

Шишкин Илья Александрович

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЗАЩИТЫ
ТЕРРИТОРИЙ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ**

Специальность 25.00.35 — Геоинформатика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
В.В. Алексеев

Санкт-Петербург – 2014

Содержание

Введение	6
Гл. 1 Анализ проблемы оценки состояния и управления ИС СЗТП. Разработка принципов применения ГИС-технологии для решения задач представления и описания территорий и ИС СЗТП	12
1.1 Постановка задачи	12
1.2 Анализ проблемы	12
1.2.1 Оценка состояния территорий	14
1.2.2 Оценка состояния ИС СЗТП	20
1.2.3 Применение ГИС технологии для решения задач оценивания состояния территорий и ИС СЗТП	25
1.3 Разработка принципов районирования территорий на основе ГИС	29
1.3.1 Анализ целевых функций использования территорий	29
1.3.2 Определение соотношения между градостроительными и сельскохозяйственными задачами	40
1.3.3 Определение характеристик – формирование информационной структуры критериев районирования территорий	42
1.3.4 Классификация территорий. Районирование территорий по целевому назначению	45
1.4 Описание структуры и характеристик ИС СЗТП в ГИС- технологии.	49
1.4.1 Анализ возможности использования существующих характеристик для оценки состояния ИС СЗТП (введение балльных оценок)	49
1.4.2 Описание структуры СЗТП и представление в ГИС технологии	52
1.4.3 Расчетные гидрологические характеристики ИС СЗТП	57
1.4.4 Анализ полноты применяемых характеристик	61
Выводы по главе	62

Гл. 2 Разработка алгоритмического обеспечения для формирования оценок состояния территорий и ИС СЗТП в ГИС-технологии.	64
2.1 Постановка задачи.	64
2.2 Получение оценок физического и экологического состояния территорий и ИС СЗТП по результатам контрольных измерения на ГИС основе	65
2.2.1 Получение оценок физического состояния территорий по результатам контрольных измерений	65
2.2.2 Получение оценок экологического состояния территорий по результатам контрольных измерений	68
2.2.3 Получение оценок состояния ИС СЗТП по результатам контрольных измерений	76
2.3 Получение экспертных оценок состояния территорий и ИС СЗТП на ГИС основе	78
2.4 Разработка алгоритмов формирования сложных и комплексных оценок состояния объекта на ГИС основе	82
2.5 Методика формирования ГИС проекта получения оценки состояния территорий или ИС СЗТП	86
Выводы по главе.	95
Гл. 3 Разработка алгоритмического обеспечения анализа состояния территорий и ИС СЗТП, ранжирования и поддержки принятия управленческих решений на ГИС основе	97
3.1 Постановка задачи	97
3.2 Оценка степени риска от подтопления территории	97
3.2.1 Оценка опасности подтопления	98
3.2.2 Оценка степени уязвимости территорий при подтоплении	104
3.2.3 Оценка риска от подтопления территории	107
3.2.4 Районирование на основе оценки опасности, уязвимости или	

нанесенного ущерба при подтоплении территорий	108
3.3 Анализ влияния характеристик ИС СЗТП на состояние территории, оценка эффективности возможных решений по улучшению ситуации	109
3.3.1 Определение оценки риска и ущерба от подтопления для критических створов и предоставление результатов анализа в ранжированном виде	109
3.3.2 Оценка объемов работ по восстановлению канала в заданном створе	111
3.3.3 Оценка возможного нанесенного ущерба	113
3.3.4 Ранжирование сооружений по степени опасности (возможному нанесенному ущербу от затопления территорий)	116
3.3.5 Решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений	118
3.4 Разработка методики формирования ГИС проекта ранжирования ИС то степени опасности и поддержки принятия эффективных решений	119
Выводы по главе.	127
Гл. 4 Разработка методического обеспечения для построения ГИС мониторинга состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений.	129
4.1 Постановка задачи.	129
4.2. Информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП	130
4.3. Структура информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений	132
4.4 Районирование территорий по степени урбанизации Пулково.	

Оценка водного баланса и системы водоотведения территории Пулково	134
4.5 Районирование территорий по степени урбанизации, оценка состояния ИС, оценка риска и ущерба, ранжирование ИС по степени опасности для поддержки принятия управленческих решений развивающейся территории Шушары	139
Выводы по главе	143
Заключение	144
Список использованных источников	145
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
Результаты комиссионного обследования ИС СЗТП промзоны развивающейся территории Шушары	160
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
Зоны возможного подтопления для критических створов ИС СЗТП промзоны развивающейся территории Шушары	165
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
Акты внедрения	168

Введение

Актуальность. Одной из важнейших задач развивающихся территорий, особенно в районе крупных городов, является создание и поддержание заданного водного режима, обеспечение нормативного водного баланса в различных ситуациях в условиях природных и техногенных воздействий. Данную задачу предназначены решать инженерные сооружения (ИС) системы защиты территории от подтопления (СЗТП). В развивающихся промышленных районах, особенно в крупных городах изменяется уровень урбанизации территории. Сельскохозяйственные территории занимают промышленными предприятиями, жилыми массивами, техническими и другими сооружениями. При этом принципы построения и функционирования ИС СЗТП меняются в значительной степени. Особенно важным является сохранение режимов работы существующей СЗТП сельскохозяйственной территории, когда в нее внедряется городская или производственная технология регулирования водного баланса. Поэтому создание системы мониторинга и оценки состояния ИС СЗТП, контролирующей и сопровождающей все работы жизненного цикла таких сооружений, системы поддержки управленческих решений является актуальным.

Географические информационные системы (ГИС) являются эффективным средством решения указанных проблем. Использование географических информационных систем, как систем предназначенных для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных, обеспечивает эффективное решение задач поддержки принятия управляющих решений. ГИС технологии являются удобным инструментом при решении задач районирования территорий, оценки состояния территории, описания системы водопользования и водного баланса территории, описания ее свойств в зависимости от целевого назначения и применения. ГИС имеют развитые средства, позволяющие формировать

модель СЗТП, описывающую ее структуру, входящие в ее состав ИС, описывать их характеристики в виде геоданных, определять по результатам контроля оценки состояния ИС, которые могут являться многопараметрическими сложными объектами, а также осуществлять прогнозирование изменения их состояния на основании сформированных моделей. Использование основных преимуществ ГИС – автоматизация обработки, анализа и представления данных, обеспечивает возможность построения эффективной системы поддержки принятия управленческих решений.

Целью данной работы является разработка алгоритмического обеспечения и методик формирования ГИС-проектов, обеспечивающих автоматизированное получение оценок состояния территорий и инженерных сооружений (ИС) системы защиты территорий от подтопления (СЗТП) на основе данных контроля и инвентаризационных обследований.

Для достижения поставленной цели автором решались следующие **задачи**:

1. Анализ возможностей представления структуры СЗТП в ГИС-технологии, с целью обеспечения автоматического определения и анализа их характеристик.

2. Создание модели представления результатов инвентаризации для получения оценок состояния ИС СЗТП, включающей результаты контроля и значение неопределенности, координаты точки контроля в пространстве и времени, расчетную и контрольно-методическую информацию, и обеспечивающей получение достоверных результатов анализа в автоматическом режиме.

3. Разработка алгоритма формирования простых и сложных оценок по результатам измерений и экспертных оценок, методики формирования комплексной оценки на основе ГИС.

4. Разработка методики проведения районирования по естественным, административным и расчетным характеристикам на ГИС основе, позволяющей автоматизировать определение состояния территорий и степени опасности от подтопления.

5. Разработка методики ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, возможному нанесенному ущербу от затопления территорий.

6. Разработка методики поддержки принятия управленческих решений, наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

7. Разработка методики формирования геоинформационных проектов оценки состояния ИС СЗТП, ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, поддержки принятия управленческих решений.

Объект исследований. Географические информационные системы оценки состояния ИС СЗТП и поддержки принятия управляющих решений и их алгоритмическое обеспечение.

Предмет исследований. Развивающиеся территориальные системы и ИС СЗТП.

Методы исследования. При решении поставленных задач применялись методы теории вероятностей, статистические методы обработки данных, математические методы аппроксимации и методы метрологического анализа, методы геоинформационного моделирования.

Научная новизна определяется тем, что впервые разработано алгоритмическое обеспечение и методики формирования ГИС-проектов на основе нормированных шкал для получения оценок состояния ИС СЗТП и поддержки принятия управленческих решений, которые являются основой **положений выносимых на защиту:**

- методика проведения районирования по естественным, расчетным и реальным характеристикам на ГИС основе, позволяющая автоматизировать определение состояния территорий и степени опасности от подтопления;

- методика формирования структуры ИС СЗТП в виде дерева или сети, имеющих однозначное описание в ГИС-технологии, учитывающая организацию баз геоданных и обеспечивающая автоматизацию проведения анализа их характеристик;

- алгоритм формирования простых и сложных оценок по результатам измерений и экспертных оценок, состояния территории и инженерных сооружений на основе ГИС, удовлетворяющий требованиям единства измерений и обеспечивающий автоматизированное решение поставленной задачи;

- методики формирования геоинформационных проектов, обеспечивающих получение оценок состояния ИС СЗТП и их ранжирование по степени опасности в автоматическом режиме.

Практическая значимость. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при разработке:

- методики ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, возможному нанесенному ущербу от подтопления территорий;

- методика поддержки принятия управленческих решений, наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений;

- геоинформационных проектов оценки состояния ИС СЗТП, оценки риска и возможного нанесенного ущерба от подтопления территории, ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, поддержки принятия управленческих решений.

Внедрение и реализация результатов работы. Достоверность и обоснованность научных и практических положений и рекомендаций подтверждены результатами геоинформационного моделирования и экспериментальных исследований, а также полученными оценками состояния ИС СЗТП и результатами внедрения.

Результаты диссертационного исследования использованы при разработке методологии формирования оценок состояния природных и технических объектов при выполнении НИР 2011-2012 гг, при обучении магистров в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» по дисциплине «Обработка пространственных данных», в научной и практической деятельности в Санкт-Петербургском государственном казенном учреждении «Мелиоративная система Санкт-Петербурга», ГУП «Экострой» и ГУП «Ленводхоз», что подтверждено актами внедрения.

Апробация работы.

На практической конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий» (СПб, 2003 г), Международной межотраслевой конференции «Организация системы управления природными ресурсами и повышением эффективности экологической безопасности (СПб, 2004г), Научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий» (СПб, 2006г.), Научно-практической конференции «Молодые ученые университета – ЛПК России» (СПб, 2006г.), Научно-практической конференции «Научоёмкие и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращение чрезвычайных ситуаций и их последствий» (СПб, 2008г.), XVI межотраслевой международной конференции «Допустимое воздействие на окружающую среду и совершенствование системы экологической безопасности» (СПб, 2008г.), IV Международный конгресс «Цели развития тысячелетия» и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов» (СПб, 2011г.), Международном и межрегиональном Биос форуме (СПб. 2012г), МНТК «Научоёмкие и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий» (СПб, 2011-2013 гг.).

Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 32 работы [1, ..., 32], в том числе 3 статьи [3, ..., 5] в ведущих журналах и изданиях, рекомендованных ВАК.

Гл. 1 Анализ проблемы оценки состояния и управления ИС СЗТП. Разработка принципов применения ГИС-технологии для решения задач представления и описания территорий и ИС СЗТП

1.1 Постановка задачи

Для устойчивого развития территориальных систем (ТС) важным является сохранение водного баланса. Особенно критической эта проблема становится для территорий в районах промышленных центров, мегаполисов, и других территориях, подвергающихся большому преобразованию и изменению целевого использования. Во всех случаях возникает проблема сохранения водного баланса территориальных систем, оценки состояния территорий и их взаимного влияния, оценки состояния инженерных сооружений (ИС) системы защиты территорий от подтопления (СЗТП), оценки степени риска от подтопления и возможного нанесенного ущерба. Задача поддержки управленческих решений с максимальным экономическим эффектом.

В первой главе проводится анализ поставленной проблемы, рассматриваются принципы применения ГИС технологии для решения указанных задач. Рассматриваются вопросы описания ТС средствами ГИС, с целью оценки их структуры, состояния и взаимного влияния, разрабатываются способы представления (моделирования) средствами ГИС, структуры ИС СЗТП с целью формирования оценок их состояния и определения степени влияния на водный баланс ТС и ее состояние.

1.2 Анализ проблемы

Обозначенная проблема связана с решением ряда задач, которые должны решаться при эксплуатации ТС, водопользовании и проектировании промышленных, сельскохозяйственных производств, транспортных и других коммуникаций, которые непосредственно влияют на водный баланс ТС и не должны вызывать изменение водного баланса, ухудшение экологического состояния территорий. При этом существенными являются задачи, связанные

с районированием территорий [1, 9, 11, 63], определением их целевых функций, водного баланса и системы водопользования [15, ..., 23, 32], уровня урбанизации и др. Важными являются задачи определения оценок состояния территорий, которые говорят о соблюдении водного баланса, рациональности водопользования. Поскольку ТС является сложным объектом, оценки могут быть простыми, интегральными, комплексными, построенными как на основе контрольных измерений и нормативной базы, так и на основе экспертных оценок, полученных в результате обследований территорий. СЗТП являются определяющими в обеспечении водного баланса территорий, поэтому одной из важнейших задач является определение структуры системы и оценка состояния ИС. На рис. 1.1 представлена структура геоинформационной системы оценки состояния ИС СЗТП, на которой



Рисунок 1.1. Структура геоинформационной системы оценки состояния ИС СЗТП.

указаны перечисленные задачи как методическое, алгоритмическое и программное обеспечение системы и показано их взаимодействие в процессе решения рассматриваемой проблемы.

Особую важность эти оценки принимают в случае изменения целевых функций ТС в районах развивающихся промышленных и сельскохозяйственных производств. Оценки состояния также могут быть простыми, сложными, полученными на основании контрольных измерений и экспертных оценок.

Проведем анализ этих задач и возможностей применения для их решения ГИС технологий.

1.2.1 Оценка состояния территорий

Оценка состояния территорий связана с оценкой степени подтопления, гидрофизических, гидрохимических характеристик и оценки экологического состояния.

Оценки степени подтопления, гидрофизические, гидрохимические и гидрогеологические и другие характеристики определяются путем контрольных измерений по соответствующим методикам.

Причины возникновения, а также факторы и условия, способствующие развитию подтопления рассмотрены в [42]. Согласно СП 11-105-97 одними из основных причин возникновения и развития подтопления являются:

- ✓ техногенные утечки из водонесущих коммуникаций, прудов, отстойников, недостаточная организация поверхностного стока на застроенных территориях, неэффективность ливневой канализации, нарушение естественного стока при проведении строительных работ, неумеренный полив городских насаждений и садово-огородных участков;

- ✓ барражный эффект (подъем уровней грунтовых вод перед преградой по потоку и снижением за ней, вследствие перекрытия фильтрационного потока подземных вод) при строительстве заглубленных

подземных сооружений, засыпке оврагов нефилтующим материалом, устройством стен в грунте и свайных полей;

✓ конденсация влаги под основаниями зданий, элеваторами и другими сооружениями, асфальтовыми покрытиями на застроенных городских территориях;

✓ гидромелиоративная деятельность на массивах орошения.

К оценке опасности подтопления следует подходить в зависимости от степени освоенности территории [42, 46,47]:

- на застраиваемой (или планируемой к застройке) территории - это возможность возникновения и развития процесса подтопления в определенной природно-техногенной обстановке (характеризуется площадью и скоростью развития процесса);

- на уже застроенной территории - это способность процесса подтопления вызывать негативные последствия и наносить ущерб, размеры которого в определенных природных условиях дифференцированы по площади и во времени в зависимости от типов и интенсивности техногенной нагрузки (характеризуется коэффициентом пораженности территории подтоплением и наносимым ущербом).

Оценка опасности развития подтопления принимается на основе анализа геологического строения, гидрогеологических условий территории и её функционального использования (степени освоенности территории). При этом должны быть приняты во внимание следующие факторы и условия, способствующие развитию подтопления [42, 44, 47, 49]:

- ✓ соотношение годовой суммы осадков и испарения;
- ✓ слабая естественная дренированность территории (отсутствие или редкая сеть речных долин, оврагов, балок);
- ✓ близкое к поверхности залегание слабопроницаемых грунтов (глин, суглинков различного генезиса);

- ✓ наличие городов и других населенных пунктов, крупных промышленных предприятий;
- ✓ наличие оросительных систем, магистральных, судоходных или иных каналов, водохранилищ со значительными колебаниями уровня.

При затоплении территории следует проводить наблюдения за уровнями воды и эпизодические измерения расходов воды [43, 45], изучать химический состав воды с определением агрессивных свойств по отношению к бетону... [44, 51, 52, 76].

Расчет гидрологических характеристик проводится согласно методики расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий [43, 53, 54, 75]. Методика позволяет получать гидрологические характеристики, необходимые для обоснования схем водообустройства, расчетов параметров водопроводящей и водорегулирующей сети, проведения водно-балансовых расчетов, расчетов качества стока, получения исходных данных для фильтрационных расчетов и др.

В соответствии с п. 2.102 пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) оценка потенциальной подтопляемости территории производится на основании использования критерия потенциальной подтопляемости P :

$$P = \frac{h_e - \Delta h}{H_c},$$

где h_e - уровень подземных вод до начала подтопления, определяемый по данным инженерных изысканий м, (отсчет ведется от поверхности земли);

$\Delta h = f(x, y, \omega_0)$ - величина возможного (прогнозного) подъема подземных вод в точке с координатами (x, y) и в момент времени t (определяется на основе

фильтрационных расчетов в соответствии с «Рекомендациями по прогнозу подтопления промышленных площадок грунтовыми водами» [46];

ω_0 - величина дополнительного инфильтрационного питания или в данном случае техногенная нагрузка м/сут на 1 м² территории определяется (ориентировочно) на основе стационарных режимных наблюдений (основной способ) или по аналогии (в большинстве случаев носит случайный характер);

H_c - критический подтопляющий уровень подземных вод и отсчет ведется от поверхности земли.

При $P \leq 1$ и $t_c \leq T_p$ (t_c - период времени в течение которого наступает $H_c = h_e - \Delta h$) территория является потенциально неподтопляемой.

Оценки возможного повышения уровня подземных вод Δh на различные моменты времени на основе аналитических расчетов выполняются в соответствии с «Рекомендациями по прогнозу подтопления промышленных площадок грунтовыми водами» [46, 49, 67, 68, 70].

Наряду с проведением наблюдений за уровнями воды и эпизодических измерений расходов воды, необходимо изучение химического состава воды с определением агрессивных свойств по отношению к бетону [44, 48, 76, 79].

При расчете гидрологических характеристик [45, 80] учитываются:

- максимальные расходы половодья заданной обеспеченности;
- максимальные расходы дождевого паводка заданной обеспеченности,

определяемые согласно редуцированных формул расчета.

В [47, 50] рассматривается методология, основанная на принципе введения количественного «критерия близости к идеальной точке» для характеристики опасности подтопления при превышении критического уровня подземных грунтовых вод при подтоплении городской территории.

В методических рекомендациях по оценке риска и ущерба [49] изложена методика оценки опасности подтопления территорий, в зависимости от степени опасности и степени уязвимости анализируемой территории.

