

На правах рукописи

**АБДУЛЛИН Айдар Хайдарович**

**ОЦЕНИВАНИЕ РИСКА ОТ ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НА ОСНОВЕ  
ИНТЕРВАЛЬНО-ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

**Специальности**

**05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в промышленности)**

**05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Уфа 2008**

Работа выполнена

в Уфимском государственном авиационном техническом университете

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.  
**КРЫМСКИЙ Виктор Григорьевич**

Официальные оппоненты: д-р техн. наук, проф.  
**ГВОЗДЕВ Владимир Ефимович**

канд. техн. наук  
**ЮНУСОВ Андрей Рифович**

Ведущая организация: НИИ Безопасности жизнедеятельности Рес-  
публики Башкортостан, г.Уфа

Защита состоится 23 декабря 2008 года в 10<sup>00</sup> часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан 18 ноября 2008 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

д-р техн. наук, проф.

**В.В. Миронов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Водные объекты (ВО) и их использование играют огромную роль в различных отраслях экономики нашей страны. В то же время, организацию водопользования и управления состоянием ВО нельзя осуществлять без учета связанных с ними опасных факторов. К числу таких факторов, способных привести к возникновению чрезвычайной ситуации (ЧС) на той или иной территории, следует отнести гидрологические (недопустимый подъем уровня воды в ВО, который сопровождается затоплением участков местности) и гидрохимические (недопустимое загрязнение воды в этих объектах, прежде всего, промышленными отходами).

В свою очередь, наличие опасных факторов приводит к необходимости оценивания риска от влияния водных объектов на условия жизнедеятельности людей, функционирования предприятий и возможность материальных потерь. Актуальность адекватного оценивания такого риска отражена в Федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года».

Исследованию задач прогнозирования опасности, связанной с ВО, и формированию информационной поддержки соответствующих управленческих решений посвящены работы многих отечественных ученых и специалистов: А.Б. Авакяна, В.А. Акимова, С.Е. Беднарука, М.В. Болгова, В.Р. Болова, С.В. Борща, В.Е. Гвоздева, С.В. Павлова, В.Г. Пряжинской, Р.З. Хамитова, А. В. Шевчука и других, а также зарубежных – П.Адамсона, Х. Амменторпа, К. Бодри, Й. Кьелдса, Р. Мерца, Д. Тартаковски, И. Рубина, К. Хэвню.

Тем не менее, проблемы получения достоверных оценок показателей риска, относящегося к ВО, еще далеки от полного решения. Сказанное объясняется высоким уровнем неопределенности, с которым приходится сталкиваться в процессе получения указанных оценок. Эта неопределенность вызвана принципиальной невозможностью учета всех влияющих воздействий (гидрометеорологических, водохозяйственных и т.д.) на вероятности возникновения опасных явлений (ОЯ). В силу отмеченных причин даже накопленная статистика не дает достаточных оснований для формирования фиксированных законов распределения рассматриваемых величин и формулирования выводов (например, известно, что максимальные

уровни воды для одного и того же ВО, но фиксируемые за промежутки времени 10, 50 или 100 лет, подчиняются разным законам распределения).

В данной ситуации для реализации процедур достоверного оценивания риска целесообразно использовать специальный вид моделей неопределенности – так называемые «интервально-вероятностные модели». Основы этого аппарата заложены в работах С.В. Гурова, И.О. Козина, В. Крейнвича, В.П. Кузнецова, Ф. Кулена, Г. де Кумана, П. Уолли, Л.В. Уткина. Однако, предложенные в этой области подходы зачастую дают чрезмерно грубые оценки вероятностей и иных статистических характеристик, так как не ориентированы на рациональное использование всей располагаемой, в том числе, и экспертной информации о свойствах случайных величин.

Указанные обстоятельства обосновывают актуальность темы настоящего исследования, направленного на разработку методов оценивания риска от опасного влияния ВО на базе применения интервально-вероятностных моделей неопределенности, которые, в свою очередь, следует модифицировать с целью уточнения результирующих выводов.

**Цель работы** – разработка методов и реализующих их алгоритмов оценивания риска от влияния опасных факторов, связанных с ВО, на основе использования интервально-вероятностных моделей неопределенности и осуществление последующего зонирования территорий по уровню риска для обеспечения информационной поддержки принятия управленческих решений.

#### **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Формирование модели неопределенности, позволяющей производить оценивание уровней риска для территорий с учетом опасных факторов, которые связаны с ВО, в условиях неполноты информации о видах законов распределения этих факторов.

2. Разработка методов получения интервальных оценок статистических характеристик случайных величин, характеризующих степень опасного влияния ВО на участки территории, при наличии неопределенности в задании законов распределения вероятностей опасных явлений.

3. Разработка метода оценивания меры тяжести потенциальных потерь от возникновения ЧС, связанных с ВО, применительно к рассматриваемым территориям на базе использования интервально-вероятностных моделей

неопределенности и моделирования масштабов последствий указанных ситуаций с помощью геоинформационных технологий.

