

На правах рукописи

Слесарева Людмила Сергеевна

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЯ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ**

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2011

Работа выполнена на кафедре Морских информационных технологий
ГОУ ВПО «Российского государственного гидрометеорологического
университета»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Истомин Евгений Петрович

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
Алексеев Владимир Васильевич

доктор технических наук, профессор
Фомин Владимир Владимирович

Ведущая организация ГОУ ВПО Санкт-Петербургский
государственный университет водных
коммуникаций

Защита состоится 3 ноября 2011 г. на заседании диссертационного
совета: Д 212.197.03 при Российском государственном
гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург,
пр. Металлистов, д. 3, ауд. 102

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского
государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан 5 сентября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.197.03

доктор технических наук, профессор

П.П. Бескид

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Проблема наводнений сопутствует человеческому обществу с древнейших времен. На протяжении долгих лет человечество пытается найти способы защиты от этого страшного бедствия, но безрезультатно: с каждым годом наводнения наносят все больший ущерб. Во всем мире, включая Россию, наблюдается тенденция значительного роста ущербов от наводнений, вызванная нерациональным ведением хозяйства, усилением их хозяйственного освоения и потеплением климата.

Причины наводнений в различных районах земного шара различны. В приморских районах этой причиной являются штормовые нагоны.

Основной характеристикой, по которой можно судить о величине нагона, является нагонный подъем уровня воды, обычно выражающийся в метрах. Другими величинами служат глубина распространения нагонной волны, площадь и продолжительность затопления. На величину нагонного уровня влияют скорость и направление ветра.

Нагонные наводнения нередко охватывают большие территории. Продолжительность затопления обычно находится в пределах от нескольких часов до нескольких суток. Чем крупнее водоем и меньше его глубина, тем больших размеров достигают нагоны.

Для народного хозяйства прогнозирование нагонных наводнений является важной задачей. Причём это необходимо не только для своевременного предупреждения о наводнении и для строительства защитных сооружений. Важно при планировании заложить риски, связанные с наводнениями. Именно поэтому исследование сгонно-нагонных колебаний уровня водной среды для разработки прогнозов наводнения и оценки возможных рисков представляет собой научную задачу, решение которой имеет важное прикладное значение.

Большие нагоны происходят, как правило, неожиданно. Несомненно, ущерб, наносимый ими, мог бы быть меньше, если бы можно предсказать их заблаговременно. Прогноз должен быть не только достоверным, но и точным, поскольку важно отличать опасные подъемы уровня воды от незначительных. Известны случаи, когда подъем уровня воды в 4 метра мог быть относительно безопасным, тогда как дополнительный подъем в 30-40 сантиметров оказывался критическим и приводил к катастрофическим наводнениям.

Существующие на сегодняшний день способы прогнозирования нагонных наводнений представляют собой, в основном, физические модели, которые не позволяют давать точные прогнозы.

В настоящее время проблему составляет не оперативный прогноз, а долгосрочный. В связи с этим эффективным представляется прогноз, основанный не на физических моделях, а на математических. Часто возникают задачи, когда нет необходимости знать точное значение уровня воды, а достаточно знать сам факт возникновения возможности превышения уровня воды определенных пределов на определенный момент времени. Накопленный опыт и объем статистической информации позволяет наряду с физическими моделями строить стохастические модели прогнозирования геосистем, основу которых составляют известные стохастические модели прогноза состояния и параметров технических систем. К ним относятся одно- и многопараметрические модели, созданные на базе Марковских процессов, позволяющих прогнозировать возможность невыхода этих параметров из заданной зоны. Задача же состоит в том, чтобы исследовать возможность применения описанных моделей для прогнозирования водной и окружающей среды и адаптировать их к реальным условиям. Результаты исследования предполагается в дальнейшем использовать при создании информационной системы прогнозирования динамики водной среды. Актуальность данной работы заключается в том, что полученные прогностические модели могут быть использованы как для краткосрочного, так и долгосрочного прогнозирования водной среды.

Цели диссертационной работы:

1. Исследовать возможность применения стохастических моделей при прогнозировании состояния водной среды.
2. Разработать геоинформационную модель прогнозирования нагонных наводнений с использованием стохастических геоинформационных методов.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать существующие методы прогнозирования нагонных наводнений, их точность и эффективность.

2. Построить стохастическую модель прогнозирования состояния водной среды при известном ее уровне на настоящий момент времени.

3. Оценить качество построенной модели, сравнить ее с уже существующими моделями. Разработать практические рекомендации по использованию геоинформационной системы для построения оперативных и долгосрочных прогнозов динамики водной среды.