В рекомендациях по оценке геологического риска на территории [50] полный дифференцированный риск экономических потерь в результате подтопления зданий и сооружений рекомендуется устанавливать с учетом времени негативного воздействия этой опасности на оцениваемый объект по формуле

$$Re(S) = P(S) \cdot Ve(S) \cdot De,$$

где $P(S) = Ts/Tc$ - вероятность реализации процесса подтопления в течение срока службы объекта, Ts - длительность подтопления объекта (годы), Tc - срок службы объекта (годы); $Ve(S)$ - экономическая уязвимость объекта для процесса подтопления; De - стоимость объекта до поражения процессом (руб.).

Экологическое состояние территории определяется в результате анализа химических показателей грунтовых вод, почвы (прямые измерения), поверхностных вод и в результате экспертных оценок, полученных во время обследований (косвенные интегральные оценки).

Анализ химических показателей грунтовых и природных вод, почвы имеет свою нормативную базу (ПДК) и методическое обеспечение.

Согласно нормативным документам, обязательными для контроля качества, *общими для подземных и поверхностных вод*, являются:

- ✓ *органолептические и физические показатели*: температура, цветность, мутность, запах, привкус;
- ✓ *химические показатели*: рН, железо, марганец, нитраты, общая жесткость, окисляемость перманганатная, сульфаты, хлориды, сухой остаток, фториды, а также другие промышленные, сельскохозяйственные и бытовые

химические и радиоактивные загрязняющие вещества (по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой в зависимости от местных санитарных условий);

✓ *микробиологические*: число сапрофитных бактерий.

В соответствии со СП 11-102-97 [51] опробование и оценку загрязненности поверхностных и подземных вод, используемых как источник водоснабжения для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд, рекреационных и других целей, следует осуществлять в соответствии с установленными санитарными нормами и государственными стандартами качества воды по ПДК применительно к видам водопользования (ГОСТ 17.1.1.03-86; ГОСТ 17.1.1.04-80; ГОСТ 17.1.3.06-82; ГОСТ 17.1.3.07-82; ГОСТ 17.1.5.02-80; ГОСТ 17.1.2.04-77; ГОСТ 2761-84; ГОСТ 2874-82; СанПиН 2.1.4.027-95; СанПиН 2.1.4.544-96). Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, минеральными удобрениями устанавливаются в соответствии с ГОСТ 17.1.3.04-82; ГОСТ 17.1.3.05-82; ГОСТ 17.1.3.11-84.

Для оценки качества воды разработан ряд методик [52]:

- ✓ расчет гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ),
- ✓ расчет показателя химического загрязнения воды (ПХЗ),
- ✓ расчет комбинаторного индекса загрязненности,
- ✓ методика НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана,
- ✓ методика классификации качества вод по В.П.Емельяновой,
- ✓ расчет экотоксикологического критерия по Т.П.Моисеенко,
- ✓ комплексная оценка загрязненности вод по Г.Т.Фрумину и Л.В.Баркану.

Определение физико-механических характеристик грунтов по результатам статического и динамического зондирования, показателей химического состава подземных и поверхностных вод осуществляется в соответствии со сводом правил по инженерным изысканиям для

строительства [42]. Эти же правила определяют и методы определения гидрогеологических параметров и характеристик грунтов и водоносных горизонтов.

При оценке состояния почв может использоваться как суммарный показатель загрязнения (СПЗ или Z_c), представляющий собой сумму превышений коэффициентов концентраций химических элементов, накапливающихся в техногенных аномалиях, и рассчитывающийся по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_i - (n-1),$$

где K_i – коэффициент концентрации i -го элемента-загрязнителя, n – число аномальных элементов, так и другие показатели [53 - 57].

1.2.2 Оценка состояния ИС СЗТП

Оценка состояния ИС СЗТП производится на основании контрольных измерений и экспертных оценок путем анализа и сравнения с расчетными характеристиками и нормативной базой.

Проектирование ИС развивающихся территорий.

При разработке проектов инженерной защиты от подтопления требуется учитывать следующие источники подтопления: распространение подпора подземных вод от водохранилищ, каналов, бассейнов и других гидротехнических сооружений, подпора грунтовых вод за счет фильтрации с орошаемых земель на прилегающие территории, утечку воды из водонесущих коммуникаций и сооружений на защищаемых территориях, атмосферные осадки и осадку поверхности подрабатываемых территорий [56-62].

При этом необходимо учитывать возможность одновременного проявления отдельных источников подтопления или их сочетаний [67, 70].

В справочном пособии к СНиП «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях» [67] излагаются основные положения и методы расчета прогноза подтопления грунтовыми водами застраиваемых и застроенных территорий, необходимого для проектирования предупредительных и защитных мероприятий. При проведении расчетов прогноза подтопления территорий и эффективности защитных мероприятий на конечные результаты оказывают большое влияние достоверность исходных фильтрационных параметров и величина дополнительного питания грунтовых вод. Эти параметры должны быть определены по результатам специальных полевых гидрогеологических работ. Также приводится состав мероприятий по предупреждению подтопления территорий и борьбе с ним на подтопленных участках, характеризуются их конструктивные особенности. [58-62, 66, 67]

Оценка состояния ИС СЗТП на основании контрольных измерений

СЗТП включает в себя ряд искусственных сооружений, каждое из которых выполняет определенные функции и может быть охарактеризовано некоторым множеством параметров (технических и технологических требований к его функционированию). В состав СЗТП входят мелиоративная сеть, каналы, каналы, колодцы, которые организуют определенную схему сбора и отведения воды с анализируемой территории [49, 67 – 75].

Оценка состояния ИС связана с получением их характеристик (результаты измерений, результаты обследований – экспертные оценки) и сравнение с расчетными характеристиками, обеспечивающими нормальное функционирование СЗТП. [76-79].

Так как СЗТП представляет собой единую структуру, направленную на обеспечение нормального водного баланса территории, важность (критичность) состояния сооружений определяется их местом и функцией в системе. [77, 78, 81]

Состояние ИС СЗТП определяется на основании анализа результатов натуральных наблюдений, опыта эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) и аналогичных им сооружений, критерии безопасности могут уточняться и дополняться с использованием поверочных расчетов по «откалиброванным» на основе натуральных наблюдений расчетным математическим моделям, применительно к уточненным расчетным схемам ГТС, уточненным расчетным значениям характеристик (показателей) свойств материалов и пород оснований, а также нагрузкам основного и, при необходимости, особого сочетания. [78 - 81]

В [78] определен рекомендуемый перечень для выбора контролируемых количественных (измеренные на основе технических средств и вычисляемые на основе измерений) и качественных (контролируемые визуально) показателей состояния, уровня внешних воздействий и условий эксплуатации ГТС, а также методы определения критериев безопасности основных количественных показателей состояния ГТС.

Объединение результатов контроля, представляющие собой разнородные величины, возможно только на основе нормированных шкал, поэтому для сравнения или объединения различных характеристик необходимо привести их к единой шкале [82-86].

Оценка состояния ИС СЗТП на основании экспертных оценок позволит учесть особенности формирования стока вод, провести анализ, в том числе и визуальный, для рекогносцировочных обследований.

Экспертная группа составляет перечень сценариев всех возможных аварий на ГТС с учетом всех конструктивных и эксплуатационных особенностей и определяет деструктивные процессы (деформации, коррозию, износ, старение, протечки, суффозию и т. п.), которые могут привести к аварии на ГТС. [87]

Для экспертной оценки риска аварий ГТС водохозяйственного и промышленного назначения разработаны методические рекомендации [79, 87].

Оценка риска аварии производится на основании экспертного анализа степени опасности аварии и степени уязвимости ГТС. Степень риска аварии оценивается по принципу пересечения этих событий и количественно выражается коэффициентом риска аварии:

$$R_a = I \cap v_y,$$

где I - коэффициент опасности аварии; v_y - коэффициент уязвимости аварии ГТС.

Коэффициент опасности также определяется на основе экспертной оценки коэффициентов значимости или «удельного веса» каждого из показателей опасности, а также оценки относительной роли (весовых коэффициентов) каждой из степеней опасности по тому или иному показателю в зависимости от установленного интегрального кода показателей опасности

$$\lambda = \sum_{i=1}^4 \delta_i \cdot a_i \cdot \lambda_0,$$

где δ_i - коэффициент значимости i -го показателя опасности; a_i - значение кода i -го показателя опасности; λ_0 - нормирующий множитель.

Оценка коэффициентов уязвимости v_y выполняется по формуле:

$$v_y = \sum_{i=1}^3 \varphi_i \cdot a_i \cdot v_0,$$

где φ_i - коэффициент значимости i -го показателя уязвимости;

a_i - значение кода i -ого показателя уязвимости;

v_0 - нормирующий множитель.

Вопросы получения экспертных оценок, различные методы обработки ответов экспертов широко освещены в литературе [88 - 95]. Результатом экспертных опросов обычно является качественная оценка.

Содержание методов экспертных оценок заключается в следующем:

I. Создание групп. Для организации проведения экспертных оценок создаются рабочие группы, в функции которых входят проведение опроса, обработка материалов и анализ результатов коллективной экспертной оценки. Рабочая группа назначает экспертов, которые дают ответы на поставленные вопросы, касающиеся перспектив развития данной отрасли. Количество экспертов, привлекаемых для разработки прогноза, может колебаться от 10 до 150 человек, в зависимости от сложности объекта.

II. Формулирование глобальной цели системы. Перед тем, как организовать опрос экспертов, необходимо уточнить основные направления развития объекта, а также составить матрицу, отражающую генеральную цель, подцели и средства их достижения. При этом в ходе предварительного анализа совместно с группой специалистов определяются наиболее важные цели и подцели для решения поставленной задачи. Под средствами достижения цели понимаются направления научных исследований и разработок, результаты которых могут быть использованы для достижения цели. При этом направления научных исследований и разработок не должны пересекаться друг с другом.

III. Разработка анкеты. Заключается в разработке вопросов, которые будут предложены экспертам. Форма вопроса может быть разработана в виде таблиц, но содержание их должно определяться спецификой прогнозируемого объекта или отрасли. При этом вопросы должны быть составлены по определенной структурно-иерархической схеме, т.е. от широких вопросов к узким, от сложных к простым.

При проведении опроса экспертов необходимо обеспечить однозначность понимания отдельных вопросов, а также независимость суждений экспертов.

Окончательная количественная оценка определяется с помощью четырех основных методов экспертных оценок и множества их разновидностей:

- 1) метод простой ранжировки (или метод предпочтения);
- 2) метод задания весовых коэффициентов;
- 3) метод парных сравнений;
- 4) метод последовательных сравнений.

1.2.3 Применение ГИС технологии для решения задач оценивания состояния территорий и ИС СЗТП

Согласно СП 11-105-97 [42], СП 11-103-97 [44] и методики [45] для обеспечения решения таких задач как гидрогеологическое районирование, разработка концепции инженерной защиты, выполнение прогноза возможности изменения гидрогеологических условий и оценки опасности подтопления должны быть составлены карты соответствующих масштабов.

Так согласно [44] в состав материалов изысканий для различных стадий проектирования инженерной защиты сельскохозяйственных земель должны входить карты:

- ✓ гидрогеологическая;
- ✓ гидрогеолого-мелиоративного районирования;
- ✓ инженерно-геологического районирования;
- ✓ инженерно-геологическая;
- ✓ эксплуатационных ресурсов подземных вод;
- ✓ геологолитологических комплексов;
- ✓ гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод;
- ✓ районирования по фильтрационным схемам;
- ✓ прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод;
- ✓ месторождений стройматериалов;
- ✓ схемы сельскохозяйственной застройки;
- ✓ почвенная;
- ✓ почвенно-мелиоративная;
- ✓ засолений;

✓ топографическая.

Другие материалы, также входящие в состав материалов изысканий: разрезы инженерно-геологические и гидрогеологические; эпюры засоления пород зоны аэрации; графики колебаний уровней грунтовых вод; инженерно-геологические и гидрогеологические материалы; исследования солеотдачи засоленных почв на опытных площадках (монолитах), типичных для массива почв; исследования водно-физических свойств почв; материалы почвенно-мелиоративных изысканий; климатическая характеристика района защищаемых земель; гидрологическая характеристика рек и водоемов на защищаемой территории.

Технологии географических информационных систем (ГИС-технологии) предоставляют широкие возможности моделирования реального мира с целью формализации, анализа и картографического представления его составляющих – пространственных объектов и явлений [96 - 100].

Послойная организация данных обеспечивает:

✓ построение пространственной основы для различных тематических карт,

✓ проведение пространственного анализа;

✓ представление результатов анализа как слоев ГИС.

Модели географических данных, используемые в ГИС (шейп-файлы, классы пространственных объектов базы геоданных, покрытия и др.) позволяют пространственные данные, описывающие положение и форму географических объектов, соединить с описательными (атрибутивными) данными об объектах, что поддерживает отображение, запросы, редактирование и анализ карт [101].

Использование модели данных базы геоданных (БГД) позволяет на основе единого хранилища данных создавать различные тематические карты – и почвенную, гидрогеологическую, и схему сельскохозяйственной застройки и

др. В качестве источников, могут выступать данные различных форматов, в том числе и данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) [101 - 104].

Результаты контрольных измерений – химических, физических, биологически и других величин, оценка состояния грунтов и почв, результаты экспертных оценок, экспедиционных исследований и опросов, сформированные как базы данных результатов контроля, могут быть определены как слои ГИС и использоваться для анализа [79, 91, 105 - 110].

Использование методов пространственного анализа на базе ГИС-технологий позволяет [111, 112]:

- ✓ решать задачи накопления, хранения, анализа любой пространственно-временной информации, в том числе гидрологической, гидрогеологической и инженерно-геологической,
- ✓ строить прогнозные модели,
- ✓ создавать сценарии возможных ситуаций для быстрого и научно обоснованного принятия управленческих решений.

Возможность в автоматическом режиме получить результаты пространственного анализа обеспечивает приложение ModelBuilder, используемое для создания, редактирования и управления рабочими процессами.

ModelBuilder представляет собой графический интерфейс, в среде которого формируется модель, представляющая собой последовательности инструментов геообработки, соединенных друг с другом - выход одного инструмента используется в качестве входа в другой инструмент. Создаваемая последовательность представляет собой алгоритм анализа данных. Результат анализа может быть представлен как ГИС-слой.

Формирование картографической модели территории в соответствующем масштабе [42] с помощью ГИС-технологий обеспечивает отображение гидрогеологических условий, существующих и проектируемых техногенных нагрузок.

Формирование таких моделей является актуальной задачей [112-117], требующей как создания геоинформационной модели для представления и описания территорий и ИС СЗТП, так и алгоритмов формирования ГИС-проектов для решения задач оценки состояния ИС СЗТП и поддержки принятия управляющих решений.

Одно из основных преимуществ геоинформационных систем – наглядность, быстрый и простой доступ к данным и их обновление, позволяет, группируя и сравнивая данные, получать оценки, отображать динамику развития ситуаций, позволяет лучше понять ситуацию, определить тенденции и особенности, выявить наиболее вероятные последствия принятых решений и действий на этапе принятия решений.

Таким образом, для использования преимуществ ГИС технологии при решении задач оценки состояния ИС СЗТП и поддержки принятия управляющих воздействий необходимо определить принципы районирования территорий, основы моделирования ИС, разработать алгоритмическое и методическое обеспечение получения оценок состояния ИС на ГИС основе, формирования ГИС проектов, обеспечивающих автоматизированное решение перечисленных задач.

1.3 Разработка принципов районирования территорий на основе ГИС

Работы по районированию территорий проводятся с целью нормализации системы водоотведения. Они направлены на решение важных практических задач, связанных с автоматизацией анализа состояния территорий, выявление критических районов, оценкой степени опасности от подтопления. Разработка темы связана с выполнением следующих работ [1, 3, 4, 5, 9, 11]:

- анализ целевых функций использования территорий;
- определение соотношения между градостроительными и сельскохозяйственными задачами;
- определение характеристик – формирование информационной структуры критериев районирования территорий;
- создание классификатора для районирования территории;
- районирование территорий с целью нормализации системы водоотведения.
- оценка состояния системы водоотведения территории.

1.3.1 Анализ целевых функций использования территорий.

Территория – территориальная система (ТС) является определяющим системным элементом (понятием) в обеспечении нормального существования природных экосистем в естественных условиях, а также в условиях сельскохозяйственной, промышленной, строительной и др. областях деятельности человека.

Одним из основных показателей ТС является *водный баланс*, который определяет условия существования и развития системы. *Водный баланс* подразумевает собой сложную оценку, которая включает в себя характеристики всех источников поступления воды в ТС, характеристики

всех отводящих воду систем, характеристики всех систем потребления воды, а также структуры взаимодействия этих систем (подводящих, отводящих, потребления).

Можно выделить следующие характеристики водного баланса территории:

естественные – определяемые естественными геофизическими условиями места нахождения анализируемой территории;

проектные (идеальные) – обеспечивающие наилучшие условия для реализации целевой функции использования анализируемой территории;

реальные – установленные в результате обследования территории специалистами-экспертами.

Естественные характеристики могут быть определены на основании географического описания места положения территории – геология; климатических условий – характеристики средней интенсивности осадков, испарений; схемы и характеристики водотоков и водоемов, расположенных на анализируемой ТС, а также оценки состояния отдельных участков – заболоченность, зарастание лесом и др.

Перечисленные характеристики могут быть представлены как атрибутивные данные в ГИС, на основании которых можно сформировать результирующие *сложные оценки*, характеризующие состояние ТС.

Место положения ТС

Место положения анализируемой ТС, как правило, определяется из соображений удобства реализации ее целевой функции (относительно существующих коммуникаций, источников сырья, потребителей и др.). Поэтому размеры ТС и ее географическое положение могут находиться как в пределах одной системы водосбора, так и нескольких естественных систем водосбора. На основании сказанного необходимо определить структурную организацию водосбора ТС.

Варианты структурной организации водосбора ТС представлены на рис. 1.2 [1].

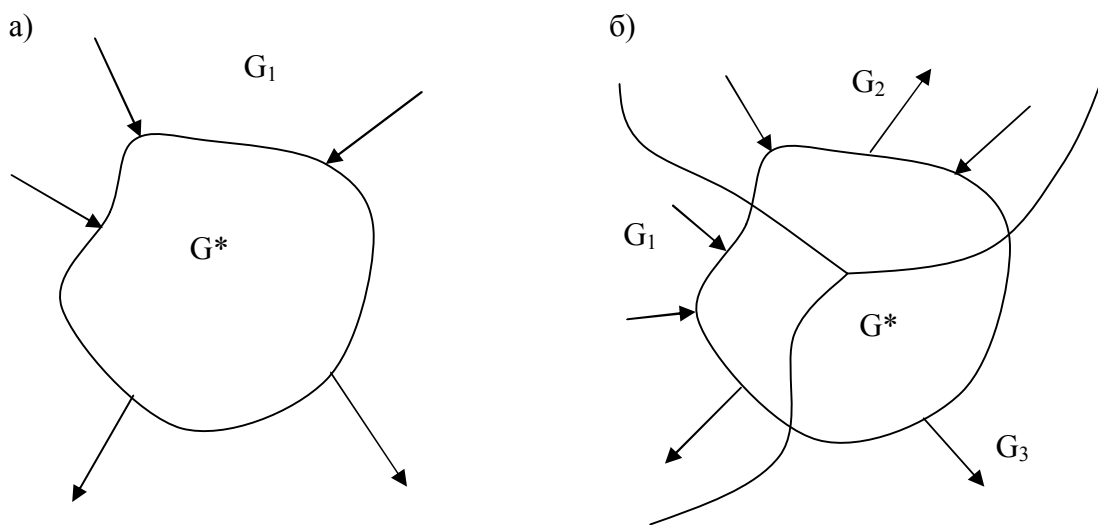


Рисунок 1.2. Структура анализируемой ТС: а) ТС располагается в пределах одной системы водосбора, б) ТС располагается в пределах трех систем водосбора

На рисунке G^* – анализируемая ТС, G_i – естественные географические системы водосбора – географические территориальные системы (ГеТС), стрелки указывают направления притока и стока воды.