4. Разработка методики зонирования территорий по уровню риска с учетом результатов интервального оценивания вероятности наступления неблагоприятных событий и степени тяжести ожидаемых последствий в рамках использования геоинформационных технологий. Создание программных продуктов, реализующих компоненты подсистемы оценивания риска в составе системы стратегического управления состоянием ВО, а также исследование эффективности разработанных методов в процессе решения задач зонирования территорий по уровню опасности, связанной с этими объектами.

### **Научная новизна**

1. На основе анализа специфики опасного влияния ВО на участки территории региона сформирована модель неопределенности, с использованием которой можно оценивать статистические характеристики случайных величин, отражающих возможность возникновения ОЯ. Модель *отличается* тем, что ее построение базируется на применении аппарата интервальнозначных вероятностей. При этом:

- формируемые решения могут быть представлены в виде интервалов значений искомой статистической характеристики и служить обоснованной оценкой, справедливой для множества законов распределения;
- в условиях недостатка или недостоверности накопленных статистических данных о возникновении ОЯ можно привлекать информацию, полученную в виде экспертных суждений;
- последовательное дополнение модели уточненной информацией о свойствах статистических закономерностей ОЯ позволяет улучшить итоговое решение путем сужения интервала ожидаемых значений искомой статистической характеристики (вероятности).

2. Предложен метод оценивания статистических характеристик случайных величин, отражающих влияние ВО, с учетом неполноты информации о распределениях связанных с ними опасных факторов. Метод основывается на отмеченной выше модели неопределенности и *отличается* тем, что он обеспечивает возможность адекватного оценивания вероятностей ОЯ с использованием только обоснованной исходной информации.

3. Разработана процедура интервально-вероятностного оценивания показателей тяжести последствий от опасных явлений, связанных с ВО, в рамках моделирования ЧС с использованием геоинформационных технологий.

Процедура *отличается* тем, что в процессе ее реализации на электронной карте территории выделяются области потенциального ущерба, статистические характеристики которого задаются интервалами возможных значений.

4. На основе предложенных подходов к определению обеих компонент оценочной функции риска (вероятности неблагоприятных событий и меры тяжести потенциальных последствий) разработаны методика зонирования территорий по уровню риска от опасного влияния ВО с использованием геоинформационных технологий и программный продукт, реализующий положения этой методики в составе подсистемы стратегического управления уровнем риска от опасного влияния ВО.

Содержание методики *отличается* тем, что при зонировании территорий используются как максимальная (наихудшая), так и минимальная (наилучшая) оценки риска. Это, в свою очередь, позволяет более обоснованно принимать управленческие решения по планированию сил и резервов на случай ожидаемых ЧС.

#### **Практическая ценность и реализация результатов работы**

По результатам выполненных работ в отделе водных ресурсов по Республике Башкортостан Камского БВУ внедрены методики статистической обработки информации о гидрохимических и гидрологических показателях состояния ВО (включая алгоритмы интервально-вероятностного оценивания этих показателей), зонирования территорий по уровням риска от опасного влияния ВО, а также программы моделирования масштабов последствий ЧС и определения компонент оценочных функций риска. Перечисленные результаты используются при оценивании риска, связанного с использованием водных ресурсов и эксплуатацией гидротехнических сооружений на территории Республики Башкортостан, и позволяют на 22% сократить время, требуемое для выполнения расчетных работ.

#### **На защиту выносятся:**

1. Модель неопределенности, позволяющая производить оценивание уровней риска для территорий с учетом опасных факторов, которые связаны с ВО, в условиях неполноты информации о видах законов распределения этих факторов.

2. Совокупность методов получения интервальных оценок статистических характеристик случайных величин, характеризующих степень опасного влияния ВО на участки территории, при наличии неопределенности в задании законов распределения вероятностей опасных явлений.

3. Метод оценивания меры тяжести потенциальных потерь от возникновения ЧС, связанных с водными объектами, применительно к заданным территориям на базе использования интервально-вероятностных моделей неопределенности и моделирования масштабов последствий указанных ситуаций с помощью геоинформационных технологий.

4. Методика зонирования территорий по уровню риска с учетом результатов интервального оценивания вероятности наступления неблагоприятных событий и степени тяжести ожидаемых последствий в рамках использования геоинформационных технологий, а также программный продукт, реализующий указанную методику.

#### **Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях и семинарах: Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Проблемы современного машиностроения», УГАТУ, г. Уфа, 2004; Международной молодежной конференции «XXXI Гагаринские чтения», МАТИ, г. Москва, 2005; Международной научно-технической конференции «Материалы и технологии XXI века», г. Пенза, 2006; IX Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь», г. Пенза, 2006; V Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России», МНИЦ, г. Пенза, 2007; VII Международной научной школе «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах», ИПМАШ РАН, г. Санкт-Петербург, 2007; V Всероссийской научно-практической конференции «Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками», МНИЦ, г. Пенза, 2008; Межрегиональной научно-практической конференции «Чистая вода Башкортостана – 2008», Министерство природных ресурсов и экологии РБ, г. Уфа, 2008.

Основные материалы диссертационной работы опубликованы в 14 источниках, включая 1 статью в издании из перечня, утвержденного ВАК России («Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций»), 4 статьи в других изданиях, 8 материалов докладов научных конференций и 1 программный продукт, зарегистрированный в Роспатенте.

## Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из 156 страниц машинописного текста, включающего в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы из 118 наименований и три приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы ее цель и задачи, отмечаются научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В **первой главе** рассмотрена специфика опасных факторов и явлений, связанных с ВО. Проанализирована типовая структура организации стратегического управления уровнем риска от влияния отмеченных факторов на территории региона (рис. 1).

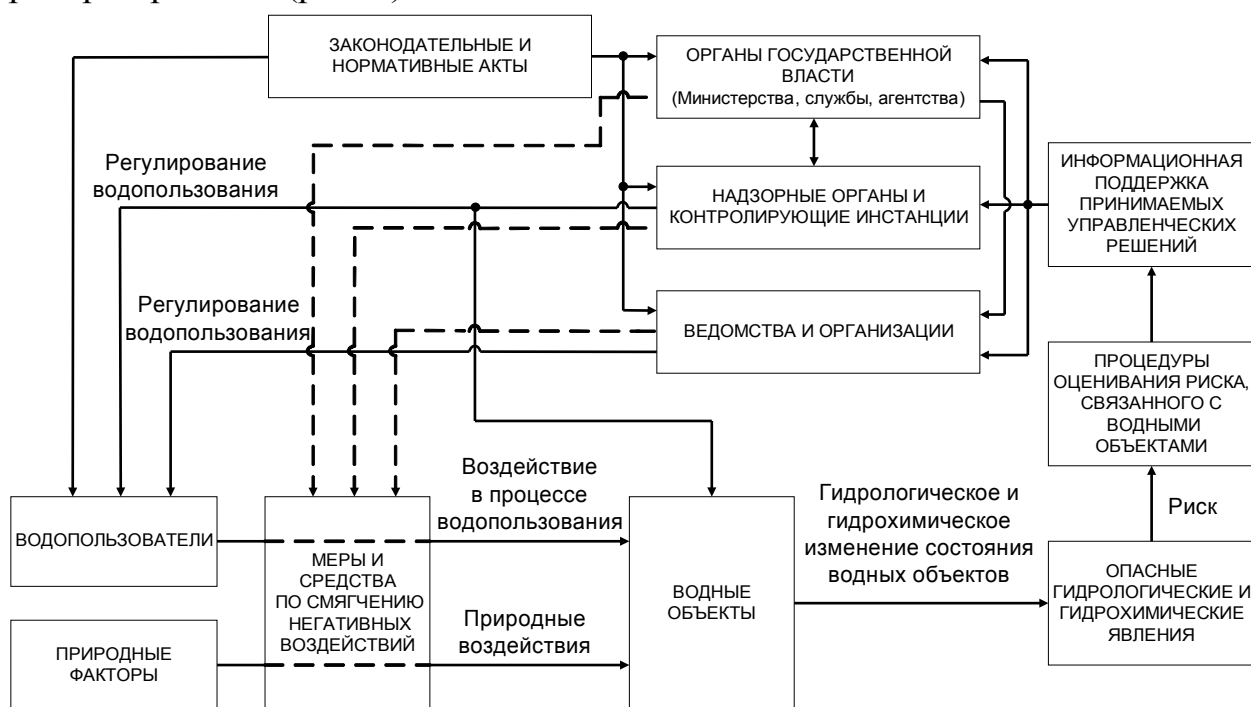


Рисунок 1 – Организация стратегического управления уровнем риска от влияния опасных факторов, связанных с водными объектами, для территорий региона

В рамках данной структуры особое место занимает обеспечение информационной поддержки управленческих решений, которые направлены на предупреждение возникновения ОЯ гидрологической или гидрохимической природы, а также на смягчение их возможных последствий. Такая информационная поддержка, в свою очередь, требует достоверного оценивания риска, обусловленного угрозами негативных иницирующих воздействий как при-



родного происхождения, так и со стороны водопользователей. При этом в соответствии с отечественной и мировой практикой «риск»  $R$  характеризуется значениями вероятностей  $P$  возможных неблагоприятных явлений и показателями  $Q$  тяжести их ожидаемых последствий:

$$R = P \times Q. \quad (1)$$

В главе исследуются особенности моделей неопределенности, в условиях которой приходится оценивать компоненты риска  $P$  и  $Q$ . Обосновывается целесообразность предпочтительного использования моделей на базе интервально-вероятностных оценок (что вызвано недостатком информации о видах законов распределения рассматриваемых величин) и аргументируется необходимость дальнейшего развития соответствующего математического аппарата.

В заключительной части главы сформулированы основные задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена разработке модели неопределенности для оценивания статистических характеристик величин, характеризующих ОЯ. В связи с тем, что учет опасного влияния ВО, как правило, приходится осуществлять при отсутствии достоверной информации о виде закона распределения рассматриваемой величины (например, уровня воды в объекте или концентраций загрязняющих веществ), исследуются два альтернативных подхода:

- формирование некоторой фиксированной функции плотности вероятности  $\rho(x)$  величины  $X$  на основе применения принципа максимума энтропии;
- определение интервалов значений статистических характеристик величины  $X$  применительно ко всему множеству возможных функций  $\rho(x)$ .