4. Оценить состоятельность предложенной модели и методики оценки рисков геоинформационных систем.

5. Разработать информационную систему обработки геоинформационных данных для прогнозирования рисков наводнения.

6. Разработать методику прогнозирования оценки рисков в геосистемах.

Методы решения поставленных задач. Задачи решались с использованием современных научных методов исследований:

1. Обобщение и анализ существующего опыта моделирования динамики водной среды;

2. Системный анализ и концептуальное моделирование;

3. Аналитические исследования;

4. Математическое моделирование;

5. Прогнозирование;

6. Эксперимент.

Научная новизна состоит в том, что впервые представлена модель прогнозирования состояния водной среды при ограниченной (недостаточной) информации о параметрах её состояния.

При решении поставленных в работе задач получены следующие **результаты, выносимые на защиту**:

1. Модель оценки состояния водной среды при известных параметрах на текущий момент времени.

2. Информационная система обработки геоинформационных данных для прогнозирования рисков наводнения

3. Методика прогнозирования оценки рисков в геосистемах.

Апробация работы.

1. На III Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие российской экономики» г. Москва (МЭСИ), 9-10 декабря 2010 г.

2. На XI международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» г. Воронеж, 10-11 февраля 2011 г.

3. Акт о внедрении результатов диссертационной работы Слесаревой Л.С. «Разработка методов геомоделирования и прогнозирования состояния водной среды» от ОАО «Морстрой» г. Новороссийск.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 3 в ведущих журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка источников и приложений. Работа содержит 25 рисунков, 4 таблицы.

Содержание работы

Во **введении** обоснована важность и актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, отражена научная новизна, изложены положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** «Анализ моделей прогнозирования рисков в геосистемах» представлен объект исследования, рассматриваются различные модели прогнозирования нагонных наводнений. В качестве объекта исследования рассматривается водная система бассейна р. Невы.

Описывается географическое положение реки Невы, площадь ее бассейна, рельеф. Река Нева соединяет Ладожское озеро с Финским заливом Балтийского моря (рис. 1). Ее бассейн (территория водосбора) имеет площадь 281 000 км².



Рис. 1. Географическое положение реки Невы.

Особенностью Невы являются частые нагонные наводнения. Это связано с географическим положением. Во время катастрофических наводнений затоплению может быть подвергнуто до 33% городской территории, на которой сосредоточены жилые и общественные здания, крупные промышленные предприятия, большое количество памятников истории, архитектуры и культуры мирового значения.

Основной характеристикой, по которой можно судить о величине нагона, является нагонный подъем уровня воды. Другими величинами служат глубина распространения нагонной волны, площадь и продолжительность затопления. Кроме того, важными факторами являются скорость и направление ветра.

Большие нагоны происходят, как правило, неожиданно. Долгое время не существовало эффективных методов прогнозирования нагонных наводнений. Однако с течением времени появились регрессионные методы, которые до сих пор успешно используются. В последние десятилетия в связи с быстрым развитием численных методов и прогрессом в компьютерной технике активно развиваются гидродинамические методы прогноза различных параметров морской среды.

Методы расчета и прогноза колебаний уровня моря разрабатывались и совершенствовались в последние 100 лет. Они, как и многие другие методы, имеют ряд ограничений, один из которых – глубина прогноза.

В настоящее время существует сеть действующих метеорологических станций, ведутся наблюдения на кораблях и самолетах, есть данные спутников - разведчиков погоды. Это позволяет заблаговременно обнаружить штормы и ураганы, приближающиеся к берегам. Однако движение и сила этих штормов и ураганов не могут быть точно предсказаны на 24 часа вперед. Кроме того, и само вычисление подъема уровня моря по метеорологическим данным не может быть безошибочным. В последние десятилетия в связи с быстрым развитием численных методов и прогрессом в компьютерной технике активно развиваются гидродинамические методы прогноза различных параметров морской среды. В частности, начиная с 2000 года, прогноз наводнений в Невской губе осуществляется при помощи гидродинамической модели Балтийского моря (BSM), автором которой является доктор физ.-мат. наук К.А. Клеванный. В течение десяти прошедших лет данная модель развивалась и совершенствовалась, сегодня функционирует седьмая модель. Благодаря внедрению модели

заблаговременность Невских наводнений увеличилась до 48 часов, хотя уверенный прогноз пока все равно не превышает 6 часов.

Из выше изложенного становится ясно, что проблему составляет не оперативный прогноз, а долгосрочный. В связи с этим эффективным представляется прогноз, основанный не на физических моделях, а на математических.

