: полнота, достоверность, однородность, дискретность, своевременность, непрерывность.

По версии Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD), под риском аварии на гидротехническом сооружении пони-

мается «мера вероятности» и тяжести негативных эффектов для жизни, здоровья, собственности или состояния окружающей среды» [1].

В настоящее время снижение рисков аварий и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) – одна из важнейших проблем, входящих в сферу обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития страны.

До недавнего времени Правительством РФ основное внимание уделялось ликвидации последствий стихийных бедствий и антропогенных катастроф, т. е. оперативному реагированию на ЧС, что требовало больших затрат на ликвидацию ущерба и в то же время не всегда способствовало снижению рисков появления чрезвычайных ситуаций и обеспечению безопасности населения.

В настоящее время доминируют новые подходы к противодействию чрезвычайным ситуациям, направленные на реализацию научно обоснованной и экономически оправданной системы превентивных мер по предупреждению стихийных бедствий и предотвращению техногенных катастроф.

Система превентивных мер предусматривает осуществление ряда мероприятий научного, научно-организационного и экономического характера, включающих в себя совершенствование и развитие системы мониторинга, прогнозирование и оценку природного и техногенного риска, районирование территории по степени рисков от чрезвычайных ситуаций, создание единой системы информационного обеспечения управления риском и многое другое. Осуществление этих мер регламентируется Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» (№ 117-ФЗ от 21 июля 1997 г.) (далее Закон) [2]. Действия закона распространяются на все гидротехнические сооружения, аварии на которых могут создать чрезвычайные ситуации, сопровождающиеся человеческими жертвами, ущербом здоровью, окружающей среде и значительными материальными убытками. К таким сооружениям относятся следующие мелиоративные сооружения: водохранилищные гидроузлы, водозаборные сооружения, водосбросные, водопропускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, сооружения инженерной защиты.

В числе превентивных мер, предусмотренных законом и способствующих снижению риска аварий, следует отметить составление декларации безопасности гидротехнических сооружений, подготовку

материалов для российского регистра и разработку нормативно-методических документов для реализации различных статей закона.

Декларация безопасности является основным документом, содержащим (в соответствии со статьей 10 Закона) сведения о соответствии гидротехнического сооружения критериями безопасности. Последние определяются в Законе как предельные значения показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварий гидротехнического сооружения. Эти показатели утверждаются федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими надзор за безопасностью гидротехнических сооружений. Однако Законом предусмотрено обновление критериев безопасности, включая оценку уровня риска аварий и установление его допустимого значения, повышение требований к оснащению сооружений контрольно-измерительной аппаратурой, плановые обследования сооружений и многое другое.

Декларации являются необходимым условием для получения разрешения на ввод в эксплуатацию гидротехнических сооружений, на их эксплуатацию, реконструкцию, капитальный ремонт, восстановление, консервацию, ликвидацию. При составлении деклараций основное внимание уделяется выявлению опасностей, сценариям аварий и катастроф, количественной оценке риска аварий существующих гидросооружений, результатам расчета зон затопления в случае прорыва плотин, защитных сооружений, оценке ущербов, планированию мер по предупреждению аварий и повреждений.

Оценка риска в декларации основывается на анализе факторов безопасности, однако информация об этих факторах, как показала практика, в основном имеет качественный характер и, по мнению ряда специалистов, недостаточна для количественной оценки риска.

Основными задачами при анализе риска являются:

- получение объективной информации о состоянии ГТС;
- получение сведений о наиболее опасных «слабых» местах ГТС с точки зрения работоспособности и безопасности;
- разработка обоснованных рекомендаций по уменьшению риска аварий.

При анализе риска различают следующие основные этапы:

- планирование и организация работы;
- идентификация опасности;

- оценка риска;
- разработка рекомендаций по уменьшению риска аварий.

На этапе планирования и организации работ определяются причины и проблемы, вызвавшие необходимость проведения анализа риска аварии водного объекта, и дается его общее описание. Подбирается группа специалистов для проведения анализа риска, которые определяют цели и задачи проводимого анализа, обосновывают методы анализа и критерии приемлемого риска аварии водного объекта.