Формулируется обобщенная постановка задачи о поиске экстремума функционала  $J = \int_0^{\infty} G(\rho(x)) dx$ , которая при задании  $G(\rho(x)) = -\rho(x) \cdot \ln(\rho(x))$  приводит к реализации первого из названных подходов, а при  $G(\rho(x)) = g(x) \cdot \rho(x)$  ( $g(x) \geq 0$  – известная функция) позволяет производить поиск  $[\underline{M}(g), \overline{M}(g)]$ , где

$$\underline{M}(g) = \inf_{\rho(x)} J; \quad \overline{M}(g) = \sup_{\rho(x)} J. \quad (2)$$

В процессе решения отмеченной задачи необходимо принимать во внимание ограничения

$$\rho(x) \geq 0, \int_0^{\infty} \rho(x) dx = 1; \quad (3)$$

$$\underline{a}_i \leq \int_0^{\infty} f_i(x) \rho(x) dx \leq \overline{a}_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Здесь  $f_i(x) \geq 0$  – также известные функции;  $\underline{a}_i, \overline{a}_i$  – заданные неотрицательные вещественные числа.

Отметим, что путем выбора функций  $f_i(x), i = 1, 2, \dots, n$ , и  $g(x)$  соотношениям (2) и (4) можно придавать различный смысл. Так, если  $g(x) = I_{[0,q]}(x)$  – индикаторная функция, равная 1 при  $x \in [0, q]$  и равная 0 в противном случае, то  $J$  представляет собой вероятность  $\text{Pr}(X < q)$ . При задании  $f_i(x) = x^k$  ( $k \geq 1$  – целое число) ограничения (4) отражают располагаемую (в том числе, экспертную) информацию о диапазонах значений моментов величины  $X$ .

Известные алгоритмы решения задачи (2)–(4) дают чрезмерно «грубые» оценки для  $M(g)$  (т.е. неоправданно «широкий» интервал значений искомой статистической характеристики). Как показано в работах И.О. Козина и Л.В. Уткина, данный факт вызван тем, что плотности вероятности  $\rho(x)$ , соответствующие  $\underline{M}(g)$  и  $\overline{M}(g)$ , представляют собой линейные комбинации  $\delta$ -функций, которые не отражают реальных физических явлений.

В диссертации предлагается осуществить сужение интервалов для результатов оценивания за счет рационального привлечения дополнительной информации. В первую очередь, такая информация может быть представлена экспертными суждениями относительно максимумов функции  $\rho(x)$  и модуля ее производной:

$$\rho(x) \leq K = \text{const}, \quad |d\rho(x)/dx| \leq M = \text{const}, \quad K, M \in R_+. \quad (5)$$

Общий вид функции  $\rho(x)$ , удовлетворяющей ограничениям (3)–(5) и обеспечивающей достижение границ (2), находится с помощью методов вариационного исчисления (рис. 2). Фактически, таким путем осуществляется переход к задаче оптимизации функции многих переменных  $x_0, x_1, x_2, \dots$ , решаемой стандартными алгоритмами (в частности, градиентными). Согласно численным примерам, использование (5) исключает из решений  $\delta$ -функции и существенно (вплоть до 40%) сужает интервалы оценок.

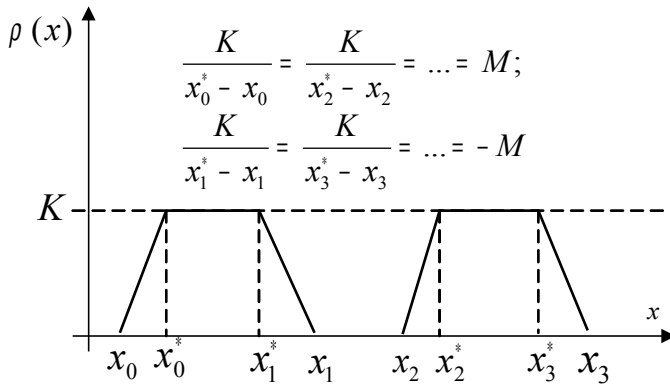


Рисунок 2 – Оптимальная функция плотности распределения

вается обобщенное распределение вида

$$\rho(x) = \left( \sum_{k=1}^n C_k e^{-\alpha_k x} \right)^2 = \sum_{k=1}^n C_k^2 e^{-2\alpha_k x} + 2 \sum_{\substack{l \neq r \\ l, r=1}}^n C_l C_r e^{-(\alpha_l + \alpha_r)x}, \quad (6)$$

где  $C_k, \alpha_k \geq 0$  – действительные числа;  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Значения коэффициентов  $C_k$  должны обеспечивать выполнение ограничений (2). Показано, что путем варьирования величин этих коэффициентов можно получать разнообразные формы графиков плотности вероятности – от монотонных зависимостей (рис. 3) до полимодальных функций (рис. 4).

