

### Список использованных источников

1 Лесной кодекс Республики Беларусь: 24 декабря 2015 г. № 332-3 // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://docviewer.yandex.by/?url=http%3A%2F%2Fwww.forestforum.ru%2Finfo%2Flaws%2FLK\\_RB\\_2015.pdf&name=LK\\_RB\\_2015.pdf&lang=ru&c=58984963d7d2](https://docviewer.yandex.by/?url=http%3A%2F%2Fwww.forestforum.ru%2Finfo%2Flaws%2FLK_RB_2015.pdf&name=LK_RB_2015.pdf&lang=ru&c=58984963d7d2). – Дата доступа: 15.11.2016 г.

2. Водоохранные и защитные леса [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/vodooxramnye-i-zashhitnye-lesa/> Зооинженерный факультет МСХА. – Дата доступа: 5.09.2017 г.

3. Редкие биотопы Беларуси / А.В. Пугачевский [и др.]. – Альтиора – Живые краски – Минск, 2013. – 236 с.

УДК 626 (712.3)

Б. Э. Бекмухамедов<sup>1</sup>, канд.техн.наук, Б. М. Баджанов<sup>2</sup>, ст.науч.сотр.,  
Ж. М. Мухтаров<sup>2</sup>, дотарант

<sup>1</sup>АО «Национальный центр космических исследований и технологий», г. Алматы

<sup>2</sup>ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства», г. Тараз

## РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ГТС

На практике в настоящее время используют ряд концепций риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Наиболее часто риск понимается в следующих аспектах:

– **риск как опасность или угроза** – основывается на рассмотрении негативных событий, приводящих к вреду для человека и организаций. Под риском здесь понимается возможность наступления событий с негативными последствиями, т. е. возможность реализации предполагаемой опасности.

– **риск как неопределенность** – основывается на понятии вероятностного распределения возможных исходов (позитивных и негативных). В рамках этого подхода *риск* – мера несоответствия между различными результатами решений, которые оцениваются через их полезность, вредность, а также эффективность по критериям соответствия выбранным ориентирам.

Анализ риска – это систематические научные исследования и практическая деятельность, направленные на выявление и количественное определение различных видов риска при осуществлении каких-либо видов деятельности и хозяйственных проектов, включая изучение размера экономического ущерба, а также изменение рисков во времени, степень взаимосвязи между ними и изучение факторов, влияющих на них.

Для сравнимости степени риска ЧС для различных территорий используются показатели риска. В зависимости от возможности формализации задачи и имеющейся исходной информации используют следующие показатели:

– количественные;

– качественные, которые применяют тогда, когда отсутствует возможность количественных оценок (необходимые статистика, модели).

Чаще всего риск определяется как возможность реализации опасности чего-либо, возможность наступления событий с отрицательными последствиями, т. е. характеризуется совокупностью двух свойств:

возможностью причинения вреда. Поэтому риск часто связывают с размером  $w$  ущерба от опасного события или явления, как правило, в натуральном (число пострадавших и погибших, размер зоны действия опасных факторов) или стоимостном выражении. Учитывая, что размер ущерба в задачах прогноза является случайной величиной  $W$ , описываемой функцией распределения

$$F(w) = P(W < w),$$

в качестве показателя риска часто используют условную вероятность

$$Q(wз) = P(W > wз)$$

превышения ущербом заданного уровня  $wз$  (или его нахождения в определенном интервале) при условии, что негативное событие произошло;

неоднозначностью наступления опасного события (если наступление события закономерно, то его вероятность равна 1 и риска нет; если события на рассматриваемом интервале времени являются массовыми и, значит, вполне предсказуемыми, то вероятность их наступления за рассматриваемый интервал времени приближается к 1. Тогда риска также нет, хотя ущерб имеется.

Поэтому понятие риска связывают с возможностью наступления сравнительно редких событий. Под редкими понимают такие события, математическое ожидание числа которых за интервал времени  $\Delta t$  удовлетворяет неравенству  $a(\Delta t) < 0,1$ . При этом риск часто отождествляют с вероятностью  $Q(\Delta t)$  наступления этих событий за интервал времени  $\Delta t$  (как правило, за год).