При идентификации опасностей определяются элементы, технические устройства, технологические процессы, требующие наиболее серьезного анализа. Результатом идентификации опасностей являются перечень нежелательных событий (их сценариев) и условий их возникновения, описание источников опасности и факторов риска, предварительная оценка опасностей и риска. Идентификация опасностей завершается одним из следующих действий: решением прекратить дальнейший анализ или решением о проведении более детального анализа опасности и оценки риска, выработкой предварительных рекомендаций по уменьшению опасности.

Проблема анализа и количественной оценки риска ГТС впервые была поднята в 70-х годах XX века. Особая активность в рассмотрении вопросов по риску аварий проявлялась начиная с 90-х годов прошлого столетия. В этот период было проведено множество международных семинаров и конгрессов, организованных ICOLD (ЮАР, Италия, Китай [3–5]), посвященных оценке безопасности плотин. Особо следует отметить, что в последние годы ни одно значимое международное научно-техническое событие в области гидротехники и водного хозяйства не обходится без докладов, посвященных разработке методов анализа и оценки риска, практическому приложению результатов исследований риска при проектировании, строительстве и эксплуатации плотинных гидроузлов и других гидротехнических сооружений.

При оценке риска ставятся следующие задачи:

- определение частот возникновения событий, инициирующих опасную (аварийную) ситуацию на ГТС;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- обобщение оценок риска.

Для определения частоты иницирующих и аварийных событий (ситуаций) используются статистические данные по аварийности и надежности, логические методы анализа (древа событий, древа отказов), имитационные модели, экспертные оценки.

Комитет по безопасности плотин ICOLD рекомендует оценивать риск в виде математического ожидания последствий реализации нежелательного события (как произведение вероятности отрицательного события и математического ожидания величины его последствий) или в виде определенной комбинации (сценария) вероятностей реализации и связанных с ним последствий. Таким образом, риск зависит от вероятности аварии сооружения и от ее последствий и нередко представляет собой существенную величину, даже если вероятность события очень мала.

Впервые в 2004 году в отечественной практике был введен СНиП 33-01-2003 [6], в который включены допускаемые количественные значения вероятностей (риска) возникновения аварий на сооружениях I-III классов, создающих напорный фронт.

Задача проектировщиков заключается в том, чтобы обеспечить после ввода водного объекта в эксплуатацию его соответствие требованиям безопасности. Традиционный подход к решению этой задачи основан преимущественно на детерминистическом методе предельных состояний (или предельного равновесия), который сводится, в принципе, к сравнению расчетных (детерминистических) показателей с их допустимыми (критериальными) значениями [6]. Расчетные показатели уточняются с помощью систем коэффициентов надежности (запаса) в соответствии с требованиями СНиП 33-01-2003. При этом определяются предельные состояния основания сооружений в отношении его несущей способности, деформаций, фильтрации и т. д. Определение главных показателей надежности сооружений методами предельных состояний (по I и II предельным состояниям) и сравнение их с предельно допустимыми позволяют принимать надежные конструктивные решения отдельных элементов и сооружения в целом [7]. Перечень показателей надежности приведен в работе В. Н. Щедрина и др. (2010) [7]. Такой подход к выбору конструктивных решений сооружений отличается значительной простотой, и за последние 60 лет средняя вероятность разрушений водохранилищных гидроузлов снизилась с  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  плотино-лет. В методах предельно-

го равновесия подразумевается, что недопущение предельных состояний обеспечивает допускаемые вероятности возникновения аварий на напорных гидротехнических сооружениях в зависимости от их класса, как указано в СНиП 33-01-2003 и работе В. Н. Щедрина и др. (2010) [6, 7]. Вероятность аварии здесь не абстрактная величина, а отражает современную реальность и получена по результатам обработки статистических данных. При обследовании эксплуатируемых напорных сооружений определяются диагностические показатели надежности, сравниваются с их критериальными значениями и устанавливается их уровень безопасности или риск аварии [7]. В настоящее время для количественной оценки риска аварии, уровня безопасности сооружений используются методики, разработанные научно-исследовательскими институтами ОАО «НИИЭС», ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», ФГУП ВНИИ «ВОДГЕО».