Основная цель прогнозирования нагонных наводнений в Санкт-Петербурге – заблаговременно предупредить об опасности и, тем самым, минимизировать возможный ущерб от стихийного бедствия. Основной задачей прогнозирования ущерба является вычисление его математического ожидания, различных квантилей и т.н. «вероятности разорения». Как правило, такая задача решается с использованием статистических данных.

Величина ущерба от наводнений не является постоянной. Все параметры, условия функционирования и характеристики состояния прогнозируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими зависимостями. Следовательно, характеристики состояния в модели определяются не однозначно, а через законы распределения их вероятностей.

Представляется возможным прогнозирование нагонных наводнений при помощи вероятностно-статистической модели прогнозирования по одному параметру, а именно – уровню воды.

Помимо заблаговременного прогноза наводнения, не менее важной проблемой является минимизация ущерба от стихийного бедствия. Для этого необходимо использовать системный подход, используемый при осуществлении процедур и практических мероприятий по предупреждению или уменьшению бедствий, представляющих опасность для населения, экономики. При этом анализ риска является частью этого системного подхода. Степень риска рассматривается как сочетание частоты или вероятности и последствий определенного опасного события. Как правило, понятие риска связывают с возможностью наступления сравнительно редких событий.

Риск сочетает в себе вероятность неблагоприятного события и объем негативных последствий этого события. Используется несколько методов оценки и прогнозирования риска. На статистических расчетах базируются оценки вероятности риска, осуществляемые с помощью вероятностных

методов, базирующихся на теории принятия решений (теории игр). Наиболее распространенной может считаться методика экспертных оценок. Достаточно популярны в практической деятельности балльные оценки риска.

Во **второй главе** «Стохастическая модель геоинформационной системы» рассматриваются задачи и методы геоинформационного прогнозирования.

Рассматривается структура и технология геоинформационных систем. В соответствии с разнообразием конкретного назначения геоинформационных управляющих систем разнообразны и решаемые ими задачи.

Проблема прогнозирования из-за многочисленности неуправляемых и слабо предсказуемых внешних факторов - наиболее сложная в геоинформатике.

При геоинформационном прогнозировании выделяются три основных этапа обработки информации:

1. сбор, группировка, обобщение и унификация первичных данных;
2. анализ, моделирование вторичных (унифицированных) данных;
3. получение прогнозных оценок и их верификация.

Также в главе рассматриваются модели оценки рисков. Существует много определений и видов рисков. Особое место среди видов риска занимает экологический риск. Само понятие экологического риска является комплексным. Его компонентами являются

- опасные природные и техногенные явления,
- уязвимость населения,
- социальный и природный фон развития событий,
- реакция населения на опасные явления, степень подготовленности к ним.

Наиболее общим показателем риска считается математическое ожидание (среднее значение) ущерба от опасного события за год:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^0 P(H_i)w_i = Q(\Delta t)w,$$

где $P(H_0)=Q(\Delta t)$ – вероятность наступления, повлекшего за собой

ущерб;

$P(H_i) = 1 - Q(\Delta t)$ - вероятность положительного исхода; $w_0 = w$; $w_I = 0$.

где w_i - ущерб от i -го опасного события;

\bar{w} - средний ущерб при реализации опасного события;

Таким образом, независимыми переменными, по которым оценивается риск, являются время t и ущерб w , а для оценки (прогноза) риска необходимо определять частоты реализаций опасных событий и ущерб от них.

При прогнозировании риска от какого-либо события, необходимо спрогнозировать вероятность наступления такого события $Q(t_3)$, где t_3 - глубина прогноза.

Событие (например, нагонное наводнение) считается наступившим, если уровень воды ($X(t)$) превысил определенные границы, т.е. наводнение не началось, если уровень воды находится в пределах $D(t) = [a(t), b(t)]$, где $a(t) = 0$, $b(t)$ - ординар, как правило, постоянная величина.

Обозначим вероятность невыхода уровня воды на интервале времени $[0, t_3]$

$$P(t_3) = P\{X(\tau) \in D(\tau), \forall \tau \in [0, t_3]\} \equiv 1 - Q(t_3).$$

Кроме $P(t_3)$ большой интерес представляет значение $P(t_3/x_0)$, т.е. вероятность невыхода случайного процесса за пределы установленных границ при условии, что нам известно значение этого процесса в начальный момент времени, $t=0$ ($x(t=0) = x_0$).

Для получения точного значения $P(t_3/x_0)$ необходимо знать множество F_k всех конечномерных распределений случайного процесса $X(t)$, однако этого практически сделать невозможно. Поэтому задача состоит в оценке верхней и нижней границ данной вероятности, а соответственно, и в оценке риска.