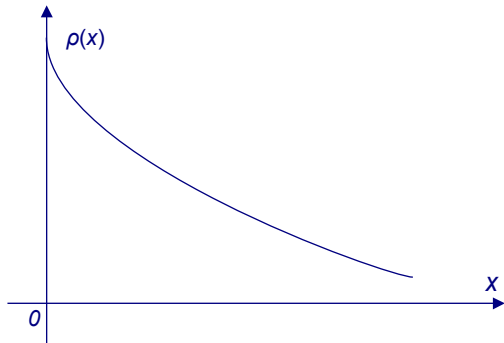


Рисунок 3 – График функции  $\rho(x)$  при  $n = 2, C_1 C_2 \geq 0$

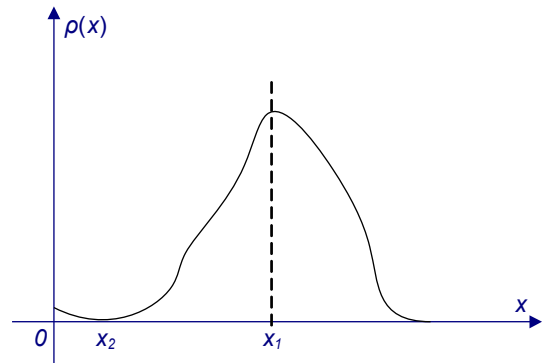


Рисунок 4 – График функции  $\rho(x)$  при  $n = 2, C_1 C_2 < 0$

Поиск границ интервала  $[\underline{M}(g), \overline{M}(g)]$  при изменении вида распределения в рамках класса функций (6) сводится к определению значений  $C_k, k = 1, 2, \dots, n$ , соответствующих указанным границам. Такой подход исключает из рассмотрения недифференцируемые функции плотности вероятности, что удовлетворяет требованиям большинства практических ситуаций и способствует дальнейшему уточнению результирующих оценок.

Особое внимание в диссертации уделено формированию алгоритма, ориентированного на интервальное оценивание статистических характери-

В качестве следующей модификации задачи, ориентированной на уточнение получаемых результатов, в работе рассматривается возможность применения обобщенной записи функций плотности вероятности в пределах анализируемого множества. В этом отношении перспективным оказы-

стик случайных величин при наличии сведений об унимодальности закона распределения (данное свойство обычно имеет место при анализе влияния опасных факторов гидрологической природы). Этот алгоритм основывается на аппроксимации плотности  $\rho(x)$  кусочно-постоянной функцией (рис. 5) и представляет собой многошаговый процесс, причем на каждом шаге фиксируется значение моды  $x^*$  распределения, а ординаты  $h_1, h_2, \dots$  находятся путем решения задачи (2)–(4) методами линейного программирования. Процесс завершается сопоставлением значений полученных оценок при различных величинах  $x^*$ .

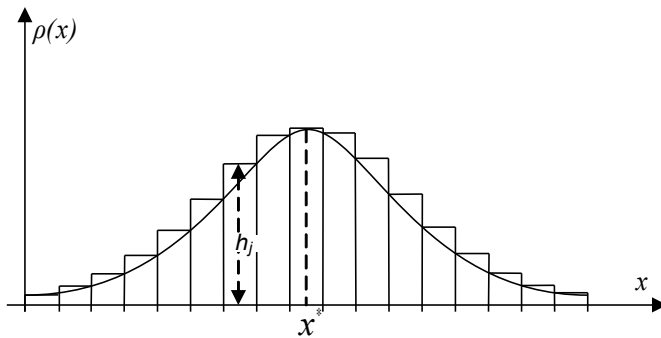


Рисунок 5 – Аппроксимация унимодальной плотности распределения кусочно-постоянной функцией

Наконец, построение интервально-вероятностной модели неопределенности может быть основано на составлении перечня «правдоподобных» распределений, характерных для анализируемого явления. Например,

при наличии перечня из четырех законов распределения («претендентов») целесообразно решить задачу (2), (4) для каждого из них, а затем найти результирующую оценку. Так, если  $I_1, I_2, I_3, I_4$  – интервалы  $[\underline{M}^{(i)}(g), \overline{M}^{(i)}(g)]$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ , полученные для математического ожидания  $M(g)$  в предположении о справедливости  $i$ -го закона распределения из составленного перечня, то результирующее множество  $\Delta$  возможных значений  $M(g)$  соответствует равенству

$$\Delta = \bigcup_{i=1}^4 I_i - \bigcap_{\substack{i=1, j=1 \\ i \neq j}}^4 (I_i, I_j) + \bigcap_{\substack{i=1, j=1, r=1 \\ i \neq j, i \neq r, j \neq r}}^4 (I_i, I_j, I_r) - \bigcap (I_1, I_2, I_3, I_4). \quad (7)$$

В случае, если  $\Delta$  также является интервалом, его границы определяются как

$$\underline{\Delta} = \min_i \{\underline{M}^{(i)}(g)\}, \quad \overline{\Delta} = \max_i \{\overline{M}^{(i)}(g)\}, \quad i = 1, 2, 3, 4. \quad (8)$$

В диссертации подробно рассмотрена ситуация, когда составленный перечень ожидаемых законов распределений содержит четыре наименования: экспоненциальный, нормальный, законы Вейбулла и Рэлея. Применительно к этой ситуации получены аналитические соотношения, используемые для нахождения множеств значений оцениваемых статистических характеристик.