В данном случае можно представить структуры ТС как совокупность одной или нескольких ГеТС

$$G^* = \{k_1 G_1\} \quad (1.1)$$

в первом случае и

$$G^* = \{k_1 G_1, k_2 G_2, k_3 G_3\} \quad (1.2)$$

во втором. Коэффициент k_i отражает тот факт, что ТС G^* размещается на части ГеТС G_i , $k_i \leq 1$.

Характеристики ГеТС определяются ее структурой и изначальными (историческими) целями ее использования.

Определим основные характеристики ГеТС попадающие под ТС G^* – $k_i G_i$:

- Площадь водосбора $\omega_1 = S, \text{ км}^2$;
- Количество осадков $\omega_2 = +V, \text{ мм в год}$;
- Количество испарений $\omega_3 = -V, \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ в год}$;
- Естественный отвод воды $\omega_4 = -V, \text{ м}^3/\text{год}$;
- Искусственный отвод воды $\omega_5 = -V, \text{ м}^3/\text{год}$;
- Характеристика состояния территории ω_6 :
 - ω_{61} – осушено $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{62} – подтоплено $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{63} – заболочено $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{64} – поле $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{65} – кустарники $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{66} – лес $S, \text{ км}^2$;
 - ω_{67} – асфальтобетонное покрытие $S, \text{ км}^2$.

Таким образом, каждая ГеТС характеризуется множеством параметров, которые могут быть представлены следующим образом

$$G_n = \{\omega_{n1}, \omega_{n2}, \omega_{n3}, \dots, \omega_{nm}\}.$$

В этом случае характеристика анализируемой ТС в соответствии с (1.1) и (1.2) будет описываться как

$$G^* = \{k_1 G_1 = \{\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}, \dots, \omega_{1m}\}\}$$

в первом случае и

$$G^* = \{k_1 G_1 = \{\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}, \dots, \omega_{1m}\}, k_2 G_2 = \{\omega_{21}, \omega_{22}, \omega_{23}, \dots, \omega_{2m}\}, k_3 G_3 = \{\omega_{31}, \omega_{32}, \omega_{33}, \dots, \omega_{3m}\}\}$$

во втором.

Для получения обобщенной оценки необходимо определить способы объединения частных оценок. Вопросы представления необходимых оценок рассмотрены ниже.

Проектные (идеальные) характеристики должны быть определены исходя из целей использования анализируемой ТС, перспектив развития ТС.

Так как в зависимости от целей использования ТС определяются требования к ее водному режиму, необходимо, прежде всего, выделить эти цели, обосновать требования к системе водоотведения.

Классификация целей (структуры) использования территории.

- Уровень урбанизации территории $\omega_7 = S_y/S_{G^*}$.

Цели использования территории непосредственно связаны с характеристикой «уровень урбанизации территории» $\omega_7 = S_y/S_{G^*}$. Определим эту связь. В таблице 1.1 приведены возможные цели использования территории (типы) и связь их с значениями оценки ω_7 .

Таблица 1.1.

Цель использования территории	Значения оценки ω_7										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Не урбанизована территория	β										
Сельскохозяйственная территория		β	β								
Лесопарк			β	β							
Поселок				β	β						
Городской парк				β	β	β					
Поселок городского типа					β	β	β	β			
Городской район							β	β	β		
Промышленная зона									β	β	β

Значения коэффициентов принадлежности территории к тому или иному классу β определяется экспертами на основании обследований. При этом оценка носит вероятностный характер.

Каждая из перечисленных типов территория отличается целями и структурой системы водного регулирования.

Так не урбанизованная территория, т.е. естественная, не тронутая человеком природа, имеет структуру водосбора естественных водотоков,

которые имеют свою структуру (*хорошо реализуется в ГИС*), характеризуются такими параметрами как:

площадь водосбора, $\omega_1 = S$, км²,

протяженность водотока, $\omega_{10} = L_B$, км,

скорость течения в заданном створе, $\omega_{11} = v_B$, м/с,

расход воды в заданном створе $\omega_{12} = q_B$, м³/с, и др.

Сельскохозяйственная территория помимо естественного водосбора и водоотвода имеет инженерные системы регулирования водных режимов территории – система мелиорации, включающая мелиоративную отводящую сеть, сопряженную с системой каналов, которые в свою очередь сопряжены с системой естественного водосбора и водоотвода (водостока). Мелиоративная отводящая сеть имеет свои характеристики. Представление структуры и характеристик ИС СЗТП приведены ниже.

Характеристики водосбора каналов – стокоформирующий комплекс:

площадь водосбора, $\omega_{к1} = S$, км²,

характеристика поверхности (лес, заболоченность, кустарники, копань, лес с копанью, и др.),

коэффициент сбора (поглощения),

Коэффициент задержки.

и тд.

На рисунке 1.3 показан пример характеристики стокоформирующего комплекса.

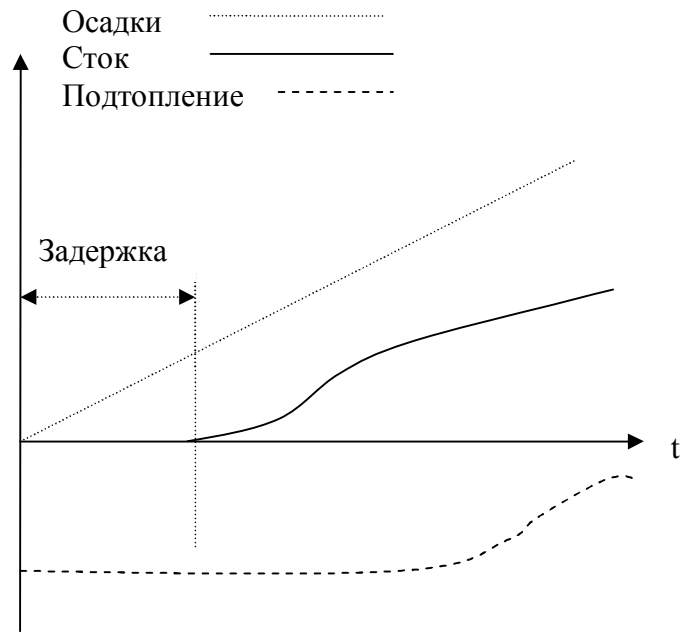


Рисунок 1.3. Характеристики стокоформирующего комплекса.

Стокоформирующий комплекс может быть описан в виде таблицы 1.2:

Таблица 1.2.

Номер ГЕТС	Характеристика поверхности	Площадь водосбора	Коэффициент сбора	Коэффициент задержки
G ₁	Лес	S ₁	k _{с1}	k _{з1}
	Заболоченный лес с копанью,	S ₂	k _{с2}	k _{з2}
	Заболоченное мелколесье	S ₃	k _{с3}	k _{з3}
	Откосы каналов	S ₄	k _{с4}	k _{з4}
	Сеть дренажных каналов	S ₅	k _{с5}	k _{з5}
	Кровли, дороги, асфальтобетонные покрытия	S ₆	k _{с6}	k _{з6}
	Заасфальтированные площадки	S ₇	k _{с7}	k _{з7}

Городские парки, районы, промышленные зоны имеют в своей структуре систему водоотведения «Водоканала», которая имеет организацию отличающуюся от перечисленных ранее, и имеет свои характеристики:

$$\text{площадь водосбора, } \omega_{в1} = S, \text{ км}^2,$$

протяженность, $\omega_{в2} = L$, км,

характеристики водоотвода, $\omega_{в3} = q$, м³/с.

- Нормативные уровни подтопления определяются для каждого класса территории (*связаны с классификацией*) $\omega_8 - h_{нт}$, м;

В соответствии с СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затоплений и подтоплений» [70] определены основные виды подтоплений:

Техногенное подтопление – нарушение баланса за счет строительства и др.,

Зона подтопления, вызванная строительством водохранилищ и др.

Зона сильного подтопления (ЗСП) – 0 ... , 0.3 м (заболачивание),

Зона умеренного подтопления (ЗУП) – 0.3 м, ..., 0.7 м – 1.2 м, ..., 2.0 м,

Зона слабого подтопления (ЗСлП) – 1.2 м, ..., 2.0 м – 2.0 м, ..., 3.0 м.

Данные определения, в которых имеются интервальные оценки начала и конца диапазона, дают нечеткие определения для классификации зон подтопления, в результате которых эксперты могут дать разные определения, что приведет к противоречию. Однако использование вероятностного подхода и построенной соответственно шкалы может увеличить корректность оценок. Пример оценки уровня подтопления приведен ниже (см. Гл.2)

Указанная характеристика – степень подтопления, описывает качество территории и может служить признаком для классификации на ряду с целевыми функциями применения территорий (см. табл.1.1).

В нормативном документе СНиП 11-52-85 «Нормы осушения в сельском хозяйстве ...» определяются требования к системе водоотвода сельскохозяйственных полей. В таблице 1.3 приведены значения норм для различных севооборотов в условиях Северо-Запада России.

Таблица 1.3.

Тип территории	Требование к подтоплению, м		
	Предпосевной период, h_{\min}	Вегетационный период, h_{\max}	$h \pm \Delta h$
Сенокосы	0.4, ..., 0.6	0.6, ..., 0.8	0.6 ± 0.2
Пастбища	0.5, ..., 0.6	0.7, ..., 0.9	0.7 ± 0.2
Полевые зерновые севообороты	0.5, ..., 0.7	0.7, ..., 1.0	0.75 ± 0.25
Овощные севообороты	0.5, ..., 0.7	0.8, ..., 1.1	0.8 ± 0.3
Кормовые севообороты	0.6, ..., 0.8	0.9, ..., 1.1	0.8 ± 0.2

В диапазонах данных оценок также наблюдаются пересечения. Поэтому для окончательного назначения их значений эксперты могут воспользоваться схемой рассмотренной в Гл.2.

Отметим, что перечисленные особенности инженерно-технических систем регулирования водным режимом территории определяют различные подходы при определении расчетных (идеальных) характеристик системы регулирования. Причем, если существуют методики расчета параметров системы водного регулирования для отдельных типов территорий [40, 59, ..., 65], то расчет смешанной системы представляется достаточно сложной процедурой, которую целесообразно реализовать на базе ГИС-технологии.

Отметим также, что основным проектным и эксплуатационным показателем системы инженерной защиты территории от подтопления является максимальная возможность отвода воды при экстремальных нагрузках: ливневые дожди, весенние талые воды. Этот показатель полностью определяется структурой системы водоотвода, характеристиками элементов системы (проектными) и их состоянием на текущий момент. То есть, идеальные (проектные) характеристики ТС, в нашем случае, это характеристики, которые помимо естественных показателей $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_5$

определяют требования к системе отвода воды: мелиоративной: $\omega_{M1}, \omega_{M2}, \dots, \omega_{M6}$; системы каналов: $\omega_{K1}, \omega_{K2}, \dots, \omega_{K6}$; системы «Водоканала»: $\omega_{B1}, \omega_{B2}, \dots, \omega_{B5}$. Если на ТС находится одна из перечисленных типов система, то целесообразно обратиться к одной из указанных выше методик. Однако в реальных условиях, особенно в районах развивающихся промышленных центров или мегаполисов (например, Сан-Петербург) на территории одного административного района могут находиться все, перечисленные виды систем отвода воды. При этом учет всего разнообразия перечисленных характеристик для определения идеального состояния ТС представляется сложным и требует отдельной проработки.

Реальные характеристики устанавливаются в результате обследования территории специалистами-экспертами. Виды реальных характеристик соответствуют видам естественных (географических) и расчетных (идеальных). Они направлены на оценивание состояния территории и как следствие состояния ИС СЗТП:

- Оценка состояния территории ω_6^* формируется на базе измерений и экспертных оценок (обследований):

ω_{61}^* – осушено S , км²;

ω_{62}^* – подтоплено S , км²;

ω_{63}^* – заболочено S , км²;

ω_{64}^* – поле S , км²;

ω_{65}^* – кустарники S , км²;

ω_{66}^* – лес S , км²;

ω_{67}^* – прочие.

Оценка носит вероятностный характер. Необходимое условие при формировании оценки:

$$\sum_j \omega_{6j} = 100\%.$$

Вопросы получения оценок рассмотрены ниже, в Гл. 2.

- Оценка уровня урбанизации территории $\omega_7^* = S_y/S_{G^*}$, определяется с помощью экспертных оценок и результатов измерений в ГИС после нанесения информации на карту. Пример оценок уровня урбанизации территорий G_1 и G_2 показан на рисунке 1.4.

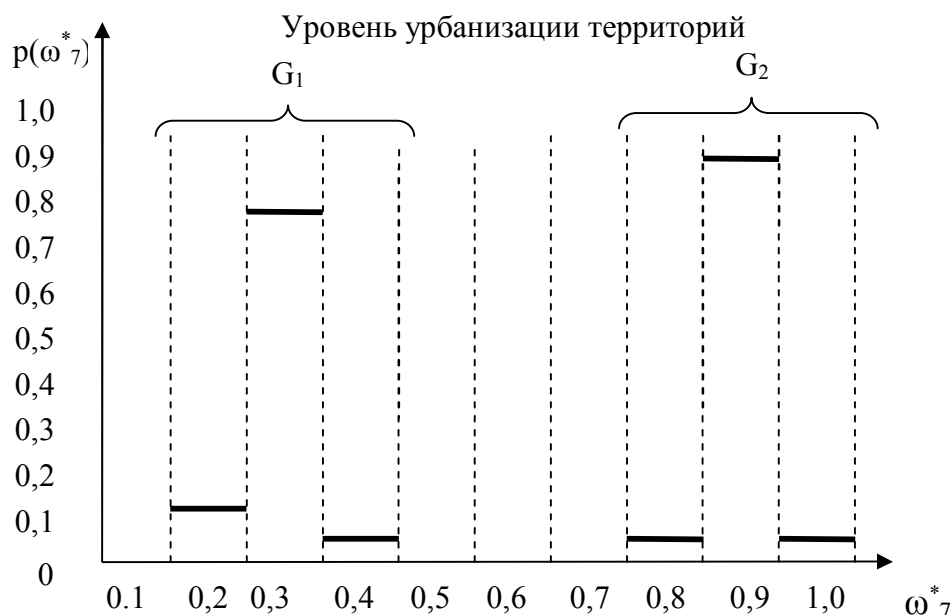


Рисунок 1.4. Пример оценок уровня урбанизации территорий G_1 и G_2 .

- Оценка уровня подтопления определяется для каждого класса территории (связаны с классификацией) $\omega_8^* - h_{нт}$, м.

Реальное значение оценки степени подтопления ω_8^* :

ω_{81}^* — значительно ниже (ЗН) нормы h , м;

ω_{82}^* — ниже нормы (НН) h , м;

ω_{83}^* — норма (Н) h , м;

ω_{84}^* — выше нормы (ВН) h , м;

ω_{85}^* — значительно выше (ЗВ) нормы h , м;

формируется на базе серии измерений. Поэтому носит вероятностный характер. Вопросы получения оценок рассмотрены ниже, в Гл. 3.

1.3.2 Определение соотношения между градостроительными и сельскохозяйственными задачами

Важным для классификации территорий является соотношение между градостроительными и сельскохозяйственными задачами, так как градостроительные и сельскохозяйственные задачи определяют разный подход к организации системы инженерной защиты территории от подтопления. Градостроительные – это полностью урбанизированная территория с системой сбора и отведения воды городского типа (структура «Водоканал»). Сельскохозяйственные – это система мелиоративных сооружений, каналов, естественных водотоков. Каждая инженерная система защиты территории от подтопления имеет свою нормативную и расчетную базу, связанную со спецификой целевого применения территории.

Каждая рассматриваемая территория может быть представлена как ряд территорий, имеющих свою цель использования и соответственно систему водоотведения. Для оценки степени соотношения между этими территориями можно воспользоваться рассмотренной ранее характеристикой – уровень урбанизации территории $\omega_7 = S_y/S_G^*$, введя более общие понятия, отражающие структуру системы водоотведения:

- Сельскохозяйственная территория (СТ);
- Поселок (П);
- Поселок городского типа (ПГТ);
- Городской район (ГР);
- Промышленная зона (ПЗ).

В этом случае система показателей преобразуется к виду, показанному в таблице 1.4.

Таблица 1.4.

Цель использования территории	Значения оценки ω'_7										
	СТ			П		ПГТ		ГР		ПЗ	
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Не урбанизирована территория	β										
Сельскохозяйственная территория		β	β								
Лесопарк			β	β	β						
Поселок					β	β					
Городской парк					β	β					
Поселок городского типа						β	β	β			
Городской район								β	β	β	
Промышленная зона									β	β	β

Также как и в предыдущем случае значения коэффициентов принадлежности территории к тому или иному классу β определяется экспертами на основании обследований. При этом оценка носит вероятностный характер и соответствует примерам, приведенным на рисунке 1.4.

Каждая из перечисленных типов территорий отличается целями и структурой системы водного регулирования.

1.3.3 Определение характеристик – формирование информационной структуры критериев районирования территорий

Районирование на основе оценки состояния территорий

На основании проведенного анализа можно рассмотренные естественных характеристик ТС – $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_8$ дополнить показателями сооружений ИСЗТП, которые также определяют требования к системе отвода воды: мелиоративная сеть: $\omega_{M1}, \omega_{M2}, \dots, \omega_{M6}$; система каналов: $\omega_{K1}, \omega_{K2}, \dots, \omega_{K6}$; система «Водоканала»: $\omega_{B1}, \omega_{B2}, \dots, \omega_{B5}$ т.е. отражают специфику целевого применения территории. Интегральной оценкой, отражающей требования к организации системы отведения воды с территории является оценка соотношения градостроительных и сельскохозяйственных задач (обобщенная оценка уровня урбанизации) $\omega'_7 = S_y/S_G$. Данную оценку удобно использовать для классификации территории на уровне создания планов развития территории (начальном уровне проектирования). Причем тип территории (целевое применение) определяет все требуемые характеристики к системе инженерной защиты территории от подтопления, которая должна обеспечить определенное состояние этой территории в соответствии с расчетным водным балансом.

Оценки состояния территории ω_6^* и степени подтопления ω_8^* – интегральные оценки, которые определяют реальные характеристики территории и должны использоваться для окончательной классификации территории при формировании окончательного проекта развития территории.

Определим информационную структуру критериев для районирования территории. Для этого разобьем анализируемую ТС на более мелкие системы. Например, на рисунке 1.5 показано как системы, показанные на рисунке 1.2 разбиваются на несколько подсистем.