Оценка сверху будет:

$$P^*(t_3/x_0) = \min_{\theta \in [0, t_3]} \int_{D(\theta)} dF_1 y/x_0,$$

где $F_1(y/x_0) = P\{X(\theta) \leq y / X(0) = x_0\}$.

Нижняя оценка:

$$P_*(t_3/x_0) = 1 - \lim_{\tau \rightarrow 0} 1/\tau \left\{ \int_0^{t_3} \omega_1(t_1\tau/x_0) dt - \sum_{i=2}^{s-1} \int_0^{t_3} \omega_i(t_1\tau/x_0) dt \right\}$$

где $\omega_1(t, \tau/x_0) = P\{X(t) \in D(t), X(t+\tau) \in D(t+\tau) / X(0) = x_0\}$,

.....
 $\omega_i(t, \tau/x_0) = P\{X(t) \in D(t), X(t+\tau) \in D(t+\tau), \dots, X(t+i\tau) \in D(t+i\tau) / X(0) = x_0\}$.

Соответствующие оценки для рисков могут быть записаны:

$$\overline{W}^* = (1 - P^*(t_p / x_0)) * w - \text{верхняя оценка риска}$$

$$\overline{W}_* = (1 - P_*(t_p / x_0)) * w - \text{нижняя оценка риска.}$$

На протяжении прошлого столетия в мероприятия по защите от наводнений вкладывались значительные средства. Очевидно, что не достаточно только лишь инженерных мероприятий по защите от наводнений. Необходим глубокий анализ роста ущерба от наводнений.

Основной задачей прогнозирования ущерба является вычисление его математического ожидания, различных квантилей и так называемые «вероятности разорения» в задаче хозяйствования на затапливаемой территории на различные временные уровни. Как правило, такая задача решается с использованием статистических данных.

Величина ущерба от наводнений не является постоянной, а изменяется по стохастическим законам. Все параметры, условия функционирования и характеристики состояния прогнозируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими (т. е. случайными, нерегулярными) зависимостями. Следовательно, характеристики состояния в модели определяются не однозначно, а через законы распределения их вероятностей.

На величину ущерба от наводнений оказывают влияние ряд факторов: максимальный уровень водной поверхности (выше ординара), скорость нарастания уровня воды, длительность наводнения. С учетом этого сделаем некоторые предположения.

Ущерб, нанесенный наводнением, пропорционален площади фигуры, ограниченной кривой $X(t)$ и уровнем C (рис. 2а).

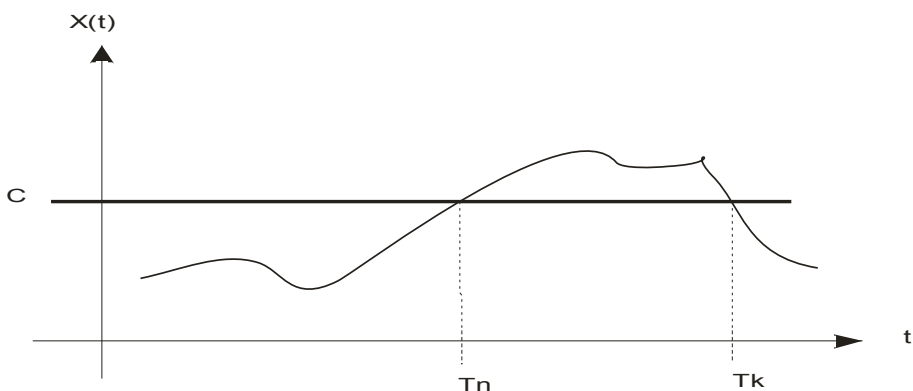


Рис. 2а. Начало и окончание наводнения.

Обозначим:

$$I = \int_{T_n}^{T_k} (X(t) - c) dt$$

где I - показатель ущерба;

T_n - начало наводнения;

T_k - окончание наводнения.

I_{max} - максимальный показатель ущерба.

Тогда:

$$k_u = \frac{I}{I_{max}}$$

где k_u - коэффициент ущерба.

Получение точного значения коэффициента ущерба практически невозможно, поэтому воспользуемся его оценкой, (рис 2.б.):

$$\bar{k}_u = \frac{\bar{T} \cdot \bar{X}_m}{T_{max} \cdot X_{max}}$$

Коэффициент ущерба может принимать значения от 0 до 1.