Термин «безопасность» является многосложным понятием, характеризующим свойство объекта, изменяющимся во времени. На практике этот термин часто отождествляется с надежностью напорных сооружений и выполнением ими функционального назначения. Однако в настоящее время главное внимание уделяется социально-экономическим аспектам и под безопасностью понимается обеспечение жизни, здоровья и законных интересов физических и юридических лиц, нормального состояния окружающей среды, хозяйственных объектов. Такой подход придает большое значение прогнозной оценке социальных и экономических потерь в результате аварий на гидротехнических сооружениях. Поэтому понятие «безопасность» гидротехнических сооружений, создающих напорный фронт, для более полной оценки, на наш взгляд, должно включать понятия надежности и риска аварий.

Риск аварий характеризует более полную характеристику опасности, включающую вероятность возникновения опасного события и оценку связанных с ним негативных последствий. Надежность работы гидротехнических сооружений означает выполнение ими функциональных (технологических) требований в течение нормативного срока службы. В настоящее время оценка безопасности базируется на основе концепции допустимого (приемлемого) риска с учетом надежности работы системы «сооружение – основание», которая определяется диагностическими показателями безопасности ГТС, представленными

в работе В. Н. Щедрина и др. (2010) [7]. Итоговая (обобщенная) оценка риска должна отражать реальное состояние ГТС с учетом показателей риска всех нежелательных событий, которые могут произойти. Итоговая (обобщенная) оценка риска основывается на результатах интегрирования показателей риска всех нежелательных событий (сценариев аварий) с учетом их взаимного влияния; анализа неопределенности и точности полученных результатов; анализа соответствия условий эксплуатации требованиям уровня, диагностических критериев безопасности – значениям приемлемого риска.

Разработка рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, которые основаны на результатах оценок риска и могут иметь технический и (или) организационный характер. Решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

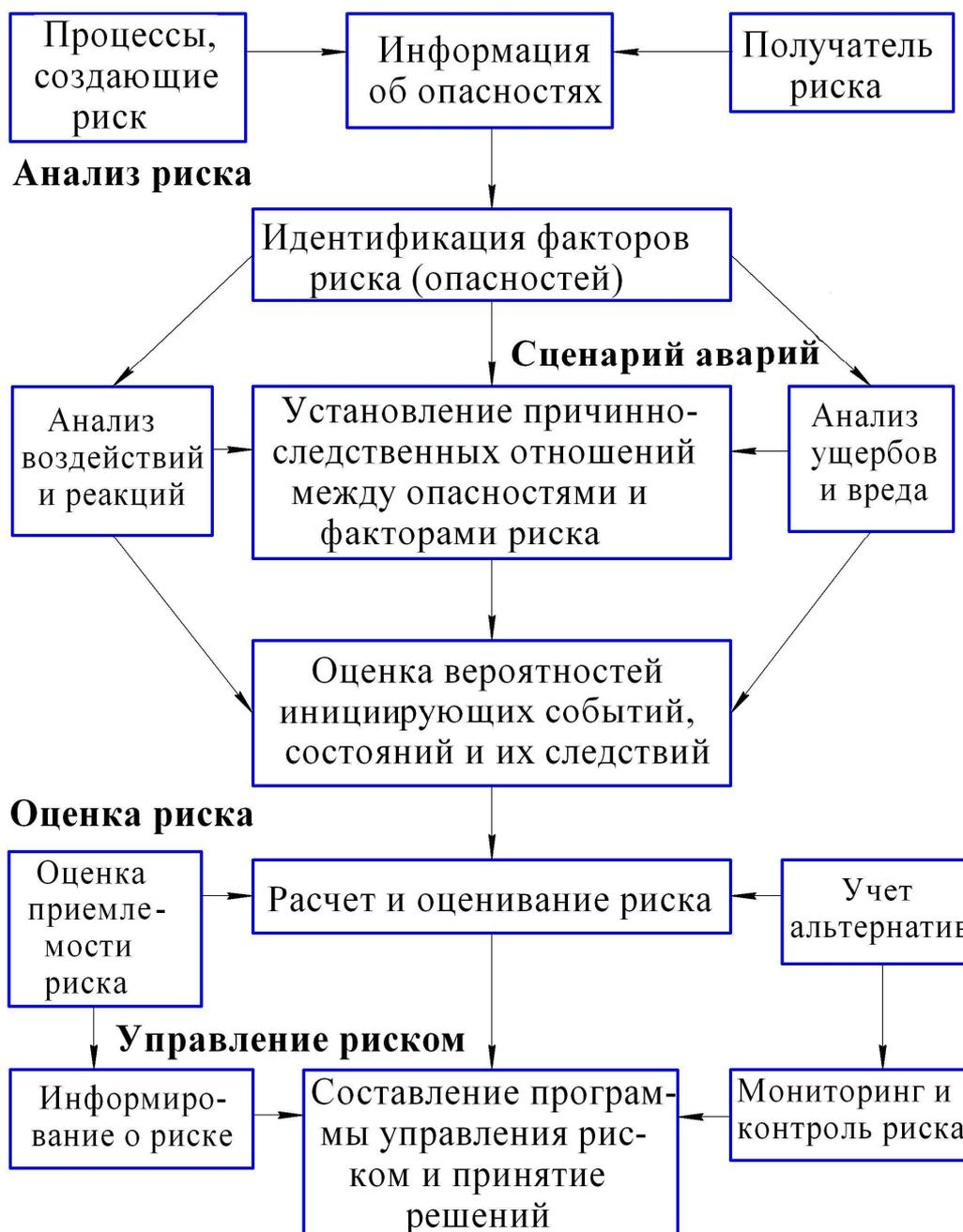
Оценка эффективности предлагаемых мер уменьшения риска следующая: при заданных средствах необходимо обеспечить максимальное снижение риска эксплуатируемого ГТС или обеспечить снижение риска до приемлемого уровня при минимальных затратах.