Вероятность  $Q(\Delta t)$  выступает в этом случае как мера (показатель) риска, удобная для сравнения рисков для одного объекта от различных событий или для различных объектов в типовых для них условиях функционирования и однородными последствиями проявления опасности.

Если в течение года может произойти  $N$  опасных явлений (в частном случае  $N < 1$ ), то ущерб от них вычисляется по формуле

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = a(\Delta t) \bar{w},$$

где  $w_i$  – ущерб от  $i$ -го опасного явления.

Для редких событий риск оценивается произведением вероятности свершения неблагоприятного (для рассматриваемого объекта) события на его последствия (для этого объекта).

Таким образом, показателем риска, применимым для любых  $N$ , является

$$\text{Показатель риска} \left[ \frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] = \text{Частота} \left[ \frac{\text{события}}{\text{время}} \right] \times \text{Средний ущерб} \left[ \frac{\text{ущерб}}{\text{события}} \right]$$

Из приведенных соотношений следует, что независимыми переменными, по которым оценивается риск, являются время  $t$  и ущерб  $w$ , а для оценки (прогноза) риска необходимо определять частоты реализаций опасных явлений и ущерб от них.

Для определения основных компонент риска необходимо рассматривать распределение опасных явлений во времени и по ущербу. Составить модели для вероятности реализации негативного события и стоимостного выражения различных ущербов для всех объектов воздействия обычно затруднительно.

Для создания матрицы риска величины риска  $R$  как произведения  $WQ$  также можно подразделить условно на пять категорий.

**Таблица 1 – Пример каркаса матрицы риска**

Вероятность	Последствия				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Всесторонняя оценка риска аварий основывается на анализе причин (отказы технических устройств, ошибки персонала, внешние воздействия) возникновения и условий развития

аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу эксплуатирующей организации или третьим лицам, вреда окружающей природной среде. Чтобы подчеркнуть, что речь идет об «измеряемой» величине, используется понятие «степень риска» или «уровень риска». Степень риска аварий на опасном производственном объекте, эксплуатация которого связана со множеством опасностей, определяется на основе учета соответствующих показателей риска. В общем случае показатели риска выражаются в виде сочетания (комбинации) вероятности (или частоты) и тяжести последствий рассматриваемых нежелательных событий.

Остановимся на характеристиках основных количественных показателей рисков:

1. При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют **технический риск**, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.

Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности является **индивидуальный риск** – частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени. При расчете распределения риска по территории вокруг объекта (картировании риска) индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском (см. ниже) и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. Индивидуальный риск во многом определяется квалификацией и готовностью индивидуума к действиям в опасной ситуации, его защищенностью. Индивидуальный риск, как правило, следует определять не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты. Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно для персонала объекта и для населения прилегающей территории или, при необходимости, для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.

Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является **потенциальный территориальный риск** – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный территориальный, или потенциальный, риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (т. е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях. Распределения потенциального риска и населения в исследуемом районе позволяют получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий  $F$ , при которой может пострадать на том или ином уровне  $N$  и более человек.

**Социальный риск** характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название –  **$F/N$ -кривая** (или кривая Фармера встречающаяся в зарубежных работах). В общем случае в зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены

F/N-кривые приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является **коллективный риск**, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенное время.

Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически **ожидаемый ущерб** в стоимостных или натуральных показателях.

Основными этапами оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций являются:

- выявление и идентификация возможных источников чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на заданной территории;
- оценка вероятности (частоты) возникновения источников чрезвычайных ситуаций;
- прогнозирование возможных последствий воздействия поражающих факторов – источников чрезвычайных ситуаций на население и территорию.

Общие закономерности перерастания опасных явлений различного типа (природных, техногенных, антропогенных) в ЧС (стихийные бедствия, природно-техногенные катастрофы) сводятся к учету ряда факторов, влияющих на вероятность возникновения ЧС на некоторой территории и выступающих критериями оценки рисков.