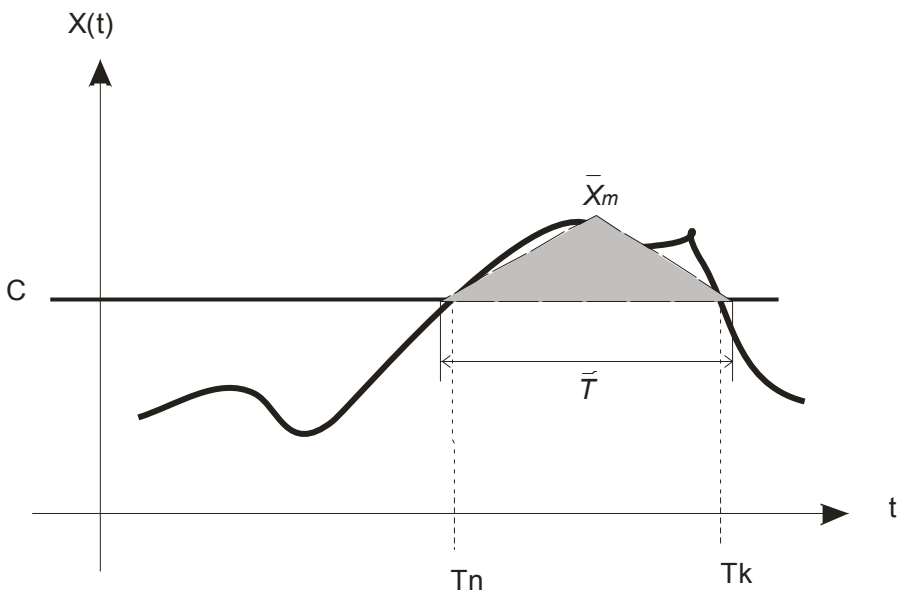


Рис. 2.6. Оценка интеграла \bar{I} .

Для оценки риска необходимо оценить ущерб, возникающий при наступлении события (например, наводнения), его повлекшего.

В **третьей главе** «Имитационное моделирование стохастической геоинформационной ситуации» говорится о способах проверки статистических гипотез и описывается построение информационной системы обработки геоинформации.

Проводится анализ статистических данных. Описываются случайные функции и случайные процессы. Дается определение нестационарных и стационарных случайных процессов.

В большинстве случаев характеристики стационарного случайного процесса можно вычислить, усредняя по времени в пределах отдельных выборочных функций, входящих в ансамбль. Возьмем, например, k -ю выборочную функцию ансамбля. Среднее значение $\mu_x(k)$ и ковариационная функция $R_{xx}(\tau, k)$, вычисленные по k -й реализации, равны

$$\mu_x(k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_k(t) dt, \quad (1)$$

$$R_{xx}(\tau, k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_k(t) x_k(t + \tau) dt. \quad (2)$$

Если случайный процесс $\{x(t)\}$ стационарен, а $\mu_x(k)$ и $R_{xx}(\tau, k)$, вычисленные по различным реализациям согласно формулам (1) и (2), совпадают, то случайный процесс называется эргодическим. Для эргодических процессов средние значения и ковариационные функции, полученные усреднением по времени, равны аналогичным характеристикам, найденным усреднением по ансамблю, т.е. $\mu_x(k) = \mu_x$ и $R_{xx}(\tau, k) = R_{xx}(\tau)$.

Выполнение свойства эргодичности имеет большое значение, так как для определения статистических характеристик достаточно располагать одной реализацией, что мы обычно и имеем на практике. Например, в гидрометеорологии далеко не всегда удастся осуществить многократное повторение эксперимента в одинаковых условиях, и потому все ряды наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах практически представляют собою единственную реализацию.

Далее рассматривается проблема выбора модели исследования. Приводится определение модели, виды моделей, классификация процесса моделирования.

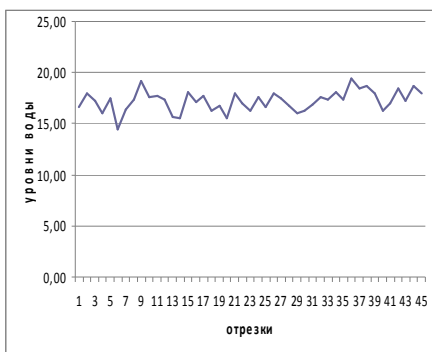


Рис. 3. Классификация моделирования

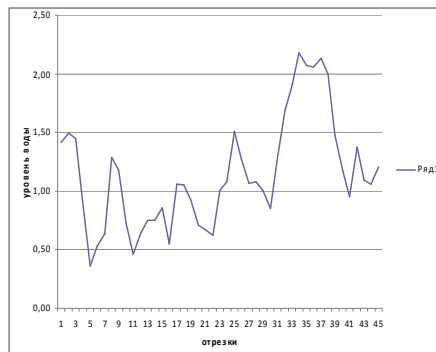
Применение математического моделирования позволяет исследовать объекты, реальные эксперименты над которыми затруднены или невозможны (дорого, опасно для здоровья, однократные процессы, невозможные из-за физических или временных ограничений – находятся далеко, еще или уже не существуют и т.п.).