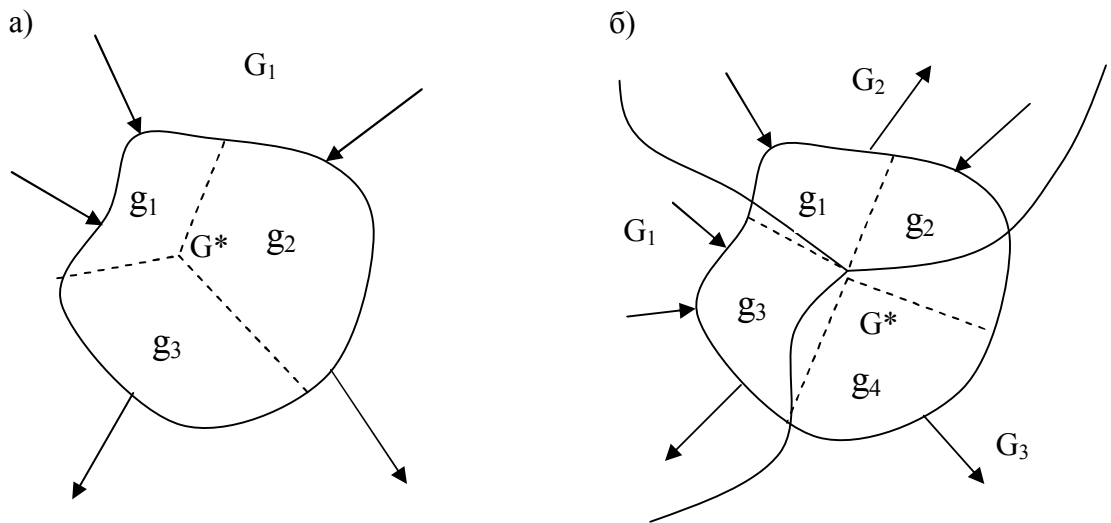


Рисунок 1.5. Пример представления ТС G^* в виде нескольких подсистем
 Для каждой подсистемы можно, с большой достоверностью, определить тот или иной класс (см. табл. 1.4) $g_k = \{\omega'_{7k}\}$. Вся система может быть представлена как совокупность выделенных подсистем

$$G^* = \{g_1, g_2, \dots, g_k, \dots\}.$$

В этом случае для каждой выделенной подсистемы в соответствии с ее целевой функцией может быть произведен расчет требуемых характеристик системы водоотвода

$$g_k = \{\omega_{k1}, \omega_{k2}, \omega_{k3}, \dots, \omega_{km}\}$$

и получена обобщенная характеристика

$$\Omega_{gk} = \text{SUM}_m \{\omega_{k1}, \omega_{k2}, \omega_{k3}, \dots, \omega_{km}\}, \quad (1.3)$$

где SUM_k – оператор суммирования отдельных характеристик ТС.

Для получения обобщенных показателей ТС необходимо определить алгоритм объединения показателей отдельных систем с учетом их важности. Для каждой конкретной ТС должна быть определена приоритетная задача (в общем случае задач может быть несколько). Тогда обобщенная характеристика может быть определена как

$$\Omega_G = \text{SUM}_k \{g_k = \{\omega_{k1}, \omega_{k2}, \omega_{k3}, \dots, \omega_{km}\}, r = \{g_l, g_m\}\},$$

где SUM_k – оператор суммирования характеристик отдельных ТС, $r\{\cdot\}$ – оператор, учитывающий взаимное влияние ТС друг на друга.

Необходимо также отметить, что важным и определяющим фактором в анализируемой задаче является взаимодействие водных балансов прилегающих территорий, то есть их взаимодействие. Достаточно просто определить параметры водных потоков на границах территорий, их направление воздействия. В этом случае характеристики, определяющие взаимное влияние территорий носят векторный характер, т.е.

$$\vec{R}_{lm} = \{ \Omega_{G_l}(\vec{\omega}_{4l}), \Omega_{G_m}(\vec{\omega}_{4m}) \},$$

где \vec{R}_{lm} – вектор совокупного воздействия территории G_l на территорию G_m , $\Omega_{G_l}(\vec{\omega}_{4m})$ и $\Omega_{G_m}(\vec{\omega}_{4l})$ – оценки воздействия соответствующих территорий.

Таким образом, для оценки состояния системы инженерной защиты заданной территории необходимо провести анализ не только этой территории, а также анализ систем защиты прилегающих территорий и их взаимное влияние. В результате анализа может быть сформирована таблица (матрица, см. таблица 1.5), характеризующая степень взаимного влияния территорий при подтоплении. На основании сформированной таблицы должен проводиться анализ состояния системы защитных инженерных сооружений для каждой территории, формироваться требования к ее характеристикам.

Таблица 1.5.

	G^*	G_1	G_2	G_3
G^*	0	\vec{R}_{01}	\vec{R}_{02}	\vec{R}_{03}
G_1	\vec{R}_{10}	0	\vec{R}_{12}	\vec{R}_{13}
G_2	\vec{R}_{20}	\vec{R}_{21}	0	\vec{R}_{23}
G_3	\vec{R}_{30}	\vec{R}_{31}	\vec{R}_{32}	0

В таблице \vec{R}_{ij} – векторная оценка степени влияния территорий друг на друга. Вектор отражает направление системы водосбора и водотоков.

1.3.4 Классификация территорий. Районирование территорий по целевому назначению

На основании проведенного анализа, для решения задачи районирования территории с целью нормализации системы водоотведения могут быть приняты следующие признаки классификации.

Естественные.

Характеристики ГеТС: территория водосбора.

Проектные.

Уровень урбанизации проектный – оценка вида таблица 1.4.

Степень опасности подтопления проектная – оценка рассмотрена в Гл.3.

Реальные.

Состояние территории.

Уровень урбанизации реальный.

Степень опасности подтопления реальная.

В данном случае анализируемая территория рассматривается в комплексе с прилегающими к ней территориями.

Для оценки водного баланса проводится районирование по территориям естественного водосбора с целью определения естественных направлений стоков и оценки направлений и степени взаимодействия анализируемых территорий. Пример приведен на рисунке 1.6.

На рисунке 1.6 выделено три ГеТС (G_1 , G_2 , G_3), которые определяют водный баланс анализируемой G^* и для которых могут быть определены все характеристики:

- Площадь водосбора $\omega_1 = S$, км²;
- Количество осадков $\omega_2 = +V$, мм в год;
- Количество испарений $\omega_3 = -V$, м³/м² в год;
- Естественный отвод воды $\omega_4 = -V$, м³/год;
- Искусственный отвод воды $\omega_5 = -V$, м³/год.

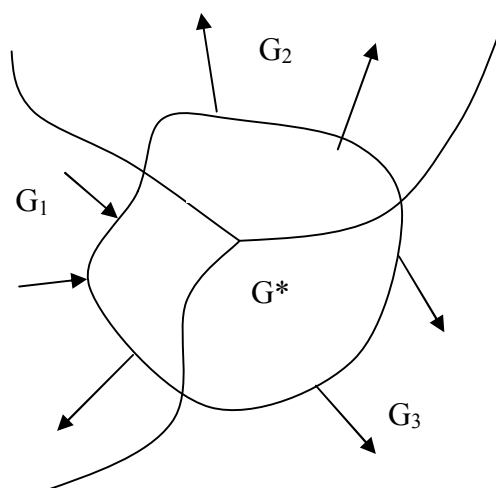


Рисунок 1.6. Пример представления ТС G^* в виде нескольких ГетС.

После определения естественных гидрологических режимов всех ГетС, связанных с анализируемой территорией, необходимо определить принадлежность каждой территории. Для этого производится районирование по административной принадлежности. См. рисунок 1.7.

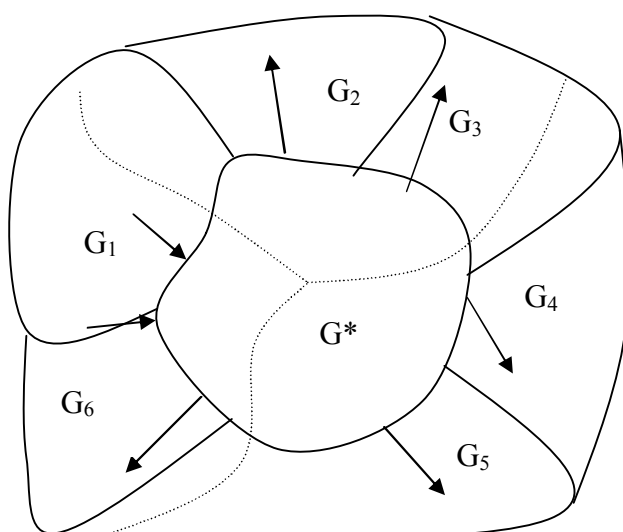


Рисунок 1.7. Пример административного районирования ТС.

Для каждой территории может быть определена степень взаимного воздействия в соответствии с таблицей 1.5.

Пример для административного районирования (рисунок 1.7) приведен в таблице 1.6.

Таблица 1.6.

	G^*	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
G^*	1	$-\vec{R}_{10}$	\vec{R}_{02}	\vec{R}_{03}	\vec{R}_{04}	\vec{R}_{05}	\vec{R}_{06}
G_1	\vec{R}_{10}	1	0	0	0	0	\vec{R}_{16}
G_2	$-\vec{R}_{20}$	0	1	0	0	0	0
G_3	$-\vec{R}_{30}$	0	0	1	0	0	0
G_4	$-\vec{R}_{40}$	0	0	0	1	0	0
G_5	$-\vec{R}_{50}$	0	0	0	0	1	0
G_6	$-\vec{R}_{60}$	0	0	0	0	0	1

Также, для каждой выделенной территории могут быть определены проектные характеристики, т.е. проведено районирование по проектным характеристикам. Отметим, что оценки «уровень урбанизации» и «степень опасности подтопления» имеют одну основу, связанную с целевыми функциями применения территории (см. таблицу 1.1). Поэтому районирование целесообразно проводить по этому признаку.

На рисунке 1.8 приведен пример районирования территорий по их целевому назначению.

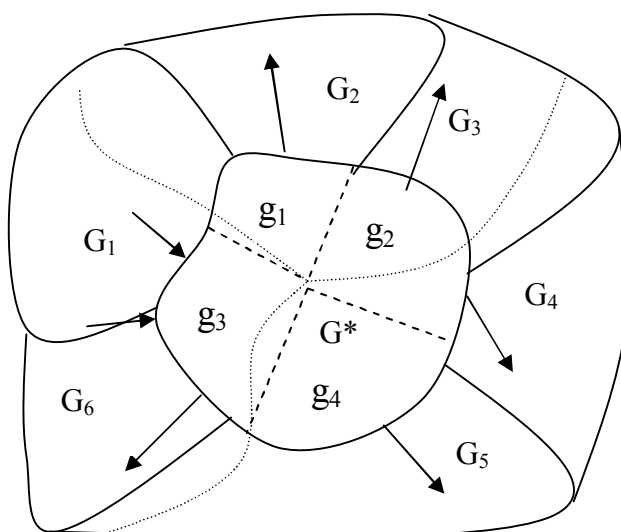


Рисунок 1.8. Пример районирования ТС по целевому назначению.

На рисунке 1.8 выделено семь административных территорий (подсистем): G^* – анализируемая территория, $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6$ – прилегающие территории.

Для каждой подсистемы можно, с большой достоверностью, определить тот или иной класс (см. табл. 1.4) $g_k = \{\omega'_{7k}\}$. Вся система может быть представлена как совокупность выделенных подсистем.

На рисунке 1.8 приведен пример для анализируемой территории

$$G^* = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}.$$

В этом случае для каждой выделенной подсистемы в соответствии с ее целевой функцией может быть произведен расчет требуемых характеристик системы водоотвода и получена обобщенная характеристика. Например, коэффициент риска подтопления территории определяется по формуле [49]:

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^k v_{yi} I_{oi} \frac{S_i}{S_o},$$

которая может быть представлена как

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^k v_{yi} I_{oi} \alpha_i,$$

где α_i – коэффициент, определяемый отношением S_i/S_o .

В общем случае для любой оценки анализируемой территории можно записать

$$\Omega = \sum_{i=1}^k \omega_i \alpha_i. \quad (1.4)$$

Данная оценка может быть использована для определения значения характеристики анализируемой территории определенной в результате районирования по любому признаку или группе признаков.

1.4 Описание структуры и характеристик ИС СЗТП в ГИС-технологии.

ИС СЗТП включает в себя ряд искусственных сооружений, каждое из которых выполняет определенные функции и может быть охарактеризовано некоторым множеством параметров (технических и технологических требований к его функционированию).

В состав СЗТП входят мелиоративная сеть, канавы, каналы, колодцы, которые организуют определенную схему сбора и отведения воды с анализируемой территории [49, 69, ..., 72, 73].

В системе инженерной защиты территории от подтопления различают основные технические сооружения: мелиоративную сеть, каналы, трубопереезды, устья и др.

Оценка состояния технических сооружений связана с получением их характеристик (результаты измерений, результаты обследований – экспертные оценки) и сравнение с расчетными характеристиками, обеспечивающими нормальное функционирование СЗТП.

1.4.1 Анализ возможности использования существующих характеристик для оценки состояния ИС СЗТП

Так как СЗТП представляет собой единую структуру, направленную на обеспечение нормального водного баланса территории, важность (критичность) состояния сооружений определяется их местом и функцией в системе.

Основными образующими СЗТП сооружениями являются каналы (водотоки) и мелиоративная сеть. Поэтому далее рассмотрим вопросы оценки состояния этих объектов с учетом их места в структуре СЗТП.

Подтопление территории зависит от состояния СЗТП или отдельных участков ее структуры и характеризуется следующими оценками: наличие

неувлажненных площадей, наличие выклинивания грунтовых вод, причины переувлажнения и др.

Рассмотрим основные характеристики выделенных сооружений.

Мелиоративная сеть (МС).

Мелиоративная отводящая сеть имеет основные характеристики:

- место расположения,
- тип сети (назначение),
- общая протяженность, км,
- площадь покрытия, км²,
- структура системы отвода,
- производительность сети, м³/с,
- густота (плотность) сети, км/км²,
- водный баланс.

Каналы.

Каналы являются основным образующим СЗТП сооружением. Каналы выполняют несколько функций. Различают следующие основные типы каналов:

- магистральный канал (МК),
- оградительный канал (ОГР),
- транспортирующий собиратель (ТС),
- открытый коллектор (ОК),
- придорожный канал (ПР),
- нагорный канал (НГ).

Функция канала определяет его место в структуре СЗТП и требования к гидротехническим характеристикам.

Основными характеристиками канала являются:

- номер в схеме СЗТП,
 - тип, (МК, ОК, ОГР, ТС, НГ, ПР),
 - длина канала – протяженность L , км,
 - гидрологические характеристики в контрольных створах:
 1. глубина воды, м,
 2. скорость воды, м/с,
 3. расход воды в заданных створах q , м³/с,
 - место в структуре СЗТП (географическое положение в ГИС)
 - ширина по гребню, м,
 - ширина по дну, м,
 - глубина канала, м,
 - площадь водосбора S , км²,
 - расчетная производительность, м³/с,
 - количество трубопереездов, шт,
 - функциональное зонирование земель (застройка промышленная, застройка жилая, сады и парки, садоводства, сельскохозяйственная территория, лес),
 - уклон $\frac{0}{0_0} = \frac{\Delta h}{L} \times 1000$,
- где- Δh -разница между большей и меньшей конечной
отметкой дна, м; L - длина канала, м.
- максимальные расходы в замыкающем створе дождевых паводков (СП 33-101-2003 Свод правил по проектированию и строительству).

Трубопереезды.

Трубопереезды имеют следующие основные характеристики:

- номер канала, на котором расположен трубопереезд,

- диаметр трубы, м,
- материал стенок,
- заиливание труб, %,
- разрушение стенок, %.

Основные характеристики водосборов каналов:

- площадь водосбора (бассейна), км²,
- функциональное зонирование территории (застройка, парки, застройка промышленная, застройка жилая, сельскохозяйственные угодья, садоводства),
- густота русловой сети, км/км²,
- коэффициент стока,
- максимальный суточный слой осадков, мм,
- уклон стоков водосбора, ‰,
- характеристика поверхностей (лес, кустарники, пашня, луг).

1.4.2 Описание структуры СЗТП и представление в ГИС технологии

Исходя из описанных свойств основных составляющих структуры СЗТП определим способы ее представления удобные для анализа [3, 4].

Древовидная структура – структура, имеющая схему естественного водосбора с одним водоотводом.

На рисунке 1.9 показана схема отвода воды из анализируемой территории. Схема полностью соответствует принятой структурной схеме для описания характеристик водотоков. Поэтому, целесообразно ее применить при описании и анализе состояния СЗТП.

В этом случае устье магистрального канала считаем «нулевой» отметкой. Устья средних и малых каналов, также являются «нулевой»

отметкой каждого канала. При этом описание всей структуры СЗТП осуществляется относительно Устья магистрального канала.

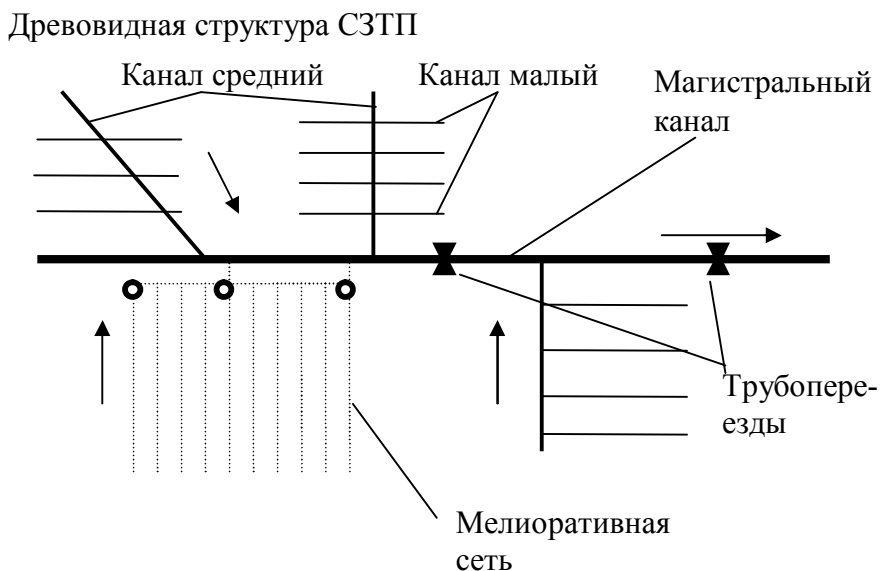


Рисунок 1.9. Древовидная структура СЗТП

Сетевая структура – структура, имеющая несколько направлений водосбора и несколько водоотводов.

Сетевая структура (рисунок 1.10) представляет собой композицию нескольких древовидных. Для описания и анализа таких систем удобно разбить их на несколько древовидных, разделяя всю систему водосбора на частные подсистемы.