В третьей главе работы предложен подход к интервально-вероятностному оцениванию тяжести потенциальных последствий от влияния опасных факторов, связанных с ВО.

В общем случае следует рассматривать  $n$  показателей тяжести последствий. Если  $H_j$  – событие, заключающееся в том, что возникает  $j$ -е опасное явление, то набор

$$\{P(H_j), Q_1|_{H_j}, Q_2|_{H_j}, \dots, Q_n|_{H_j}\}, \quad (9)$$

где  $P(H_j)$  – вероятность события  $H_j$ ;  $Q_i|_{H_j}$  – последствия  $i$ -го вида при условии наступления события  $H_j$ , полностью характеризует риск.

Как уже указывалось, в ситуациях, связанных с ВО, в силу значительной неопределенности правомерно заменить  $P(H_j)$  интервалом значений этой вероятности и перейти к следующей форме записи:

$$\{\underline{P}(H_j), \bar{P}(H_j), Q_1|_{H_j}, Q_2|_{H_j}, \dots, Q_n|_{H_j}\}, \quad (10)$$

где  $\underline{P}(H_j)$ ,  $\bar{P}(H_j)$  – нижняя и верхняя границы указанного интервала.

Между тем, плотность  $\rho(q_i/H_j)$  распределения каждой из величин  $Q_i|_{H_j}$ , как правило, также не может быть представлена фиксированной функцией, что вызывает необходимость применения интервально-вероятностной модели.

Разобьем диапазон значений каждого из показателей  $Q_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$  на  $N$  частичных интервалов  $[Q_{i1}, Q_{i2}), [Q_{i2}, Q_{i3}), \dots, [Q_{iN}, Q_{i(N+1)}]$ . Пусть  $\rho^*(q_i/H_j, \alpha)$  – плотность распределения величины  $Q_i|_{H_j}$ , соответствующая нижней границе интервала значений вероятности  $\Pr(Q_i|_{H_j} < \alpha)$  ( $\alpha$  – заданное число), а  $\rho^{**}(q_i/H_j, \alpha)$  – аналогичная плотность, соответствующая верхней границе отмеченного интервала.

Тогда для результирующей меры тяжести последствий  $i$ -го вида можно получить оценки

$$\underline{M}(Q_i) = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^N \underline{P}(H_j) \frac{Q_{ir} + Q_{i(r+1)}}{2} \int_{Q_{ir}}^{Q_{i(r+1)}} \rho^*(q_i|_{H_j}, Q_{i(r+1)}) d(q_i|_{H_j}), \quad (11)$$

$$\bar{M}(Q_i) = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^N \bar{P}(H_j) \frac{Q_{ir} + Q_{i(r+1)}}{2} \int_{Q_{ir}}^{Q_{i(r+1)}} \rho^{**}(q_i|_{H_j}, Q_{i(r+1)}) d(q_i|_{H_j}). \quad (12)$$

Фактически,  $\underline{M}(Q_i)$  и  $\bar{M}(Q_i)$  отражают возможные минимум и максимум средних ожидаемых потерь  $i$ -го вида.

Вычисление оценок  $\underline{M}(Q_i)$ ,  $\overline{M}(Q_i)$  подразумевает моделирование масштабов последствий от ОЯ, связанных с ВО. Такое моделирование предлагается осуществлять с использованием геоинформационных технологий.

Разработана методика зонирования территорий по ожидаемой тяжести последствий и по степеням риска в целом (с учетом как вероятностей неблагоприятных событий, так и прогнозируемых потерь). В последнем случае применяется «принцип предосторожности», согласно которому принятие во внимание масштабов последствий имеет приоритет по отношению к учету вероятности ОЯ. Зонирование отражает результаты интервально-вероятностного оценивания и позволяет подготовиться к принятию управленческих решений как для часто встречающихся, так и относительно редких вариантов развития ситуации.

**В четвертой главе** приводится описание разработанного программного средства, которое предназначено для использования в подсистеме оценивания риска для реализации стратегического управления состоянием ВО. В число основных функций указанного программного средства, выполняющего обработку пространственных и атрибутивных данных, включены систематизация сведений о водных и водохозяйственных объектах (источниках ОЯ) и их характеристиках; формирование данных об ОЯ, связанных с этими объектами; определение вероятностной компоненты оценочной функции риска; моделирование масштабов последствий ЧС, обусловленных возникновением ОЯ; определение величины тяжести потенциальных потерь (второй компоненты риска) и ранжирование территорий с учетом обеих компонент риска.

Приведены расчеты показателей риска от влияния гидрологических и гидрохимических опасных факторов для ряда участков территории Республики Башкортостан (РБ) и последующее зонирование территории с использованием предложенного программного средства. В качестве примера на рис. 6 показаны результаты зонирования административных районов РБ, расположенных в бассейне реки Уфа, на основе интервально – вероятностных оценок превышения максимально допустимого уровня воды, фиксируемого на постах гидрологического контроля. При этом на карте применительно к каждому району условно обозначено его соотнесение с определенным классом по степени опасности для верхних (штриховка северной части района) и для нижних (штриховка южной части) границ интервалов оцениваемых вероятностей.