Была рассмотрена методика прогнозирования рисков в геосистемах на базе однопараметрической модели. Для исследования адекватности модели были взяты данные поведения реки Нева (уровень воды на различные моменты времени) за 2010 год. Замеры проводились каждый час у Горного института и у Кронштадтского футштока.

Для прогнозирования рисков необходимо построить модель. В данном случае в качестве основного параметра модели выбран уровень воды, описываемый случайным процессом. Предположим, что процесс является стационарным эргодическим. Поэтому представляется возможным разделить его на равные отрезки и, оценив один отрезок, предположить, что на других отрезках процесс будет обладать такими же свойствами. Можно разделить процесс на участки и изучить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение (рис. 4, 5).

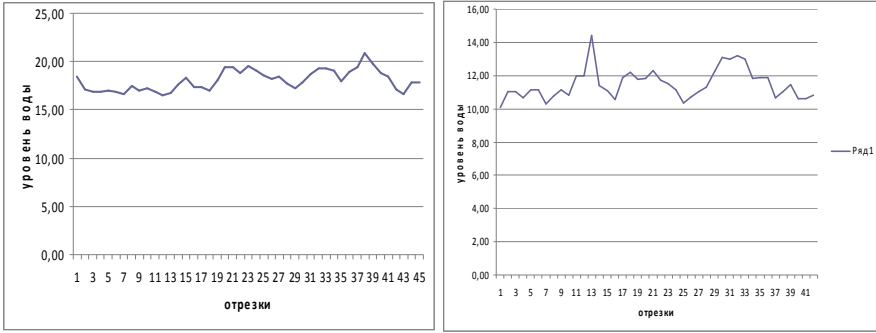


а)



б)

Рис. 4. Математическое ожидание: а) Горный институт; б) Кронштадт



а)

б)

Рис. 5. Среднеквадратическое отклонение: а) Горный институт; б) Кронштадт

Учитывая выше сказанное, можно предположить, что процесс действительно стационарный эргодический.

Для оценки риска воспользуемся формулами

$$\bar{R}^* = 1 - \left(1 - 1 / \sqrt{2\pi(1 - r^2(0, t_3))} \int_0^{t_3} |\omega(t/x_0)| dt \right) * \frac{\bar{T} \cdot \bar{X}_m}{T_{mm} \cdot X_{mm}} \cdot W_{\max} \quad (3)$$

$$\bar{R}_* = \left[1 - \Phi \left\{ \frac{b - m_x(t_x) - r_x(0, t_3) \cdot [x_0 - m_x(0)]}{\sigma_x(t_x) \sqrt{1 - r_x^2(0, t_3)}} \right\} - \Phi \left\{ \frac{-m_x(t_3) - r_x(0, t_3) \cdot [x_0 - m_x(0)]}{\sigma_x(t_3) \sqrt{1 - r_x^2(0, t_3)}} \right\} \right] * \frac{\bar{T} \cdot \bar{X}_m}{T_{mm} \cdot X_{mm}} \cdot W_{\max} \quad (4)$$

где: $m_x(t_x)$ – математическое ожидание случайного процесса; $\sigma_x(t_x)$ – среднеквадратическое отклонение; $r_x(0, t_3)$ – автокорреляционная функция;

$$\omega(t/x_0) = [\gamma'(t) + \rho'(t) \cdot \gamma(t)] \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\gamma^2(t)\right\} - [\eta'(t) + \rho'(t) \cdot \eta(t)] \cdot \exp\left\{\frac{1}{2}\eta^2(t)\right\};$$

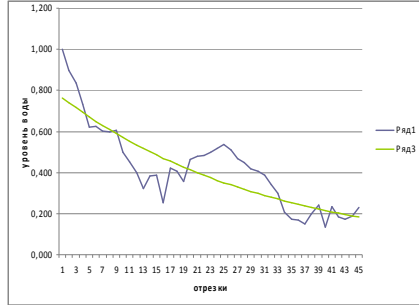
$$\gamma(t) = \alpha(t) - r(0, t_3) \cdot [x_0 - m_x(0)] / \sigma_x(0); \quad \rho(t, t + \tau) = 1 / r(t, t + \tau);$$

$$\eta(t) = \beta(t) - r(0, t_3) \cdot [x_0 - m_x(0)] / \sigma_x(0); \quad \rho'(t) = \frac{d}{d\tau} \rho(t, t + \tau) |_{\tau = 0}.$$

Есть основания предполагать, что для дальнейшего моделирования понадобится автокорреляционная функция (рис. 6).