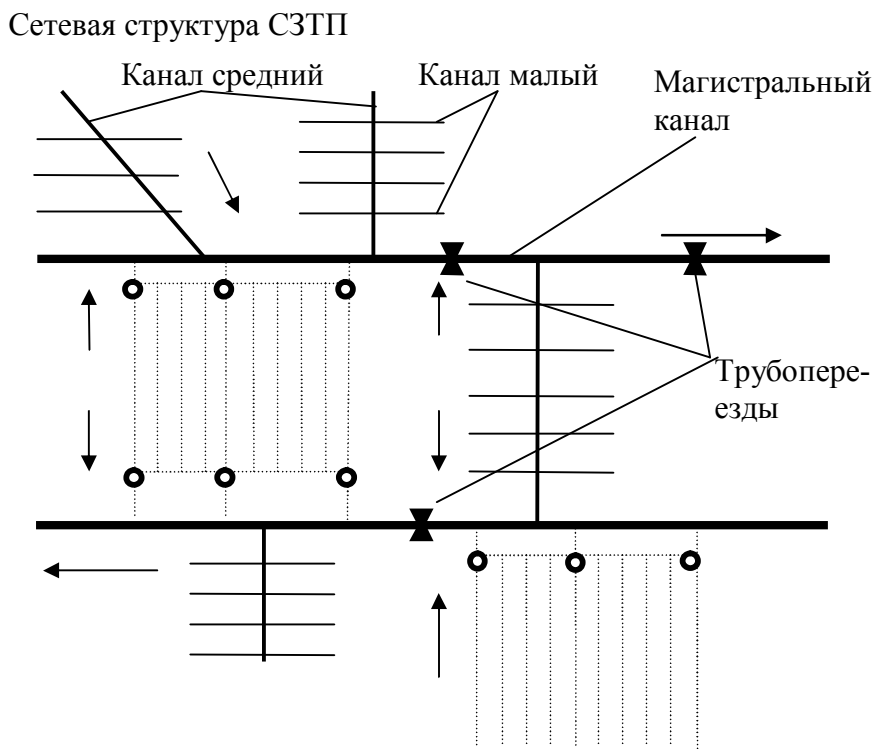


Рисунок 1.10. - Сетевая структура СЗТП

Описание канала

Для примера рассмотрим магистральный канал, показанный на рисунке 1.9. На рисунке 1.11 указаны створы магистрального канала МК1, на которых в канал впадают (расположены устья) каналы средние КС1 (Ст-1), КС2(Ст-2), КС3 (Ст-5) и мелиоративной системы МС1 (Ст-3, Ст-4, Ст-6).

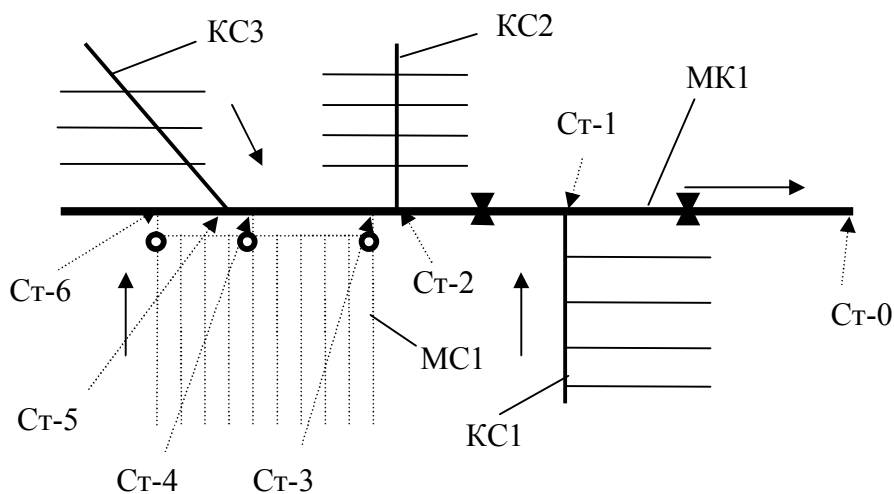


Рисунок 1.1. Схема представления канала

При описании состояния канала должны использоваться как расчетные значения так и значения полученные в результате измерений или экспертных оценок, полученные в процессе обследований во время проведения инвентаризационных работ. Основными из них являются:

- протяженность, км,
- скорость течения, м/с,
- расход воды по створам, м³/с,
- количество трубопереездов,
- проектная ширина по бровке, м,
- фактическая ширина по бровке, м,
- проектная ширина по дну, м,
- фактическая ширина по дну, м,
- проектная глубина, м,
- фактическая глубина, м,
- глубина воды в канале, м,
- состояние русла,
- профиль русла канала,
- уклон русла, ‰,
- максимальный расход весеннего половодья, м³/с,
- максимальный расход дождевых паводков, м³/с,
- коэффициент шероховатости.

Перечисленные характеристики говорят о том, что оценка состояния канала является сложной, опирающейся на большое количество измеряемых величин конкретных физических параметров и сравнение их с проектными (расчетными) и качественные экспертные оценки. Точность измерений определяется применяемыми средствами и методами измерений, а точность экспертных оценок определяется опытом эксперта, кругом его интересов (заинтересованность в том или ином результате экспертизы). Ниже

рассмотрим способы анализа этих оценок с целью получения обобщенной характеристики состояния канала, так как обобщенные характеристики удобно использовать на практике.

Для удобства описания структуры канала представим его характеристики в виде таблицы таблице 1.7.

В таблице «Ст.П.КС1» означает: на уровне данного створа на правом берегу МК1 находится устье канала КС1, «Ст.Л.КС2» означает: на уровне данного створа на левом берегу МК1 находится устье канала КС2 и т.д.

Кроме указанных гидротехнических сооружений, на различных участках канала могут находиться другие сооружения. Например, автомобильные или железнодорожные переезды, трубопроводы и др. При проектировании канала могут быть определены дополнительные контрольные створы, связанные с географическими особенностями территории или административными требованиями. Все створы должны быть определены и занесены в таблицу описания, схему канала.

Таблица 1.7.

Наименование канала: МК1. Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)						
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Оценка состояния, балл	Оценка состояния устья, балл
0	Ст.0.КМ1	0	5/5	2/2	100	80
1	Ст.П.КС1	800	5/4.5	2/1.2	60	
2	Ст.Л.КС2	1200	5/4.5	2/1.2	60	
3	Ст.П.МС1-1	1300	5/5	2/2	100	
4	Ст.П.МС1-2	1600	5/5	2/2	100	
5	Ст.Л.КС3	1700	5/4.0	2/1.0	50	
6	Ст.П.МС1-3	1900	5/4.5	2/1.2	60	
7	Ст.П.КМ1	2100	5/4.5	2/1.2	60	

Для каждого створа должны быть определены: условия формирования стока, требуемая (расчетная) пропускная способность в контрольных створах, для мостовых переездов и трубопереездов.

Оценка состояния канала в каждом створе производится на основании сравнения расчетных параметров и текущих значений параметров, полученных в результате измерений и обследований.

1.4.3 Расчетные гидрологические характеристики ИС СЗТП

Максимальные расходы половодья заданной обеспеченности для заданных створов на каналах рассчитываются по редуционной формуле в соответствии [43- 45]:

$$Q_{вP\%} = \frac{k_0 Y_{P\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3 F}{(F+b)^n}$$

где $Q_{вP\%}$ – расчетный максимальный расход воды с вероятностью превышения $P\%$;

k_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, определяется по данным реки-аналога обратным путем;

$Y_{P\%}$ – расчетный слой суммарного (без срезки грунтового питания) стока половодья ежегодной вероятности превышения $P\%$, определяемой в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_0 , а также среднего многолетнего слоя стока Y_0 , устанавливаемого по рекам-аналогам или по карте [53,54];

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;

$\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер, заболоченности, заселенности и распаханности соответственно; δ_1 учитывает влияние заболоченности водосборов и в случае

если заболоченность не большая (единицы процентов) может быть принят равным единице ($\delta_1 = 1$);

δ_2 учитывает снижение максимальных расходов воды в заселенных бассейнах рассчитывается по формуле [118];

$$\delta_2 = a/(f_n+1)^n$$

где a – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе, принимается равным 1; f_n – залесенность водосбора, %; n – коэффициент редукации;

δ_3 учитывает снижение максимального расхода воды вследствие распашки водосбора под сельхозугодья для рассматриваемых водосборов принимается равным 1, если распаханность менее 50%;

F – площадь водосбора водотока до исследуемого створа, км²;

b – эмпирический параметр, учитывающий снижение интенсивности редукации модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²;

n – показатель степени редукации.

Максимальные расходы дождевого паводка заданной обеспеченности для заданных створов каналов рассчитываются по формуле предельной интенсивности стока:

$$Q_{др\%} = \dot{q}_{1\%} \cdot \alpha_d \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_p \cdot F,$$

где

$Q_{др\%}$ – максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков заданной обеспеченности $P\%$, м³/с;

$\dot{q}_{1\%}$ – максимальный модуль стока ежегодной вероятностью превышения $P = 1\%$, определяется для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла Φ_p и продолжительности склонового добега $\tau_{дск}$;

α_d – сборный коэффициент ливневого стока,

$H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения 1%, мм;

δ – коэффициент, учитывающий влияние проточных озер на водосборе – принимается равным 1,

λ_p – коэффициент перехода от одной вероятности превышения к другой;

F – площадь водосбора, км².

Расчетные характеристики пропускной способности каналов в заданных створах

В случае отсутствия гидрографов и водомерных графиков паводков расчет сооружений на воздействие водного потока допускается проводить по максимальным расходам вод.

В соответствии с требованиями СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» [69] в расчетах предварительно назначаются НПУ и ФПУ для сооружения. Для ГТС IV класса они соответствуют 5% (НПУ) и 1% (ФПУ) ежегодным вероятностям превышения расчетных максимальных расходов воды.

В качестве расчетных расходов для каналов приняты максимальные расходы воды весеннего половодья 1% и 5% обеспеченности.

Для расчетного створа пропускная способность каналов рассчитывается по формуле:

$$Q = C \cdot \omega \cdot \sqrt{R i}$$

где C – коэффициент Шези, ω – площадь поперечного (живого) сечения, R – гидравлический радиус, i – уклон канала на длинном участке.

Профиль каналов переменный: внизу – прямоугольный лоток, выше – трапецеидальное русло. Величина живого сечения ω и смоченного периметра χ вычисляются по формулам в зависимости от профиля каналов:

$$\omega = (b + mh)h \text{ или } \omega = bh,$$

$$\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2} \text{ или } \chi = b + 2h.$$

Зная величины ω и χ можно определить величину $R = \omega/\chi$.

Расчет пропускной способности трубопереездов

Максимальный расход через перепускную трубу, в соответствии с [74], должен проходить при максимальной степени заполнения $\alpha = 0,8 \div 0,85$.

Степень заполнения трубы α определяется из соотношения:

$$\alpha = h/D,$$

где h – глубина наполнения трубы;

D – внутренний диаметр трубы.

Гидравлический расчет водопропускного сооружения с одной трубой выполняется в соответствии с [80]. Водопропускная труба должна обеспечить при заданной степени заполнения пропуск расхода половодья 1% и 3% обеспеченности в заданном створе.

Расчет пропускной способности труб производится при их заполнении по формуле для безнапорных канализационных труб [75] и выполняется по формуле:

$$Q = MK_n \sqrt{i},$$

где M – отношение модуля расхода K_∂ , соответствующий действительной глубине заполнения, к модулю расхода, соответствующего полному заполнению трубы ($M = K_\partial/K_n$):

i – уклон трубы принятый равным уклону канала на данном участке.

Расчет пропускной способности мостов-переездов

Пропускная способность подмостового пространства рассчитывается по формуле [67]:

$$Q = C \cdot \omega \cdot \sqrt{R i}$$

C – коэффициент Шези, R – гидравлический радиус, ω – площадь поперечного (живого) сечения, i – уклон канала на данном участке.

Профиль подмостового пространства переменная: внизу – земляное русло канала, выше – трапецидальное русло, с гравийной засыпкой. Величину ω живого сечения и смоченного периметра χ вычисляем по формулам в зависимости от профиля:

$$\omega = (b+mh)h \text{ или } \omega=bh,$$

$$\chi = b+2h \sqrt{\text{sqrt}(1+m^2)} \text{ или } \chi=b+2h.$$

Зная величины ω и χ можно определить величину $R= \omega/\chi$.

1.4.4 Анализ полноты применяемых характеристик

Оценка состояния канала в заданном створе по результатам контроля

Состояние каждого створа может быть оценено специалистами в результате обследований.

Оценка состояния каналов связана с определением текущего значения основных его характеристик:

- гидрологические характеристики в контрольных створах $x^*_{к}$:
 1. ширина по гребню, $x^*_{к1} = l_{г}$, м,
 2. ширина по дну, $x^*_{к2} = l_{д}$, м,
 3. глубина канала, $x^*_{к3} = h$, м,
 4. глубина воды в заданном створе, $x^*_{к4} = h_{в}$, м,
 5. скорость течения в заданном створе, $x^*_{к5i} = v$, м/с,
 6. и др.,
- физическое состояние, $x^*_{к7}$:
 1. заросшее камышом и высокотравной растительностью,
 2. заросшее кустарником,
 3. заросшее травой,
 4. заросшее травой и кустарником,
 5. засыпанное,

6. частично переустроенное,

7. удовлетворительное;

- фактическая производительность, $x_{к8}^*$,

1. расход воды в заданном створе, $x_{к8 i}^* = q$, м³/с.

Все перечисленные характеристики, в конечном счете, оценивают пропускную способность водоотводящей системы и могут быть сведены к обобщенной оценке – состояние канала в заданном створе. Каждая характеристика может быть получена во время обследований канала путем измерений или анализа специалистов и экспертной оценки. Рассмотрим методику приведения указанных характеристик в обобщенной оценке.

Обобщенная оценка – это некоторая характеристика, которая определяет состояние канала в заданном створе, его пропускную способность, т.е. степень повреждения канала и необходимость его восстановления.

Выберем следующую шкалу состояний канала:

1. Повреждений нет (ПН).
2. Незначительные повреждения (НП).
3. Средние повреждения (СП).
4. Значительные повреждения (ЗП).
5. Большие повреждения (БП).
6. Канал разрушен (КР).

Очевидно, что контролируемые физические параметры канала могут быть сведены к обобщенным характеристикам, а следовательно могут быть использованы при анализе ситуаций и сравнения с другими результатами обследований. Вопросы приведения результатов контрольных измерений к обобщенным нормированным шкалам рассматриваются в Гл.2.

Выводы по главе

1. Проведен анализ проблемы сохранения водного баланса развивающихся территорий. Показано, что указанная проблема связана с

решением ряда задач, таких как сохранение водного баланса ТС, сохранение нормального экологического состояния ТС, работоспособного состояния ИС СЗТП. Эти задачи непосредственно связаны с задачами районирования ТС, оценкой экологического и гидрофизического состояния территорий, оценкой состояния ИС СЗТП. Показано, что данные задачи имеют достаточно хорошо проработанную методическую базу. Однако известные публикации и нормативная база не рассчитаны для реализации в автоматизированном режиме и не имеют решений в геоинформационных технологиях. Показано, что геоинформационные технологии являются удобным и эффективным инструментом для решения перечисленных задач, создания автоматизированной системы оценки состояния ИС СЗТП, проведения анализа результатов оценивания с целью поддержки принятия управленческих решений (п. 1.2).

2. Рассмотрены принципы районирования территорий на основе ГИС. Показано, что ТС может быть представлена как совокупность подсистем (п. 1.2), каждая из которых имеет многопараметрическую оценку состояния, и что каждая подсистема может быть представлена как векторный объект ГИС, описываемый вектором параметров, атрибутивными данными (п. 1.3).

3. Разработаны принципы моделирования ИС СЗТП. Показано, что модель СЗТП удобно представлять в геоинформационной технологии древовидной (рис. 1.9) или сетевой (рис. 1.10) структуры. Показано, что модель СЗТП также может быть представлена как объект ГИС, описываемый вектором параметров, атрибутивными данными, и что такое описание обеспечивает возможность создания алгоритмического обеспечения, эффективно решающего задачи сбора, обработки, анализа и представления информации (п. 1.4).

Гл. 2 Разработка алгоритмического обеспечения для формирования оценок состояния территорий и ИС СЗТП в ГИС-технологии.

2.1 Постановка задачи.

Оценка состояния ИС СЗТП может быть сформирована на основании прямых характеристик (измерений) – оценки состояния инженерных сооружений (мелиоративная сеть, каналы, колодцы, проезды и др.) и косвенных характеристик (измерений) – оценка состояния (степени подтопления) территорий, оценка экологического состояния территорий.

Так как анализируемые объекты: ТС и ИС СЗТП являются сложными и многофункциональными, а их характеристики, связанные с целевым применением территории, многопараметрическими. Во второй главе рассмотрены алгоритмы получения простых и сложных оценок на базе нормированных шкал на ГИС основе.

Одним из основных показателей ТС является водный баланс, который определяет условия существования и развития системы. Водный баланс подразумевает собой сложную оценку, которая включает характеристики всех источников поступления воды в ТС, характеристики всех отводящих воду систем, характеристики всех систем потребления воды, а также структуры взаимодействия этих систем (подводящих, отводящих, потребления). Все перечисленные характеристики определяются состоянием ИС СЗТП, которое описывается многими параметрами. Важным показателем для ТС является ее экологическое состояние.

Для оценки состояния ТС и ИС СЗТП, как правило, используются результаты их обследований (инвентаризации):

- результаты измерений простых оценок;
- результаты экспертных оценок;
- результаты анализа измерений нескольких оценок (сложные оценки);

– результаты анализа совокупности измеренных оценок и экспертных оценок (комплексные оценки).

В данном разделе разрабатывается методическое и алгоритмическое обеспечение получения простых и сложных оценок на единой метрологической основе в виде нормированного пространства оценок в ГИС технологии.

2.2 Получение оценок физического и экологического состояния территорий и ИС СЗТП по результатам контрольных измерения на ГИС основе

Реальные характеристики территорий и ИС СЗТП устанавливаются в результате инвентаризации территории, проведения контрольных измерений. Виды реальных характеристик соответствуют видам естественных (географических) и расчетных (идеальных). Они направлены на оценивание состояния территории и как следствие состояния ИС СЗТП. Оценка состояния инженерных сооружений связана с получением достоверной информации на основании контрольных измерений и экспертных оценок состояния канала, как основного элемента системы. Результат измерения представляет собой числовое значение контролируемого параметра в единицах представления физической величины. Для получения достоверных характеристик на базе различных оценок все результаты приводятся к нормированной шкале [1, 2, 3, 10, 11, 12, 15, 27].

2.2.1 Получение оценок физического состояния территорий по результатам контрольных измерений

Оценка состояния территории ω_6^ формируется на базе измерений и экспертных оценок (обследований):*

ω_{61}^* – осушено S, км²;

ω_{62}^* – подтоплено S, км²;

ω_{63}^* – заболочено S , км²;

ω_{64}^* – поле S , км²;

ω_{65}^* – кустарники S , км²;

ω_{66}^* – лес S , км²;

ω_{67}^* – прочие.

Оценка носит вероятностный характер. Пример оценки приведен на рисунке 2.1.

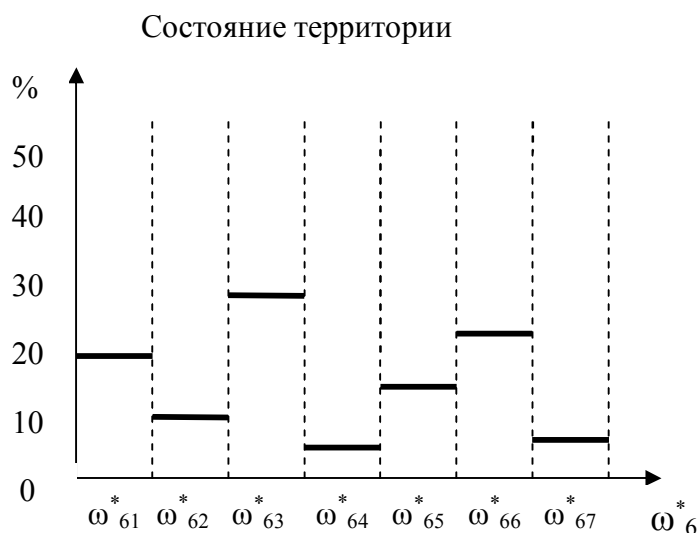


Рисунок 2.1. Оценка состояния ТС.