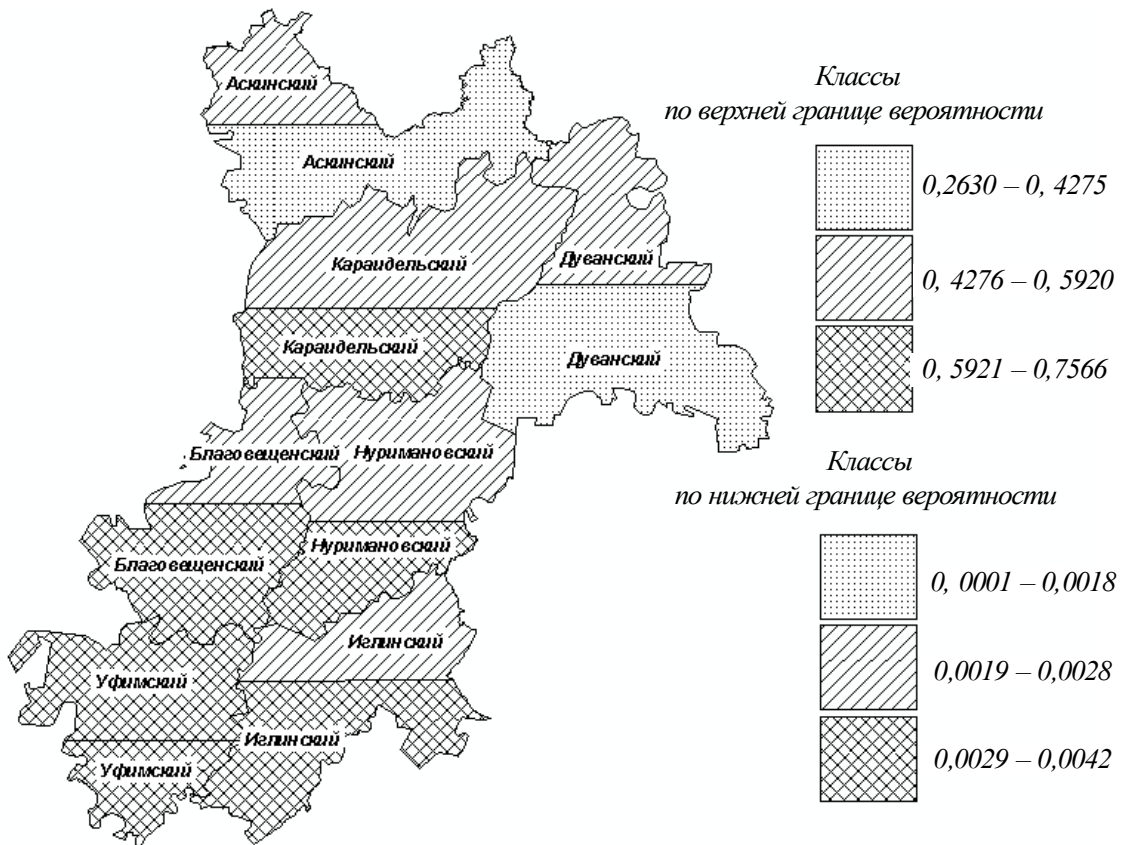


Рисунок 6 – Зонирование административных районов РБ с использованием интервально – вероятностных оценок риска

Интервальные оценки компонент оценочной функции риска позволяют выявить и принять во внимание как «ординарные» (часто встречающиеся) ситуации с характерными последствиями, так и «экстремальные» (относительно редкие) ОЯ, влекущие особенно масштабные потери. Отмеченная информация представляет несомненную ценность в плане поддержки принимаемых управленческих решений. Так, если к «ординарным» неблагоприятным событиям следует быть готовыми постоянно и иметь соответствующий резерв сил и средств для недопущения тяжелых последствий, то готовность к «экстремальным» ситуациям выражается в наличии плана действий по оперативному привлечению (мобилизации) дополнительных ресурсов, в том числе, с других территорий.

Полученная информация также оказывается полезной при решении вопроса о возможности застройки территорий, подверженных риску от опасного влияния ВО, в том числе, размещения на них промышленных предприятий или объектов жизнеобеспечения населения.

В **заключении** приводятся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложении представлены исходные данные для оценивания уровня риска, обусловленного возможностью гидрологических и гидрохимических опасных явлений, и примеры визуализации результатов зонирования территорий по этому признаку.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Предложена модель неопределенности, позволяющая производить оценивание уровней риска для территорий с учетом опасных факторов, которые связаны с водными объектами, в условиях неполноты информации о видах законов распределения этих факторов. Модель предполагает оперирование множеством распределений опасных факторов. Это дает возможность более обоснованно делать выводы о значениях показателей риска от влияния указанных факторов (получаемые таким путем оценки имеют вид интервалов вероятных значений рассматриваемых показателей).

2. Разработана совокупность методов получения интервальных оценок статистических характеристик случайных величин, характеризующих степень опасного влияния водных объектов на участки территории, при наличии неопределенности в описании законов распределения вероятностей опасных явлений. Методы учитывают ситуации с различными объемами сведений о законах распределения опасных факторов, связанных с водными объектами, и позволяют находить оценки вероятностей неблагоприятных событий, привлекая и рационально используя всю располагаемую статистическую и экспертную информацию.