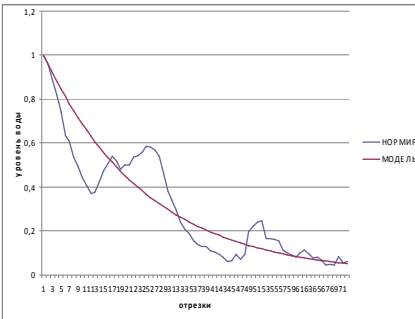
а)



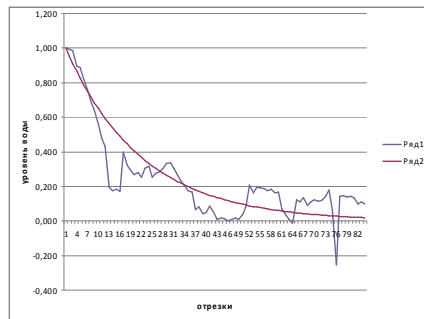
б)

Рис. 6. Функция автокорреляции: а) Горный институт; б) Кронштадт

На рис. 6 а) и 6 б) представлены реализации нормированной автокорреляционной функции, которая может быть аппроксимирована функцией $R(t) = e^{-\beta|t|}$, что представлено на рис. 7 а) и 7 б).



а)



б)

Рис. 7. Функция автокорреляции после аппроксимации: а) Горный институт; б) Кронштадт

В результате аппроксимации получена оценка нормированной автокорреляционной функции, которая в дальнейшем может быть использована для прогнозирования и оценки рисков (выражения 3, 4).

Данные исследования показали, что для прогнозирования рисков наводнения на реке Нева вполне могут быть использованы, в качестве модели, стохастические процессы, характеристики которых рассчитываются

по одной реализации данного процесса. Более того, для дальнейших исследований эти процессы можно моделировать с помощью компьютерного или математического моделирования.

Было проведено компьютерное моделирование стохастического процесса, имитирующего поведение водной среды (реки Невы) с целью проверки гипотезы о состоятельности выбранной модели. Проверка осуществлялась при помощи распределения Пирсона. Далее говорится о проверке статистических гипотез при помощи метода “хи-квадрат критерий” – это самый важный и наиболее часто используемый статистический критерий. Большинство задач, связанных с оценкой неизвестных параметров модели и проверки согласия модели и опытных данных, можно решить с его помощью.

В последнем разделе главы описывается структура компьютерной системы прогнозирования рисков наводнения (рис. 8).

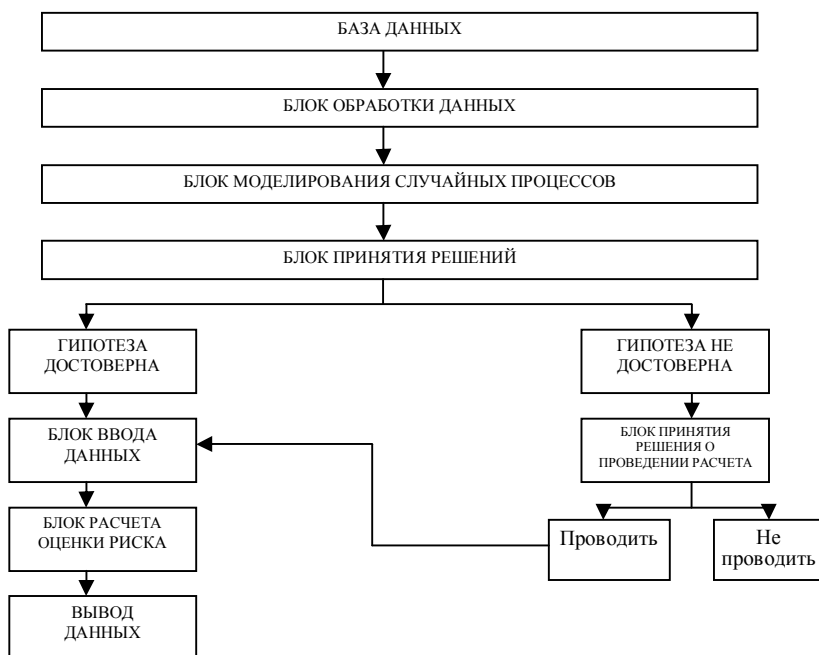


Рис. 8. Функциональная схема информационной системы обработки геоинформационных данных для прогнозирования рисков наводнения

Данная модель разрабатывалась в среде Borland Delphi7 на высокоуровневом языке программирования Delphi. Базы данных создавались с помощью удобной и широко доступной программой Access 2010 которая входит в состав microsoft office 2010.