Необходимое условие при формировании оценки: $\sum_j \omega_{6j} = 100\%$.

Приведенная на рисунке 2.1 оценка не имеет явно выраженного значения. Она требует дополнительных исследований.

Оценка уровня урбанизации территории $\omega_7^* = S_y/S_{G^*}$, определяется с помощью экспертных оценок и результатов измерений в ГИС после нанесения информации на карту. На рисунке 2.2 приведен пример оценки уровня урбанизации двух территорий G_1 и G_2 .

Оценка уровня подтопления определяется для каждого класса территории (связаны с классификацией) $\omega_8^* - h_{HTG}$, м;

Реальное значение оценки степени подтопления ω_8^* :

ω_{81}^* – значительно ниже (ЗН) нормы h , м;

ω_{82}^* – ниже нормы (НН) h, м;

ω_{83}^* – норма (Н) h, м;

ω_{84}^* – выше нормы (ВН) h, м;

ω_{85}^* – значительно выше (ЗВ) нормы h, м;

формируется на базе серии измерений с определенной точностью. Поэтому носит вероятностный характер.

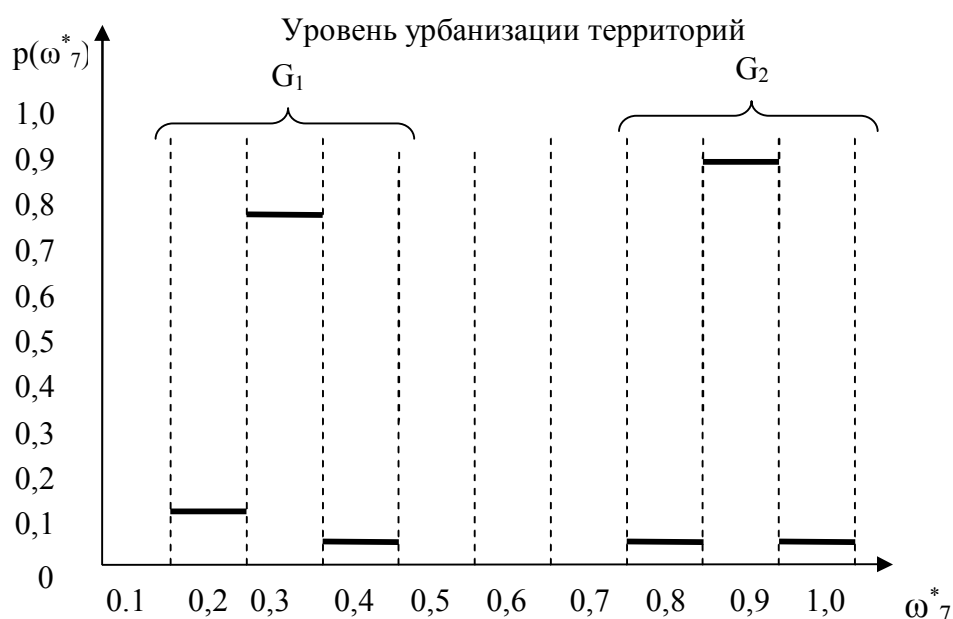


Рисунок 2.2. Пример оценок уровня урбанизации территорий G_1 и G_2 .

При этом для определения состояния подтопленной территории выбран нормированная шкала, в основе которой лежат качественные понятия (значения). На рисунке 2.3 показана схема формирования оценки уровня подтопления территории на основании ряда контрольных измерений.

На рисунке: h_i^* – i -ый результат контрольных измерений уровня подтопления, $p(h)$ – плотность распределения вероятностей погрешностей измерений, проводимых с заданной точностью, $\omega_{8норм}^*$ – ось нормативных значений уровня воды для конкретной ТС; $\omega_{8норм}^*$ – ось качественных нормированных значений с равными коридорами; $p(\omega_8^*)$ – значения

вероятностей с которыми результаты измерений попадают в соответствующий

коридор качественной нормированной шкалы, $p(\omega_8^*) = \int_{h_{i-1}}^{h_i} \alpha \cdot f(h_i^*) dh$, $i=1 \div 5$,

$\sum_i p(\omega_{8i}) = 1.0$; α – коэффициент пересчета нормативных значений шкалы измерений в нормированную качественную шкалу оценки ω_8 .

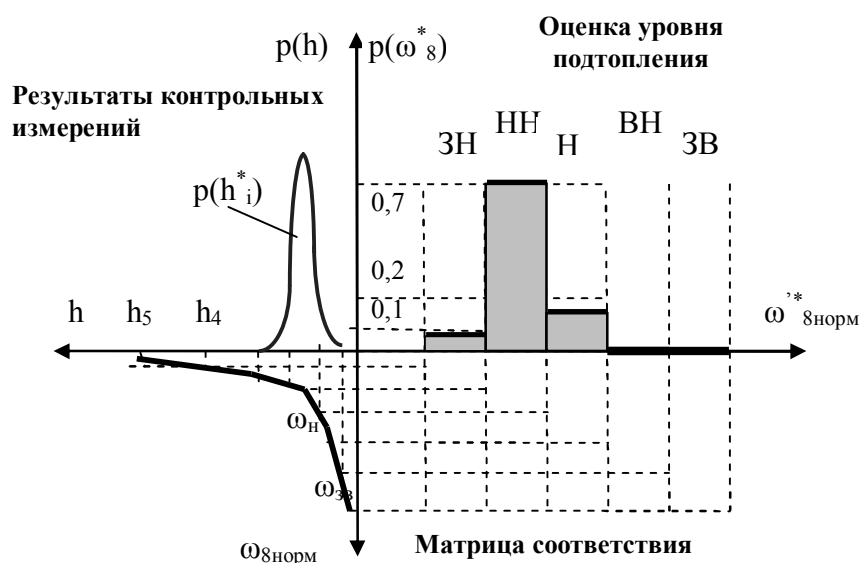


Рисунок 2.3. Схема формирования оценки уровня подтопления территории по результатам контрольных измерений h_i^* .

Аналогичным способом могут быть получены нормированные значения других характеристик ТС. В результате будет получено множество оценок контрольных измерений параметров состояния территории – $\Omega = \{\omega_\theta^*\}$. Для удобства описания и анализа всего множества контролируемых параметров территорий и ИС обозначим эти оценки как: $\mathbf{X}_T = \{x_{T1}^*, x_{T2}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \dots, x_{T\theta}^*\}$, где $\theta=1, \theta$ – индексы контролируемых параметров.

2.2.2 Получение оценок экологического состояния территорий по результатам контрольных измерений

Оценка экологического состояния территорий является важной составляющей в общей оценке, так как косвенно, интегрально указывает на

регулирование водного баланса территории, состояние системы мелиорации и водоотведения с анализируемой территорией. Экологическая оценка имеет свою специфику, которая заключается в том, что она формируется относительно нормативной базы допустимых значений содержания веществ в воде, почве, растениях и др.

Также как и в предыдущем случае, результат измерения представляет собой числовое значение контролируемого параметра в единицах представления физической величины. Степень достоверности (неопределенности) полученного результата [86, 119] зависит от погрешности средства измерения (инструментальная составляющая, от влияющих воздействий), метода измерения, неадекватности принятой модели процесса. Суммарная погрешность полученной оценки характеризуется математическим ожиданием (в случае смещенной оценки) и законом распределения случайной составляющей $p(x^*)$. Закон распределения погрешности в большинстве случаев имеет симметричную форму. Поэтому, доверительный интервал оценки может быть определен как $x^* \pm g\sigma_x$.

На практике применяют несколько способов построения нормированной шкалы для оценки результатов измерений [120].

Приведение контрольных измерений к нормированной качественной шкале оценок состояния природных объектов территориальной системы. Плоскость соответствия нормированных значений контрольных измерений и значений шкалы качественных оценок показана на рисунок 2.4.

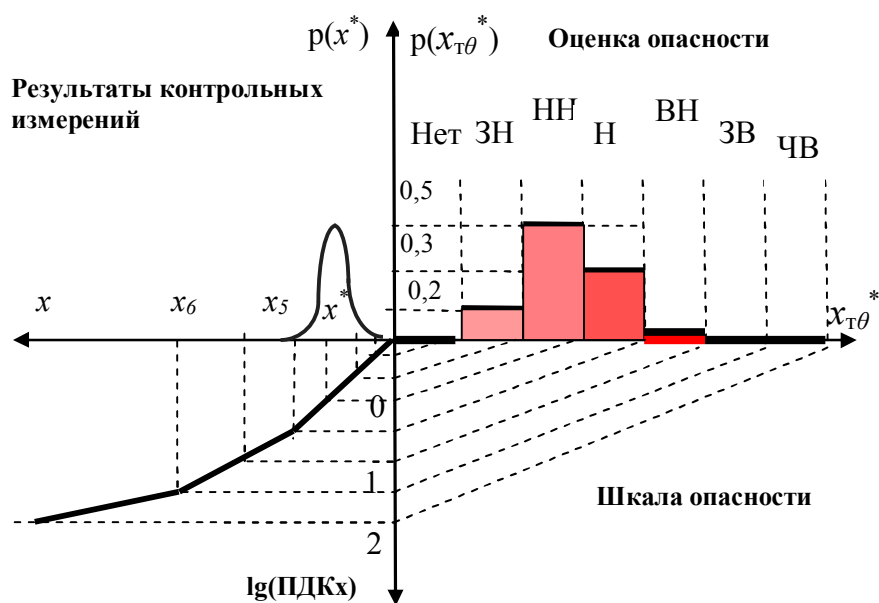


Рисунок 2.4. Плоскость соответствия результата контрольных измерений и значений качественной оценки нормированной шкалы

Концентрация вредного вещества, нормированная относительно предельно допустимой концентрации (ПДК), представлена в логарифмическом масштабе так как благоприятная ситуация может быть только при малых концентрациях т.е. до ПДК, а опасная зависит от степени превышения ПДК в некоторое количество раз.

Качественная оценка представлена в виде нормированной шкалы с равными отрезками и условными отношениями $x_{T\theta}^* = \{\text{Нет}, \text{ЗН}, \text{НН}, \text{Н}, \text{ВН}, \text{ЗВ}, \text{ЧВ}\}$: 0-1 – Нет, 1-2 – значительно ниже нормы (ЗН), 2-3 – ниже нормы (НН), 3-4 – норма (Н), 4-5 – выше нормы (ВН), 5-6 – значительно выше нормы (ЗВ), 6-7 чрезвычайно высокая – (ЧВ).

Значение контролируемой величины на нормированной шкале качественных отношений может быть определено как вероятность нахождения результата контрольного измерения в соответствующем интервале концентраций, как показано на рисунке 2.4.

Вероятность принятия того или иного значения качества может быть определена как $p_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} p(x^*) dx$, $i=1 \div 7$. Предположим, что результат контрольных измерений $x^* = x_3 \pm k\sigma = x_3 \pm 0.5x_3$. Результаты интегрирования имеют значения (см. рис. 2.4):

$$p_1 = \int_{x_0}^{x_1} p(x^*) dx = 0.0, \quad p_2 = \int_{x_1}^{x_2} p(x^*) dx = 0.19, \quad p_3 = \int_{x_2}^{x_3} p(x^*) dx = 0.5, \quad p_4 = \int_{x_3}^{x_4} p(x^*) dx = 0.3,$$

$$p_5 = \int_{x_4}^{x_5} p(x^*) dx = 0.01, \quad p_6 = \int_{x_5}^{x_6} p(x^*) dx = 0.0, \quad p_7 = \int_{x_6}^{x_7} p(x^*) dx = 0.0.$$

Приведение шкалы нормированных значений измеряемой величины к качественной оценке. Например, для шкалы качественных оценок (рис. 2.4), вероятность принятия того или иного значения качественной оценки может

быть определена как $p_i = \int_{x_{i-1,н}}^{x_{i,н}} p(x_{н}^*) dx_{н}$, $i=1 \div 7$.

На рисунке 2.5 показан пример формирования шкалы нормированных

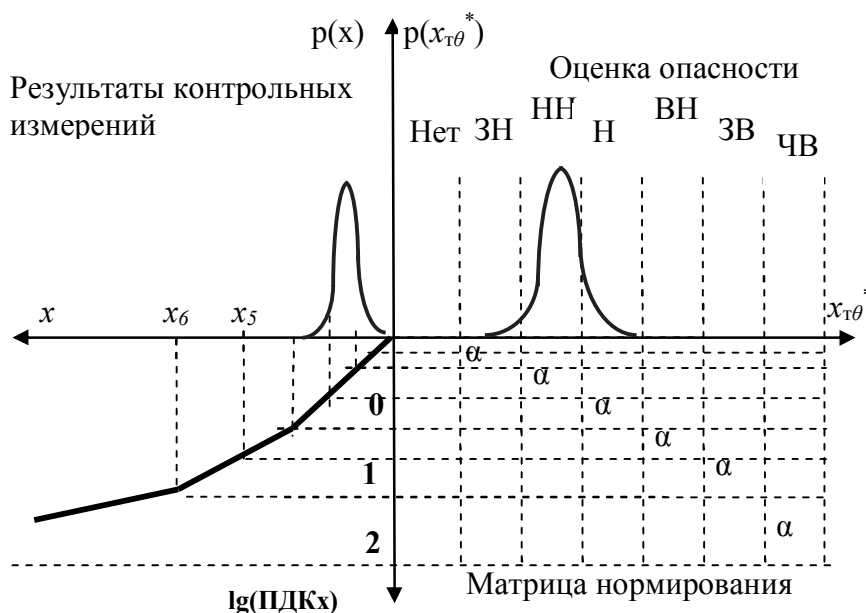


Рисунок 2.5 Пример формирования шкалы нормированных значений результатов измерений и сопоставления ее со шкалой качественных оценок.

значений измеряемой величины (оценки состояния территории) и разбиение ее на интервалы качественной оценки $x_{\theta}^* = \{\text{Нет, ЗН, НН, Н, ВН, ЗВ, ЧВ}\}$. На рисунке 2.5 матрица нормирования представляет собой диагональную матрицу, α – коэффициент нормирования.

Результаты значений качественной оценки по нормированной шкале измеряемой величины будут определяться следующим образом:

$$p_1 = \int_{x_{0,n}}^{x_{1,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.0, \quad p_2 = \int_{x_{1,n}}^{x_{2,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.1, \quad p_3 = \int_{x_{2,n}}^{x_{3,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.7,$$

$$p_4 = \int_{x_{3,n}}^{x_{4,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.2, \quad p_5 = \int_{x_{4,n}}^{x_{5,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.0, \quad p_6 = \int_{x_{5,n}}^{x_{6,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.0,$$

$$p_7 = \int_{x_{6,n}}^{x_{7,n}} p(x_n^*) dx_n = 0.0.$$

Однако, при получении оценки природных объектов, часто используют результат измерений не одного показателя, а нескольких – интегральная оценка.

Получение шкалы нормированных значений интегральных оценок возможно с помощью нескольких методик. Рассмотрим основные из них.

Нормирование путем деления на ПДК является стандартизированным для получения комплексных оценок в воздушной и водной средах [106, 111, 121] при объединении результатов измерений концентрации веществ.

$$C_H = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_i – концентрация анализируемого вещества, ПДК_i его предельно допустимая концентрация, N – количество контролируемых веществ.

Однако такой подход не применим для характеристик, не имеющих значения ПДК.

Приведение каждого результата к нормированной шкале качественной оценки [122] позволяет формировать комплексную оценку, объединяя разные

характеристики. При этом необходимо построение плоскости нормирования для каждого параметра и объединения параметров на уровне нормированной качественной шкалы

$$p_k = (\sum_{i=1}^n x_{ki}) / \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n x_{ki}, \quad \sum_{k=1}^K p_k = 1, \quad (2.1)$$

где i – номер контролируемого параметра, n – количество контролируемых параметров, k – номер коридора шкалы нормированного пространства, K – количество коридоров, p_k – вероятность нахождения полученной нормированной оценки в k -ом коридоре – вероятность нахождения контролируемого объекта в k -ом состоянии (качестве).

Получение интегральной оценки может производиться путем суммирования взвешенных в соответствии с их значимостью нормированных параметров в соответствии с выражением

$$\lambda_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k x_k, \quad (2.2)$$

где α_k – коэффициент значимости суммируемого параметра, должен удовлетворять требованию $\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k = 1$, или выражением

$$\lambda_1 = \left(\sum_{k=1}^n \alpha_k \right)^{-1} \sum_{k=1}^n \alpha_k x_k, \quad (2.3)$$

в последнем случае коэффициент α_k может быть любым положительным числом. Граничные значения качественной шкалы вычисляются по данному выражению, соответствующим значениям граничных значений параметров.

В процессе получения интегральной оценки λ_1 значения частных оценок суммируются, при этом суммируются их случайные составляющие погрешности

$$\lambda_1^* = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k (\lambda_k \pm g \sigma_x) \quad (2.4)$$

Таким образом, приведение каждого результата к нормированной шкале качественной оценки позволяет формировать интегральную оценку, объединяя разные характеристики, но необходимо построение плоскости соответствия для каждого параметра для объединения параметров на уровне нормированной качественной шкалы. Для возможности объединения оценок необходимо при формировании шкал обеспечивать их одинаковую направленность и сравнимость – один порядок. Получение интегральной оценки может производиться путем суммирования взвешенных в соответствии с их значимостью нормированных параметров.

Получение шкалы нормированных значений измеряемой величины с масштабированием.

Для оценивания состояния природных объектов относительно ПДК используются значения ниже нормы (ниже ПДК), норма и выше нормы. Причем выше нормы, как правило, имеют несколько градаций. Ниже нормы обычно представляется одним, двумя участками. В примере (рис. 2.4) допустимое значение концентрации представляется в виде уровней: нормальное (Н), ниже нормального (НН), значительно ниже нормального (ЗНН), отсутствует (Нет). Для устранения этого несоответствия представим шкалу оценки результатов контроля в виде двух участков: нормальное состояние и ниже нормы, загрязненное. Участок нормального состояния будет нормироваться в соответствии с абсолютной шкалой, а участок загрязненного в соответствии с логарифмической шкалой.

На первом участке нормированные значения шкалы вычисляется по выражению

$$x_{iH} = (x_i / \text{ПДК}_{xi}) 2^{-1}, \text{ при } x_i \leq \text{ПДК}_{xi}.$$

На втором участке нормированные значения шкалы вычисляется по выражению

$$x_{iH} = (1 + x_i / x_{imax}) 2^{-1} = ((x_{imax} + x_i) / x_{imax}) 2^{-1}, \text{ при } x_i > \text{ПДК}_{xi}.$$

В результате получим нормированную шкалу, которая отражает весь диапазон событий [120]. При этом значения границ коридоров вычисляются в соответствии с приведенными выражениями, а ширина коридоров имеет значения одного порядка, что соответствует принятым требованиям. Преобразованная в соответствии с предложенным алгоритмом шкала, показана на рис. 2.6.

На рис. 2.6 α_{11k} – коэффициент соответствия результата измерения нормированной шкале для допустимых концентраций.

Таким образом, полученная нормированная оценка имеет свою нормированную шкалу и может быть использована при формировании сложных оценок по рассмотренному выше алгоритму.