Приведем ряд факторов, определяющих риск возникновения чрезвычайных ситуаций:

- виды, частота и сила иницирующих событий: опасных природных, техногенных и антропогенных явлений;
- пространственно-временное распределение очага опасных явлений/объектов воздействия и их поражающих факторов;
- площади зон действия негативных факторов опасных явлений;
- состояние объектов техносферы;
- последствия от разрушения объектов техносферы;
- расположение людей относительно объектов техносферы в момент опасного явления.

Структура критериев оценки риска будет различна для различных источников чрезвычайных ситуаций – природных и техногенных.

Анализ риска аварий для гидротехнических сооружений является частью системного подхода к принятию организационно-технических решений, процедур и практических мер по предупреждению или уменьшению опасности аварий гидротехнических сооружений для жизни людей и их здоровья, ущерба имуществу и окружающей природной среде. Но необходимость учета разнообразной по характеру и полноте исходной информации о природно-климатических и социально-экономических условиях районов размещения ГТС, а также исключительное разнообразие условий их эксплуатации существенно затрудняют формализацию процедуры анализа и оценки риска аварий. При этом, если отказы затворов водосбросных сооружений весьма схожи с отказами оборудования в промышленности, поскольку возникают, как правило, при отказах элементов механического или электрического оборудования, стандартизованного в достаточной мере, то практически все виды отказов плотин и дамб при сверхрасчетных воздействиях на ГТС, а также вследствие нарушений устойчивости и прочности сооружений совершенно непохожи на таковые в промышленности. Особую сложность представляет анализ риска аварий ГТС в результате человеческого фактора (ошибочные действия персонала, запаздывание, бездействие в аварийных ситуациях, ошибки изысканий, проектирования, строительства и т. д.), который не поддается сегодня аналитическому моделированию ни в одной отрасли техногенной деятельности, но остается одной из главных причин аварий и неполадок.

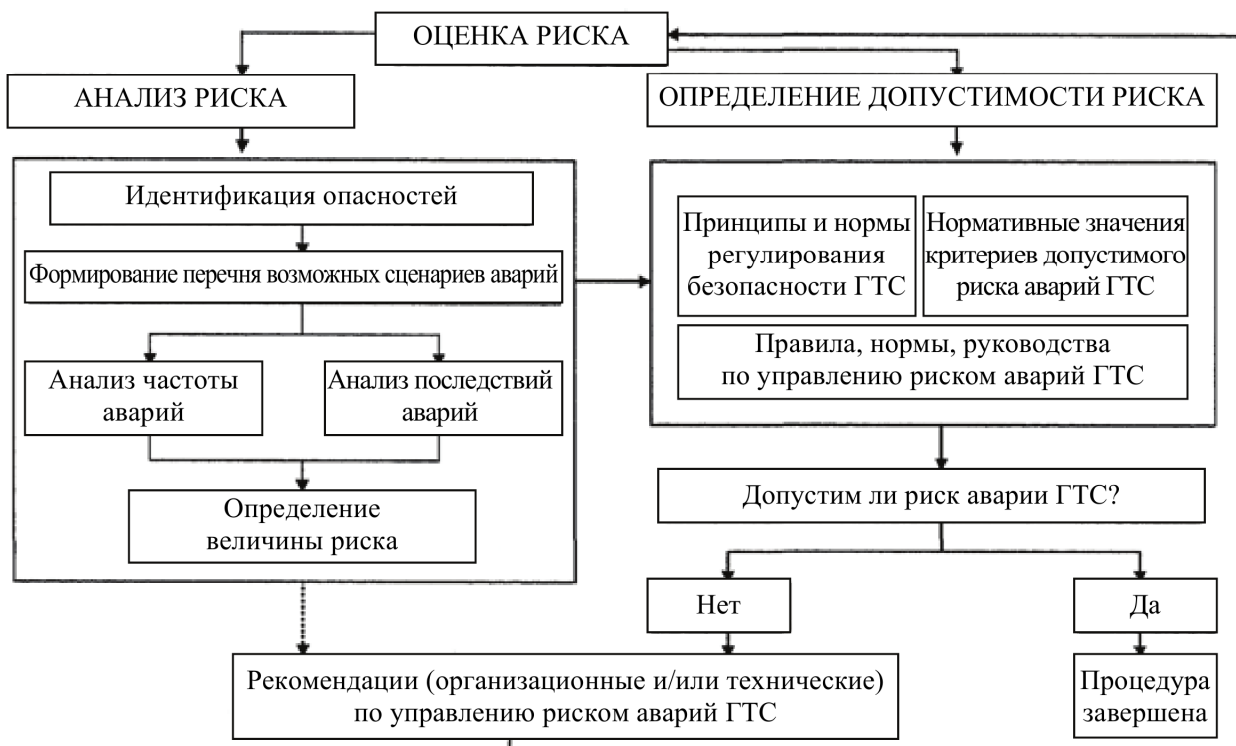
Основная задача анализа риска аварий гидротехнических сооружений заключается в использовании всей доступной информации о сооружениях для оценки вероятности (среднегодовой частоты) и последствий для отдельных людей, групп населения, имущества и окружающей природной среды от реализации опасностей, свойственных авариям ГТС. При этом анализ риска в обязательном порядке должна включать три основных стадии (рисунок 1):