Для определения приоритетности выполнения мер по снижению риска следует определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования; ранжировать эти меры по показателю «эффективность – затраты»; обосновать и оценить эффективность предлагаемых мер по критериям диагностических показателей безопасности, определяющих надежность работы ГТС.

В общем случае при исследованиях риска возникновения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях авторами предлагается блок-схема, включающая комплекс взаимосвязанных задач и представленная на рисунке 1.

### **Выводы**

1 Анализ и оценка риска аварий на эксплуатирующихся ГТС основываются на информации, к которой предъявляются следующие требования: полнота, достоверность, однородность, дискретность, своевременность и непрерывность.



**Рисунок 1 – Блок-схема основных задач исследований риска возникновения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях**

2 Безопасность гидротехнических сооружений определяется итоговой (обобщенной) оценкой риска, которая основывается на результатах интегрирования показателей возможных опасных событий на ГТС, характеризующихся диагностическими показателями безопасности ГТС и определяющих их надежность, и негативных последствий (ущербов) от аварий.

3 Количественная оценка диагностических показателей безопасности и оценки риска аварий на эксплуатируемых ГТС дает возможность прогнозировать аварии на ГТС, оценивать его техническое состояние, уровень безопасности и принимать своевременные меры по снижению риска.

4 Опыт составления деклараций безопасности гидроузлов II, III и IV классов, разработанных сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПИМ» для Саратовской, Пензенской обл. (7 деклараций), ГУП «Управление «Башмелиоводхоз» (2 декларации), ООО «Севкавгипроводхоз» (3 декларации), подтвердил достоверность оценки риска аварий по методике, разработанной ФГУП ВНИИ «ВОДГЕО» и рекомендуемой для использования [8].

#### **Список использованных источников**

1 Стефанишин, Д. В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска / Д. В. Стефанишин // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 2. – С. 44–47.

2 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

3 Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams, Durban, South Africa. – Durban, 1994.

4 Trans. of the 19-th Int. Congress on Large Dams, Florence, Italy, 26–30 May 1997. – Vol. 1, Q. 72. – Florence, 1997.

5 The use of risk analysis to support dam safety decisions and management // Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams, Beijing, China, 19–22 September 2000. – Vol. 1, Q. 76. – Beijing, 2000.

6 Гидротехнические сооружения. Основные положения: СНиП 33-01-2003: утв. Госстроем России 30.06.03: введ. в действие с 01.01.04. – М.: ЦПП, 2004. – 30 с.

7 Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 88 с.

8 Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений и накопителей промышленных отходов / ФГУП ВНИИ ВОГЕО. – М., 2002.