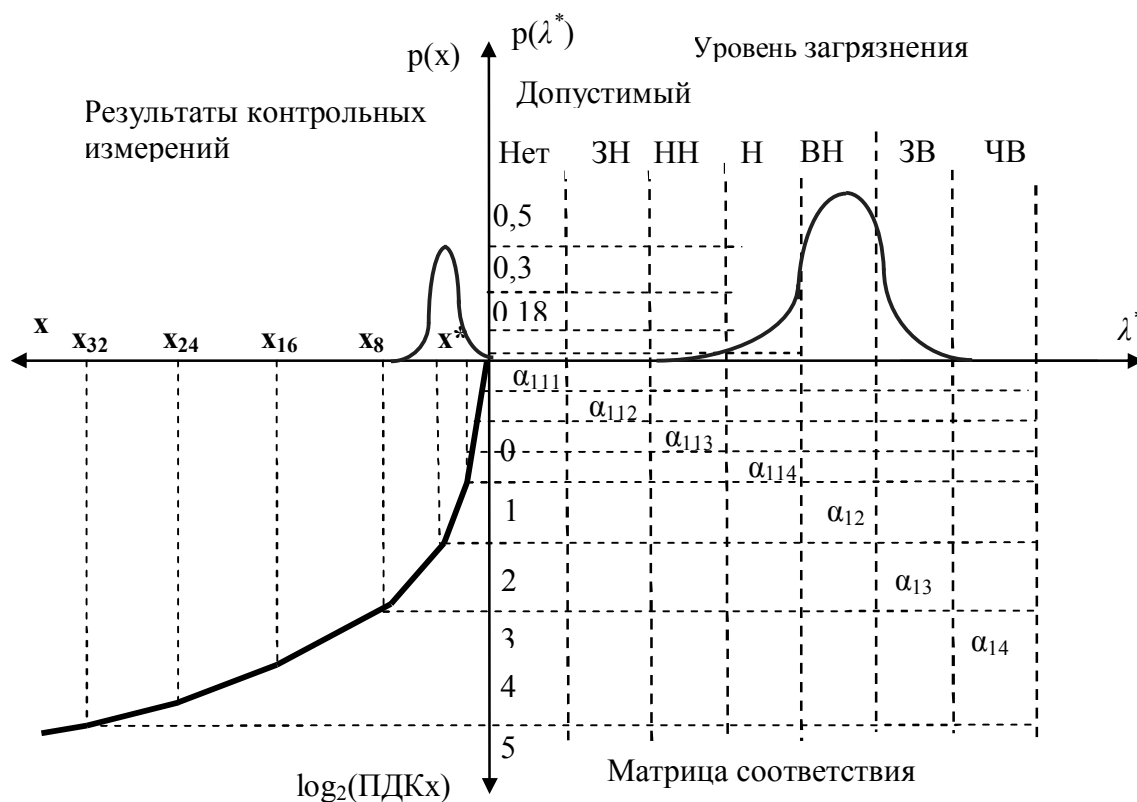


Рисунок 2.6. Схема формирования нормированной шкалы загрязнения с масштабированием на разных участках.

Рассмотренные алгоритмы обеспечивают получение нормированных значений оценок по результатам контрольных измерений. В результате будет получено множество простых и интегральных оценок состояния территории

$\mathbf{X}_T = \{x_{T1}^*, x_{T2}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \lambda_{T1}^*, \lambda_{T2}^*, \dots, \lambda_{T\theta1}^*, \dots, \lambda_{T\theta1}^*\}$, где $\theta=1, \theta$ и $\theta1=1, \theta1$ – индексы контролируемых простых и интегральных параметров (физические, гидрофизические, химические, биологические и др.)

2.2.3 Получение оценок состояния ИС СЗТП по результатам контрольных измерений

Состояние ИС СЗТП характеризуется множеством физических величин. Результат контрольного измерения представляет собой числовое значение контролируемого параметра в единицах представления физической величины. Степень достоверности (неопределенности) полученного результата [86, 119] также как и в рассмотренных ранее случаях суммарной погрешностью полученной оценки $f(x^*, \sigma)$. Так как закон распределения погрешности в большинстве случаев имеет симметричную форму, доверительный интервал оценки может быть определен как $x^* \pm k\sigma$.

Рассмотрим возможный вариант нормирования контрольных измерений как оценки состояния ИС в виде качественной шкалы.

Качественные отношения представим в виде нормированной шкалы с равными отрезками и условными отношениями:

- 0-1 – повреждений нет (ПН),
- 1-2 – незначительные повреждения (НП),
- 2-3 – средние повреждения (СП),
- 3-4 – значительные повреждения (ЗП),
- 4-5 – большие повреждения (БП),
- 5-6 – канал разрушен (КР).

Значение контролируемой величины на нормированной шкале качественных отношений может быть определена как вероятность нахождения результата контрольного измерения в соответствующем интервале концентраций. На рисунке 2.7 приведен пример представления

результатов измерений x^* в качественной шкале для случая, когда результат контрольных измерений имеет следующие метрологические характеристики $x^* = x^* \pm \kappa\sigma = x^* \pm 0.5x^*$.

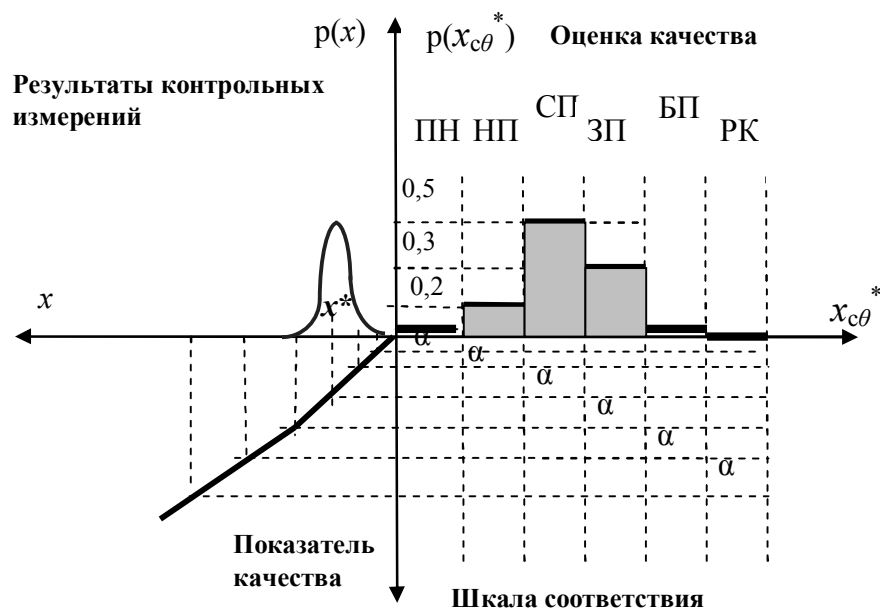


Рисунок 2.7. Плоскость соответствия результата контрольных измерений (одно измерение с известными метрологическими характеристиками) и нормированных значений качественной оценки.

Вероятность принятия того или иного значения качества может быть определена как $p_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x^*) dx$, $i=1 \div 6$.

Результаты интегрирования имеют значения (см. рисунок 2.7):

$$p_1 = \int_{x_0}^{x_1} f(x^*) dx = 0.01, \quad p_2 = \int_{x_2}^{x_1} f(x^*) dx = 0.18, \quad p_3 = \int_{x_2}^{x_3} f(x^*) dx = 0.5,$$

$$p_4 = \int_{x_3}^{x_4} f(x^*) dx = 0.3, \quad p_5 = \int_{x_4}^{x_5} f(x^*) dx = 0.01, \quad p_6 = \int_{x_0}^{x_1} f(x^*) dx = 0.0.$$

Таким образом, любой результат измерения может быть сведен к нормированной оценке состояния контролируемого объекта. В результате будет получено множество оценок контрольных измерений параметров состояния сооружений – $\mathbf{X}_c = \{x_{c1}^*, x_{c2}^*, \dots, x_{c\theta}^*, \dots, x_{c\theta}^*\}$, где $\theta=1, \theta$ –

индексы контролируемых параметров (физические, гидрофизические, биологические и др.)

2.3 Получение экспертных оценок состояния территорий и ИС СЗТП на ГИС основе

Результаты экспедиционных обследований имеют свою специфику, которая отличается присутствием в оценке достаточно большой доли субъективного фактора. Поэтому для получения такого рода информации много внимания должно быть уделено разработке методик проведения обследований, формированию вопросов для экспертов. Получаемые оценки имеют случайный характер и могут иметь довольно большое смещение в зависимости от многих субъективных причин.

Экспертная оценка может формироваться с помощью нескольких алгоритмов:

Экспертная оценка специалиста на основании проведенных обследований (см. рис. 2.8).

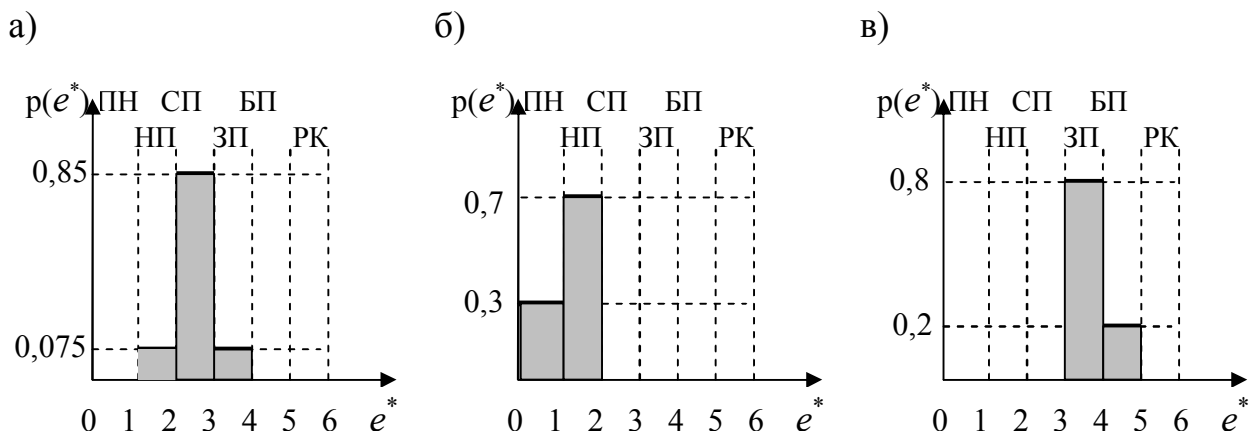


Рисунок 2.8. Пример экспертной оценки

а) прямая оценка, б) оценки типа «не хуже», в) оценки типа «не лучше»

Специалист высказывает свое мнение относительно интересующей характеристики в понятиях или отношениях характеризующих ее значение. Например, относительно состояния ИС СЗТП: “средние повреждения” с

вероятностью $0.85 - e^* = \{\text{СП}, 0.85\}$; не хуже чем “незначительные повреждения” с вероятностью $0.7 - e^* = \{\text{НП}, 0.7\}$; не лучше чем “значительные повреждения” с вероятностью $0.8 - e^* = \{\text{ЗП}, 0.8\}$. На рис. 2.8 приведен вид этих оценок.

В результате обследования эксперты оценивают состояние канала в заданном створе в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1.

Состояние канала в заданном створе	Значения оценки состояния канала в заданном створе ($e_{с\theta}^*$), балл (из 100 % от проектной пропускной способности)					
	ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
Повреждений нет	100					
Заросшее камышом и высокотравной растительностью		20	50	30		
Заросшее кустарником			30	70		
Заросшее травой	40	40	20			
Заросшее травой и кустарником						
Засыпанное (по степени засыпки)				10	30	60
Частично переустроенное			10	20	30	40
Удовлетворительное	30	70				

В результате получается оценка, указывающая на наиболее вероятные состояния канала в заданном створе.

Для объединения экспертных оценок необходимо провести их нормирование (в соответствии с методикой рассмотренной выше). Для этого необходимо привести диапазон изменения к норме – вероятностной оценке, т.е. каждое значение оценки, определенное экспертом, разделить на ее максимальное значение (100 баллов). В этом случае все оценки изменяются в диапазоне от нуля до единицы и при необходимости могут быть объединены с другими оценками.

Экспертная оценка на основании опроса специалистов по списку признаков, каждый из которых измеряется в абсолютных или относительных единицах. При этом для каждого признака должно быть определено отношение между значениями признака и интересующей характеристики (аналогично контрольным измерениям) $e_k^* = \{e_k, p_e\} \Rightarrow$ (ПН). Для получения более достоверного результата опрашиваемые не должны знать цель опроса.

Получение оценки интересующей характеристики результаты опроса должны быть просуммированы в нормированном пространстве. При этом оценка соответствующая каждому признаку приводится к нормированной шкале характеристики также как в предыдущем случае.

Экспертная оценка по результатам обследования объекта по списку признаков (см. рис. 29).

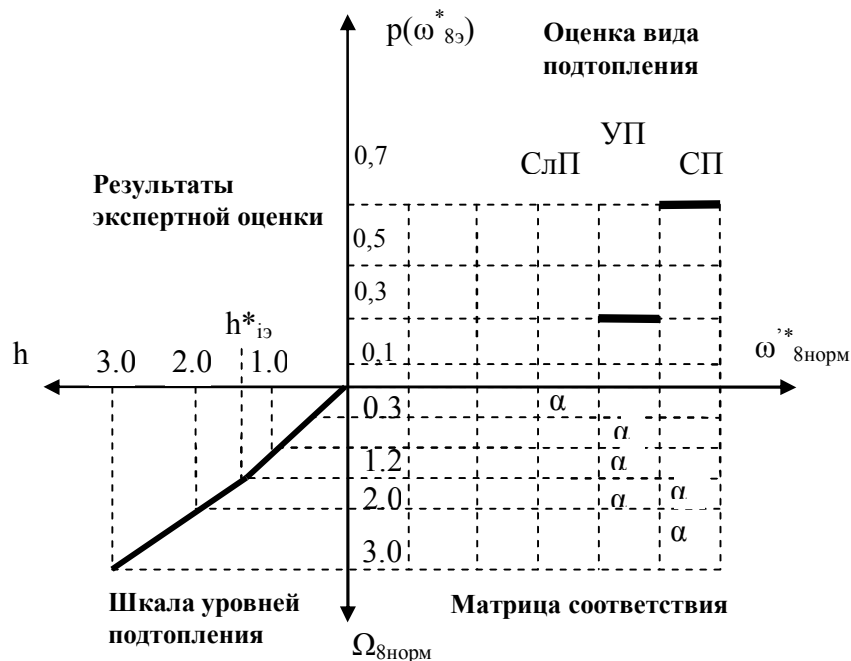


Рисунок 2.9. Схема определения типа подтопления по результатам экспертной оценки h^*_{i3} . На рисунке СлП – слабое подтопление, УП – умеренное подтопление, СП – сильное подтопление.

Например, описание признаков подтопления определенного района территории. При этом регистрируются различные количественные величины.

Значение каждой величины определяет степень подтопления объекта и может быть связано с нормированными значениями характеристики объекта, также как и результаты контрольных измерений. Степень достоверности определяется как результат статистической обработки протоколов обследования каждого из участников или экспертом, как в предыдущем случае.

На рис. 2.9 приведен пример, когда эксперт определяет тип подтопления по результатам измерений, находящимся в граничной зоне, с заданной вероятностью в зависимости от своих соображений.

Экспертная оценка по результатам опроса жителей. Вопросы составлены таким образом, чтобы ответы могли быть сформулированы в понятиях нормированного пространства. Например, для оценки опасности на рис. 2.10 приведена плоскость соответствия результатов опроса и значений качественной шкалы.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что экспертные оценки, полученные по результатам обследований, экспертных или социологических опросов носят случайный характер и могут иметь смещение, в зависимости от различных факторов. Экспертные оценки являются простыми и формируются в нормированной качественной шкале. Неопределенность экспертной оценки определяется методом статистической обработки результатов опросов или назначается экспертом. Все рассмотренные способы обеспечивают получение оценок одного вида – представление результата в нормированной качественной шкале с определением степени доверия $e_{\theta}^* = \{e_{\theta}', p_e\}$.

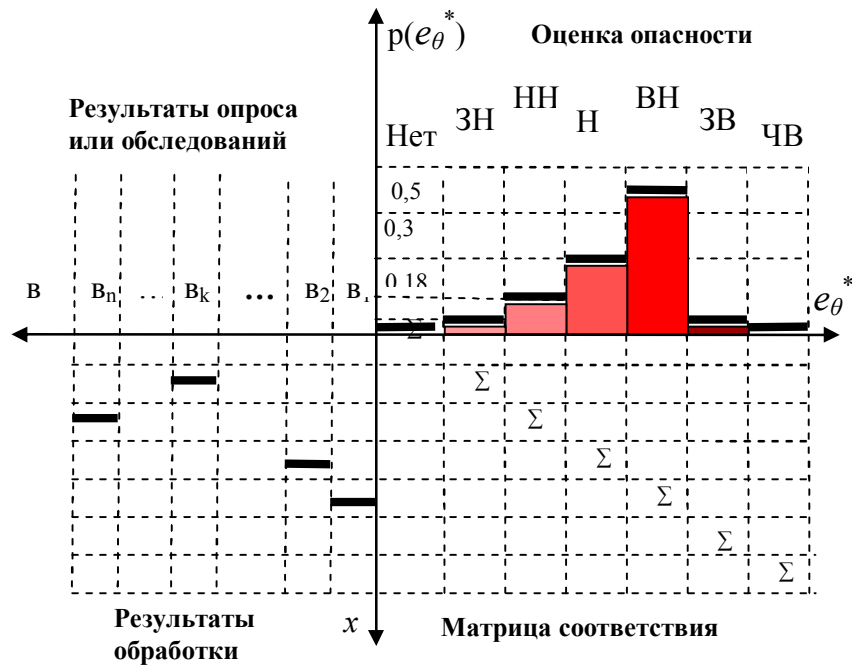


Рисунок 2.10. Плоскость соответствия результатов обработки экспертизы и качественных оценок

Таким образом, результаты обследования состояния территорий и ИС СЗТП могут быть представлены в нормированном виде и представляют собой множество экспертных оценок параметров состояния территории – $E_T = \{e_{T1}^*, e_{T2}^*, \dots, e_{T\theta}^*, \dots, e_{T\theta}^*\}$, где $\theta=1, \theta$ – индексы контролируемых параметров, и сооружений – $E_C = \{e_{c1}^*, e_{c2}^*, \dots, e_{c\theta 1}^*, \dots, e_{c\theta 1}^*\}$, где $\theta 1=1, \theta 1$ – индексы контролируемых параметров.

2.4 Разработка алгоритмов формирования сложных и комплексных оценок состояния объекта на ГИС основе

Реальные характеристики определяются на основе результатов измерений и экспертных оценок, полученных в процессе обследования.

Для получения результирующей оценки состояния территории, сооружения или всей системы в целом необходимо все результаты обследований представить в едином виде, обеспечивающем возможность их объединения. Это возможно, если к каждому частному результату

предъявить требование заданной достоверности. Т. е. если все результаты будут удовлетворять требованиям единства измерений [122].

Будем считать, что простыми являются результаты единичных измерений или экспертных оценок. Сложные оценки – это оценки, полученные на основе объединения измерений разных величин, или экспертных оценок, характеризующих интересующее свойство объекта (в нашем случае, это состояние канала). Комплексной оценкой – оценку, полученную на основе объединения простых и сложных оценок, т.е. результатов измерений и экспертных оценок.