1) идентификация опасностей – выявление всех возможных нежелательных явлений, процессов и событий, способных привести к аварии анализируемого сооружения; по результатам идентификации опасностей разрабатывается перечень сценариев аварий, возможных на сооружении;

2) анализ частоты – оценка (качественная и/или количественная) среднегодовой вероятности реализации выявленных на предыдущей стадии нежелательных явлений, процессов и событий, а также основных сценариев аварий, возможных на сооружении;

3) анализ последствий – оценка (качественная и/или количественная) ущерба (вреда) от возможных на анализируемом гидротехническом сооружении аварий, наносимого персоналу объекта, населению, имуществу и окружающей природной среде.

Результаты анализа риска аварий гидротехнических сооружений позволяют получить объективную информацию о состоянии сооружений и уровне их безопасности, данные о наиболее опасных процессах и воздействиях на сооружение, способных привести к его аварии, обоснованные рекомендации по уменьшению риска аварий ГТС.



**Рисунок 1 – Основные составляющие анализа и оценки риска аварий ГТС**

Уровень безопасности водных объектов определяется в зависимости от факторов, доступных для анализа и оказывающих то или иное влияние на возникновение и последствия возможной аварии. Все учитываемые факторы безопасности водных объектов можно разделить на 4 группы:

- группа технических факторов;
- группа гидрологических факторов;
- группа факторов ущерба;
- группа факторов тяжести ликвидации последствий.

Первые две группы характеризуют состояние природного или эксплуатируемого водного объекта, вторые две – значимость ущерба от возникновения возможной аварии.

Приведение факторов к единому масштабу (ранжирование) осуществляется на основе единой непрерывной шкалы, значения которой изменяются от 0 до 3. Итоговая оценка уровня безопасности представляется в том же масштабе – слабая, средняя, сильная. Ниже в таблице 2, в виде примера, приведены факторы и критерия оценки рисков возникновения ЧС на гидротехнических сооружениях.

**Таблица 2 – Факторы и критерии оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях**

Группы факторов	Факторы оценки	Критерий оценки	Ранг фактора
Гидрологические	Преобладающий тип питания реки	Снеговой	3
		Ледниковый	2
		Грунтовый	1
	Среднегодовой расход воды в реке, м <sup>3</sup> /с	>50	3
		5–50	2
		<5	1
	Объем воды водохранилища, млн.м <sup>3</sup>	>100	3
		1–100	2
		<1	1
Технические	Год последнего обследования ГТС	> 10	3
		5–10 лет	2
		<5 лет	1
	Тип ГТС	Земляные	3
		Грунтовые	2
		Бетонные	1
	Давность сооружения плотины	50–30 лет	3
		30–10 лет	2
		< 10 лет	1
Ущерба	Количество населения в зоне затопления, тыс.чел.	>5000	3
		1000–5000	2
		<1000	1
	Размер зоны затопления, км <sup>2</sup>	>1000	3
		100–1000	2
		<100	1
	Количество населенных пунктов в зоне затопления	>5	3
		3–5	2
		<3	1
Тяжести ликвидации	Среднее расстояние между населенными пунктами, км	>75	3
		50–75	2
		<50	1
	Расстояние от областного центра по автодорогам, км	>250	3
		100–250	2
		<100	1
	Абсолютная высота расположения ГТС, м	>1000	3
		500–1000	2
		<500	1