Запросы к базам данных осуществляются на языке Transact-SQL 92

Процесс проектирования базы данных выполняется поэтапно, а этапы в основном соответствуют разновидностям моделей ПО, при движении от более абстрактных к более конкретным, с датологической точки зрения: концептуальной инфологической модели и двух датологических, логического уровня и внутреннего уровня. Построению этих моделей предшествует изучение предметной области.

Каждому из этапов соответствуют свои принципы, методы, приемы.

Схема базы данных используется для создания, редактирования и удаления таблиц базы данных. Также схему базы данных можно использовать для просмотра связей между таблицами. При создании новой схемы базы данных пользователь начинает работу с пустой схемой

Для повышения быстродействия можно указать максимальное число записей, загружаемых из базы данных SQL Server, при работе с данными формы или таблицы в проекте Microsoft Access.

Основные результаты и выводы.

1. Изучены различные методы прогнозирования нагонных наводнений. Существующие в настоящее время методы прогнозирования нагонных наводнений основаны, в основном, на физических моделях. Они имеют ряд недостатков, среди которых можно выделить недостаточную достоверность и заблаговременность. На основе проведенного анализа показано, что использование стохастической модели прогнозирования позволяет дать как краткосрочный, так и долгосрочный прогноз и обладает достаточной достоверностью.

2. Разработана модель прогнозирования состояния водной среды, позволяющая осуществлять оценку состояния среды по значению текущих параметров. Данная модель предполагает возможность использования постоянно обновляемых статистических данных.

3. Разработана методика оценки рисков в геосистемах. В частности, получены верхняя и нижняя границы при известных начальных

условиях исследуемого процесса, дающие ошибку в пределах 10% на достаточно большом интервале прогнозирования.

4. Разработана модель расчета величины ущерба от наводнений, которая предполагает, что оценки среднего максимального значения подъёма воды и среднего значения продолжительности наводнения известны. Для оценки этих параметров могут быть использованы как физические, так и стохастические модели. Введено понятие «коэффициент ущерба», который является отношением прогнозируемого показателя ущерба к максимальному показателю ущерба и может принимать значения от 0 до 1.

5. Получена модель прогнозирования риска на основе стохастического процесса, которые в дальнейшем можно моделировать с помощью компьютерного или математического моделирования.

6. Разработана информационная система обработки геоинформационных данных для прогнозирования рисков наводнения. Предложены практические рекомендации по использованию геоинформационной системы для построения прогнозов динамики водной среды.

По теме диссертации опубликованы **следующие работы:**

в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. Оценка риска экстремальных гидрометеорологических явлений. – Ученые записки РГГМУ, выпуск 16, РГГМУ, 2010.
2. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. Применение стохастических моделей для прогнозирования рисков в геосистемах. – Ученые записки РГГМУ, выпуск 17, РГГМУ, 2011.
3. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. О некоторых вопросах моделирования поведения ГИС – Ученые записки РГГМУ, выпуск 20, РГГМУ, 2011.

Другие публикации:

4. Слесарева Л.С. О некоторых вопросах прогнозирования нагонных наводнений. Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. Сб.науч.тр./Вып. 1(6) СПб: Андреевский издательский дом – 2008.
5. Истомин Е.П., Слесарева Л.С. Анализ экономических аспектов прогнозирования состояния водной среды в прибрежных зонах.

Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. Сб. науч. тр./Вып. 7(7) СПб: Андреевский издательский дом – 2010.

6. Слесарева Л.С. Анализ экономических аспектов прогнозирования рисков катастрофических наводнений. / III Международная конференция «Инновационное развитие российской экономики»: сборник докладов. – Москва (МЭСИ), 9-10 декабря 2010 г.
7. Слесарева Л.С. Прогнозирование ущерба от наводнения. / XI международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии»: сборник докладов, г. Воронеж, 10-11 февраля 2011 г.

Подписано в печать 25.08.2011 г. Формат 60*84 1/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,0
Тираж 100 экз. Заказ 21

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Андреевский издательский дом»

Издательство РГГМУ
195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр-т, д. 98