3. Разработан метод оценивания меры тяжести потенциальных потерь от возникновения ЧС, связанных с водными объектами, применительно к заданным территориям на базе использования интервально-вероятностных моделей неопределенности и моделирования масштабов последствий указанных ситуаций с помощью геоинформационных технологий. Наличие сведений о границах интервалов значений показателей последствий дает возможность формировать более обоснованные управленческие решения по предотвращению или смягчению соответствующих последствий.

4. Разработана методика зонирования территорий по уровню риска с учетом результатов интервального оценивания вероятности наступления неблагоприятных событий и степени тяжести ожидаемых последствий в рамках использования геоинформационных технологий. Создан программный продукт, предназначенный для использования в качестве компонента подсистемы



мы оценивания риска в составе системы стратегического управления состоянием водных объектов.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. Применение интервально-статистических моделей для оценивания вероятностной компоненты риска чрезвычайных ситуаций / В.Г. Крымский, Ф.М. Ахмеджанов, А.Х. Абдуллин // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. М. : ВИНТИ, 2008. №1 . С. 28 – 35.

### *В других изданиях*

1. Управление техногенным риском при функционировании сложных технологических объектов / А.Х. Абдуллин // Проблемы современного машиностроения : матер. докл. Всерос. молодеж. науч.-техн. конф. Уфа : УГАТУ, 2004. С. 52.

2. Модель сложной системы для целей управления риском при эксплуатации авиационной техники / А.Х. Абдуллин // XXXI Гагаринские чтения : матер. докл. Междунар. молодеж. науч. конф. М. : МАТИ, 2005. Т.8. С. 5 – 6.

3. Модель сложной системы для оценивания риска аварий с экологическими последствиями / А.Х. Абдуллин, К.В. Балаба, В.Г. Крымский // Материалы и технологии XXI века : сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза : ПДЗ, 2006. С. 263 – 265.

4. Модель неопределенности в задачах принятия решений при управлении экологической безопасностью: подход на основе максимизации энтропии / А.Х. Абдуллин, В.Г. Крымский // Экология и жизнь : сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. Пенза : ПДЗ, 2006. С. 310 – 312.

5. Идентификация опасностей для целей анализа техногенного риска / А.Х. Абдуллин, Д.Е. Иванчин, В.Г. Крымский // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. Пенза : РИО ПГСХА, 2007. С. 114 – 116.

6. Применение геоинформационных технологий для моделирования зон затоплений при разрушении гидротехнических сооружений / А.Х. Абдуллин, С.А. Абрамов, А.Б. Никитин, С.В. Павлов // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2007. С. 116 – 122.

7. Оценивание зон затопления при разрушении и строительстве водохранилищ / А.Х. Абдуллин, С.А. Абрамов, А.Б. Никитин // Табигат : науч.-практ. эколог. журн. Уфа : Табигат, 2007. №11(70). С. 27 – 28.

8. Поддержка принятия решений в риск-анализе: Разумная модификация подхода на основе теории неточных предвидений / В.Г. Крымский, Ф.М. Ахмеджанов, А.Х. Абдуллин // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах : матер. VII Междунар. науч. шк. МАБР – 2007. СПб. : Ин-т проблем машиновед. РАН, 2007. С. 119 – 124. (Статья на англ.яз.).

9. Подсистема анализа, обработки и интерпретации статистической информации ГИС ВР РБ / А.Х. Абдуллин, С.А. Абрамов, Р.А. Шкундина // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2008. С. 88 – 97.

10. Информационное обеспечение совместного использования данных дистанционного зондирования и моделирования для оценивания зон затоплений / А.Х. Абдуллин, Ю.Н. Кунаков // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, 2008. С. 98 – 107.

11. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008611925. Подсистема классификации, статистической обработки и картографического представления информации о водных объектах Республики Башкортостан / А.Х. Абдуллин, С.А. Абрамов, В.Г. Крымский, С.В. Павлов, Р.А. Шкундина / М. : Роспатент, 2008.

12. Использование интервально-вероятностных моделей неопределенности при оценивании риска проявления опасных факторов, связанных с водными объектами / В.Г. Крымский, Ф.М. Ахмеджанов, А.Х. Абдуллин // Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками : сб. ст. V Всерос. науч.-практ. конф. Пенза : РИО ПГСХА, 2008. С. 90 – 93.

13. ГИС водных ресурсов Республики Башкортостан / А.Х. Абдуллин, С.А. Абрамов, А.Б. Никитин, С.В. Павлов, Р.А. Шкундина // Чистая вода Башкортостана – 2008 : матер. межрег. науч.-практ. конф. Уфа : Информреклама, 2008. С. 171 – 177.

АБДУЛЛИН Айдар Хайдарович

ОЦЕНИВАНИЕ РИСКА ОТ ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НА ОСНОВЕ  
ИНТЕРВАЛЬНО-ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Специальности

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в промышленности)

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 14.11.2008 Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отг. 1,0. Уч. изд. л. 1,0.  
Тираж 100 экз. Заказ № 536

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии УГАТУ  
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12