Исходя из перечисленных критериев, можно построить матрицу риска для гидротехнических сооружений (см. таблицу 3) по следующей схеме.

**Таблица 3 – Фрагмент матрицы риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях**

ВЕРОЯТНОСТЬ	Давность сооружения плотины	50–30 лет	3			
		30–10 лет	2			
		< 10 лет	1			
		БАЛЛЫ		1	2	3
		КРИТЕРИИ		>1000	1000–5000	<5000
	ФАКТОРЫ			Количество населения в зоне затопления		
ПАРАМЕТРЫ				ПОСЛЕДСТВИЯ		

Процедура проведения анализа риска должна стать составной частью декларации о безопасности гидротехнических сооружений, экспертизы деклараций безопасности ГТС, определения критериев безопасности ГТС, расчета вероятного вреда, который может быть причинен третьим лицам в результате аварий, возможных на ГТС, экономического анализа безопасности гидротехнических сооружений по критериям «стоимость – безопасность – выгода», обоснования страховых ставок и тарифов, выбора приоритетов при планировании ремонтно-восстановительных работ и других видов оценки состояния гидротехнических сооружений и уровня их безопасности с разработкой рекомендации по повышению уровня безопасности анализируемых гидротехнических сооружений.

*Список использованных источников*

1 Акимов, В. А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

2 Беллендир, Е. Н. Управление риском аварий гидротехнических сооружений – проблемы, подходы, опыт, перспективы / Е. Н. Беллендир, Н. Я. Никитина // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2003. – Вып. 3. – С. 124–135.

УДК 502.55

Л. Н. Гертман, А. П. Рутковский, Г. М. Тищиков

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

### **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА И РАСЧЕТ НОРМ ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ЗОНАХ ОТДЫХА НА ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ**

Рекреационное использование водоемов, как один из видов хозяйственной деятельности, может привести к неблагоприятным последствиям для водного объекта – экологическому риску и ухудшению экологического состояния (статуса) водоема.

Нормирование рекреационных нагрузок на водоемы является актуальной темой современных исследований и представляет практическое значение для организации рекреационной деятельности. Превышение рекреационных нагрузок негативно сказывается на экологическом состоянии водных экосистем, что влияет на комфортность отдыха и снижает рекреационный потенциал территории.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, использование водных объектов (морских и пресноводных) для рекреации может вызвать негативные последствия, связанные с воздействием ряда факторов, к которым относятся: физические (холод, тепло и солнечная радиация); качество воды (особенно воздействие воды, загрязненной сточными водами, а также воздействие патогенных микроорганизмов, свободно живущих в рекреационных водных объектах), загрязнение пляжа, водоросли и их токсичные продукты, опасные водные организмы [1]. В этой связи хороший экологический статус водного объекта является важным для безопасного его использования в целях рекреации.

Точность расчета рекреационной нагрузки напрямую зависит от выбора методического подхода, применяемого при расчетах. В настоящее время существует ряд методик оценки рекреационных нагрузок, в каждой из которой применяются свои методические подходы. Расчет по разным методикам норм рекреационных нагрузок на один и тот же водоем зачастую дает различный результат, что не позволяет дать объективную оценку возможной степени воздействия на водный объект. В связи с этим возникает проблема выбора наиболее оптимальных моделей расчета для определенных условий. Для решения данной проблемы необходим детальный анализ действующих методик и методических подходов, который даст возможность определить круг проблем, возникающих при нормировании рекреационных нагрузок и найти пути их решения.