Рассмотрим вопросы, связанные с получением достоверной информации на основании контрольных измерений и экспертных оценок.

Территориальные системы и инженерные сооружения представляют собой сложные объекты, которые характеризуются большим количеством параметров. Поэтому оценка состояния таких объектов также является сложной, базирующейся на простых частных оценках.

Сложная оценка представляет собой обобщенную характеристику, полученную путем суммирования простых оценок с учетом их свойств

$$O_m^* = \text{SUM}_{j \in J_{sm}} \{x_j^*, e_j^*, p_{dj}, p_{yj}\}, \quad (2.5)$$

где: m – номер сложной характеристики объекта в множестве сложных характеристик M , $\text{SUM}_{j \in J_{sm}}$ – оператор суммирования, x_j^* , e_j^* – простые оценки, входящая в множество анализируемых характеристик J_{sm} , p_{dj} – оценка степени доверия и p_{yj} – оценка степени участия x_j^* .

Степень доверия характеризует надежность используемой оценки, способа ее получения и представляет собой коэффициент, изменяющийся от 0,25 до 1,0. (Например, результаты экспертизы, на которые влияет эмоциональная обстановка в обследуемом районе, могут иметь доверие от 0,25 до 0,75, а результаты контрольных измерений установившегося состояния объекта – 1,0). Значение коэффициента доверия – меньше 0,25 говорит о несостоятельности оценки.

Степень участия определяет вес используемой характеристики при формировании сложной оценки качества объекта и назначается экспертом – специалистом. Значения коэффициента участия изменяются от нуля до единицы. Если все характеристики равноправны $p_{yj} = 1$.

$$\begin{aligned} \text{Например, } O^* &= \{x_1^*, p_{d1}, p_{y1}\} + \{x_2^*, p_{d2}, p_{y2}\} + \{x_3^*, p_{d3}, p_{y3}\} = \\ &= \{x_1^*, 0.8, 1\} + \{x_2^*, 1, 0.5\} + \{x_3^*, 1, 1\}. \end{aligned}$$

Результат суммирования определяется в виде значений нормированной шкалы качественных оценок

$$P_{Ok} = \left(\sum_{j=1}^3 \{x_{kj}^*, p_{dj}, p_{yj}\} \right) / \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^3 \{x_{kj}^*, p_{dj}, p_{yj}\},$$

где k – номер участка нормированной шкалы, $k = 1, \dots, 6$, $\sum_{k=1}^6 P_{Ok} = 1$, j – номер параметра, $j = 1, \dots, 3$.

Сложная оценка является качественной оценкой и может быть использована для описания состояния, как всего сооружения, так и его отдельных элементов. Например, оценка состояния канала в заданном створе: $O_c = \text{SUM}_k \{X_{ck}, E_{ck}\}$.

Для оценки состояния сложного объекта также может быть использованы комплексная оценка.

Комплексная оценка это оценка, формируемая на основе простых и сложных оценок по алгоритмам определенным экспертами на основании физического, гидрофизического, экономического и др. смысла анализируемого процесса или объекта. Принципы формирования комплексной оценки удобно отобразить с помощью алгоритма получения оценок. Структура алгоритма показана на рис.2.11.

Эксперт-профессионал определяет алгоритм формирования комплексной оценки, вкладывая в нее свои знания и опыт. Каждый вид оценки может быть представлен как слой ГИС, поддерживаемый соответствующей базой данных и программой ее формирования. Для каждого параметра определяется

алгоритм его нормирования, существующая методическая база.

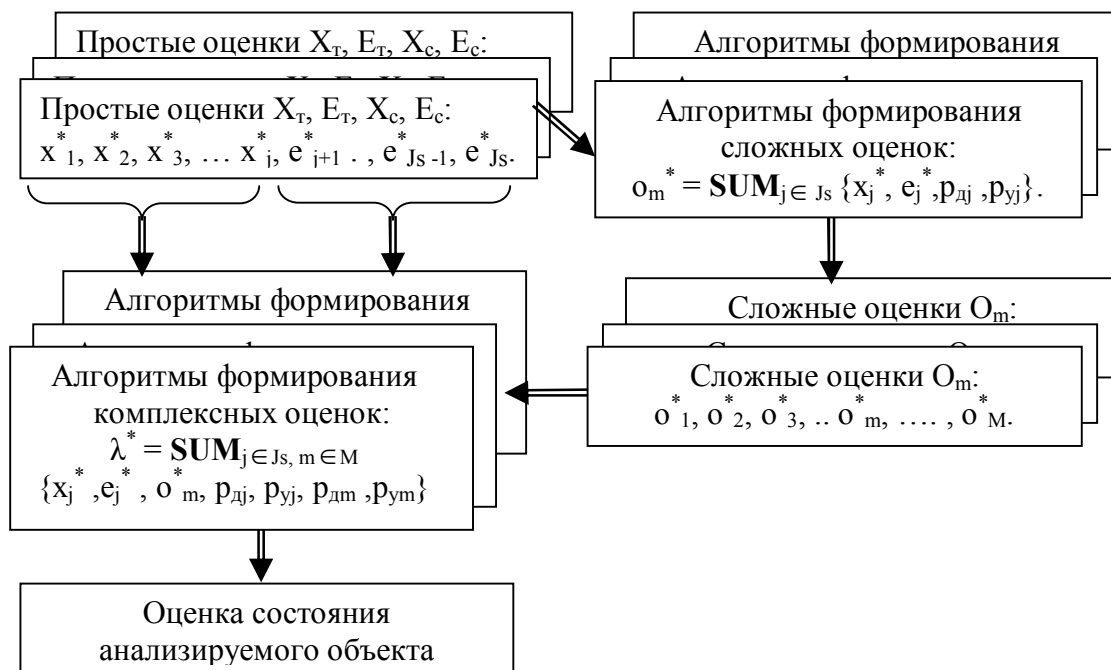


Рисунок 2.11. Структура нормированного пространства оценок.

Логику получения оценок удобно записать в виде алгоритма

$$\lambda^* = \text{SUM}_{j \in J_S, m \in M} \{X_j^*, e_j^*, o_m^*, p_{dj}, p_{yj}, p_{dm}, p_{ym}\}, \quad (2.6)$$

где множество сложных характеристик M является подмножеством анализируемых характеристик объекта J_S , $j \neq m$, $\text{SUM}_{j \in J_S, m \in M}$ – оператор суммирования простых X_j^* , e_j^* и сложных o_m^* оценок, p_{dj} , p_{dm} – коэффициенты степени доверия и p_{yj} , p_{ym} – степени участия соответствующих простых и сложных оценок.

Эксперт определяет коэффициент участия каждой оценки. В результате формируется множество оценок, определяющих значение интересующей характеристики, и множество коэффициентов, определяющих алгоритм формирования итоговой оценки.

Таким образом, результатом работы эксперта является алгоритмы получения оценок состояния объекта, которые рассчитаны на реализацию в виде ГИС проектов: простые, сложные и комплексные оценки формируются в виде слоев ГИС, т.е. на основании проведенных измерений, полученных

экспертных оценок и имеющихся проектных данных в автоматическом режиме могут быть получены оценки состояния территорий или ИС СЗТП, оценки состояния их отдельных элементов на ГИС основе, виде ГИС проектов. При этом нижний уровень определяет перечень всех простых оценок, которые необходимо получить, проводя контрольные измерения, опрос экспертов, обследования и др. Достоверность простых оценок определяет качество результата. Остальные уровни обеспечивают получение соответствующих сложных или комплексных оценок.

Отметим, что сложная и комплексная оценки описываются множеством целевых функций и могут быть получены, только если ко всем данным и операциям над ними будут предъявлены требования единства измерений. Единство измерений достигается при организации множества оценок в виде нормированного параметрического пространства, с обязательным формированием характеристик достоверности (неопределенности) для каждого значения контролируемых параметров.

2.5 Методика формирования ГИС проекта получения оценки состояния территорий или ИС СЗТП

ГИС технология позволяет автоматизировать процессы сбора, обработки и представления данных. При этом появляется возможность создания систем мониторинга состояния объекта, оперативного анализа протекания процессов, прогнозирования развития ситуаций и поддержки принятия управленческих решений [97, ..., 101].

Рассмотрим основные этапы формирования ГИС-проекта, обеспечивающего автоматическое выполнение необходимых преобразований и алгоритмов, для решения поставленной задачи – оценки состояния территорий или ИС СЗТП.

1. Создание базовой информационной структуры ГИС для получения оценок.

2. Создание геоинформационной модели объекта – выделения ТС и определение ее целевых функций, определение структуры СЗТП.
3. Определение перечня контролируемых параметров, алгоритмов получения сложных и комплексных оценок.
4. Формирование базы алгоритмов получения простых и сложных нормированных оценок.
5. Ранжирование результатов анализа, с целью проведения дальнейших обследований и поддержки принятия управляющих решений.
6. Формирование алгоритмического обеспечения для вычисления оценок состояния территорий или ИС СЗТП – формирование структуры ГИС проекта.
7. Представление результатов анализа (ГИС слой, таблицы, диаграммы, формы отчетности).

Рассмотрим подробнее перечисленные этапы (рис. 2.12).

1. Создание базовой информационной структуры ГИС для получения оценок.

Средствами стандартной геоинформационной системы формируется необходимая информационная основа:

- база карт, содержащая всю необходимую информацию об объекте (тематические карты объекта, схемы коммуникаций, схемы водопользования и др.);
- база данных: словарь параметров, содержащий перечень контролируемых параметров, описание физической сущности параметра, его единицы измерения, допустимые пределы; библиотека алгоритмов нормирования; база нормативных данных, содержащая значения нормативных величин для каждого параметра; библиотека функциональных преобразований, описывающих целевые функции различного вида.

В результате выполнения этапа создается геоинформационная основа для формирования ГИС проекта.

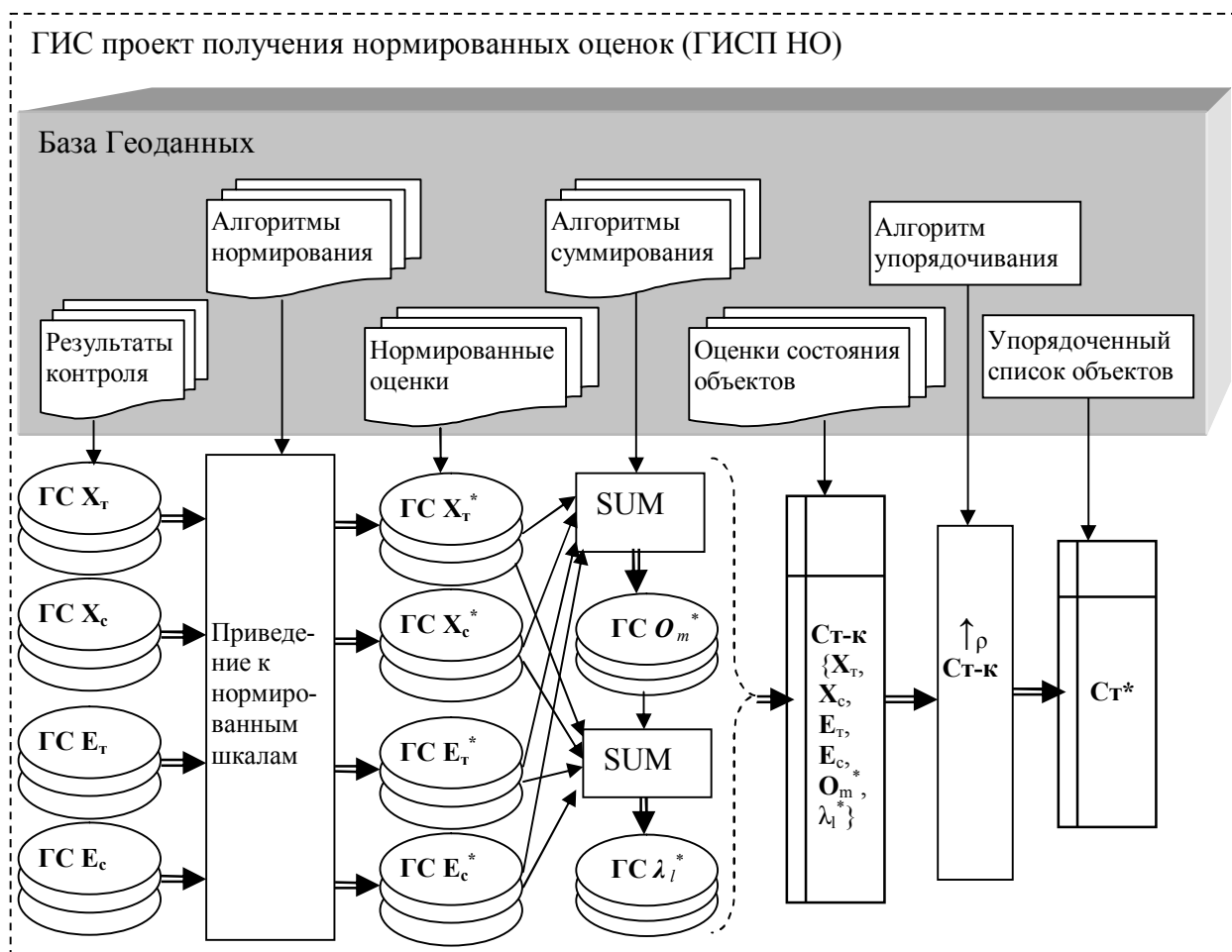


Рисунок. 2.12. Структура «ГИСП НО состояния ИС и ранжирования ИС по результатам анализа».

2. Создание геоинформационной модели объекта – выделения ТС и определение ее целевых функций, определение структуры СЗТП.

Создание базы для системы анализа и оценки взаимодействия водных систем прилегающих территорий.

Целью этапа является формирование слоев, описывающих основные географические, гидрофизические, технико-экономические характеристики территорий: рельеф местности системы, система водосбора, схема естественных водотоков и их характеристики, схемы зарастания территорий

по типам растений, характеристики химического биохимического состояния, схема коммуникаций (авто дороги, ж/д магистрали, трубопроводы и др.), площадь и т.д.

В результате выполнения этапа формируется модель объекта, определяются целевые функции анализа, необходимые геоинформационные данные, обеспечивающие формирование оценок разного типа и возможности представления результатов анализа непосредственно на геоинформационной модели объекта.

3. Определение перечня контролируемых параметров, алгоритмов получения сложных и комплексных оценок.

В результате выполнения предыдущего этапа определяется структура объекта и целевые функции исследования – анализируемые характеристики. Список контролируемых величин включает как простые параметры x_i , так и величины, входящие в сложные показатели состояния объекта λ_i , v_i . В результате, параметры выводятся в ранг рабочих параметров проекта:

- вектор контролируемых параметров территорий:
результаты контрольных измерений – $\mathbf{X}_T = \{x_{T1}, x_{T2}, \dots, x_{T\theta}, \dots, x_{T\Theta}, \lambda_{T1}, \lambda_{T2}, \dots, \lambda_{T\theta1}, \dots, \lambda_{T\Theta1}\}$;
результаты экспертизы – $\mathbf{E}_T = \{e_{T1}, e_{T2}, \dots, e_{T\theta2}, \dots, e_{T\Theta2}\}$;
- вектор контролируемых параметров технических сооружений:
результаты контрольных измерений – $\mathbf{X}_C = \{x_{C1}, x_{C2}, \dots, x_{C\theta}, \dots, x_{C\Theta}\}$,
где $\theta=1, \Theta$ – индексы контролируемых параметров
результаты экспертизы – $\mathbf{E}_C = \{e_{C1}, e_{C2}, \dots, e_{C\theta2}, \dots, e_{C\Theta2}\}$,
где $\theta=1, \Theta$ и $\theta1=1, \Theta1$ – индексы контролируемых простых и интегральных параметров, определяемых с помощью контрольных измерений (физические, гидрофизические, химические, биологические и др.), $\theta2=1, \Theta2$ – индексы контролируемых параметров, определяемых в результате экспертных оценок. Все

параметры выбираются из списка параметров в сформированной на первом этапе базе данных (см. п.1). Если параметр (контролируемая величина) не входит в соответствующую базу данных, необходимо добавить недостающую информацию п.1. и перейти к следующему этапу.

4. Формирование базы алгоритмов получения простых и сложных нормированных оценок.

Этап посвящен созданию алгоритмов получения простых, сложных и комплексных оценок, формированию слоев, отражающих их структуру. На основании имеющихся данных классификации оценок по видам контролируемых величин (п.3) определяется состав алгоритмов, обеспечивающих получения нормированных оценок для всех контролируемых величин

Для определения оценок состояния территории и ИС СЗТП в ГИС проекте – это:

- формирование слоев результатов определения нормированных простых оценок. Простая оценка это или значение контролируемой физической величины – x^* , или значение экспертной оценки – e^* .

Последовательность получения нормированных значений оценок может быть сформулирована следующим образом.

Для каждого параметра из перечня измеряемых величин определенного в п.4 : $\mathbf{X}_T = \{x_{T1}, x_{T2}, \dots, x_{T\theta}, \dots, x_{T\theta}, \lambda_{T1}, \lambda_{T2}, \dots, \lambda_{T\theta1}, \dots, \lambda_{T\theta1}\}$; $\mathbf{E}_T = \{e_{T1}, e_{T2}, \dots, e_{T\theta2}, \dots, e_{T\theta2}\}$; $\mathbf{X}_C = \{x_{C1}, x_{C2}, \dots, x_{C\theta}, \dots, x_{C\theta}\}$; $\mathbf{E}_C = \{e_{C1}, e_{C2}, \dots, e_{C\theta2}, \dots, e_{C\theta2}\}$ с помощью словаря (классификатор контролируемых величин п.1) определяется его физическая сущность (единицы измерения, возможный диапазон измерений и др.), шкала оценивания, нормативная база.

Для каждого параметра в соответствии с нормативной базой определяется алгоритм нормирования (см. п. 2.1,...п.2.3), который в виде процедуры нормирования используется при формировании вектора оценки данного параметра (геослой данных) в матрице нормированных оценок контролируемого объекта

$$\mathbf{X}_n = \{A_1(x_1), A_2(x_2), \dots, A_\theta(x_\theta), \dots, A_{\theta}(x_\theta)\} = \{x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{\theta n}, \dots, x_{\theta n}\},$$

$$\mathbf{E}_n = \{A_{e1}(e_1), A_{e2}(e_2), \dots, A_{e\theta 2}(e_{\theta 2}), \dots, A_{e\theta 2}(e_{\theta 2})\} = \{e_{1n}, e_{2n}, \dots, e_{\theta 2n}, \dots, e_{\theta 2n}\},$$

где A_1, A_2, \dots – алгоритмы нормирования соответствующих величин в зависимости от их нормативной функции: п. 2.1,...п.2.3.

Далее результаты определения нормированных оценок будем обозначать как $x_{\theta n} = x_\theta^*$ и $e_{\theta n} = e_\theta^*$ т.е. результатами определения простых нормированных оценок будут вектора:

результаты контрольных измерений:

$$\mathbf{X}_T^* = \{x_{T1}^*, x_{T2}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \lambda_{T1}^*, \lambda_{T2}^*, \dots, \lambda_{T\theta 1}^*, \dots, \lambda_{T\theta 1}^*\};$$

$$\mathbf{X}_c^* = \{x_{c1}^*, x_{c2}^*, \dots, x_{c\theta}^*, \dots, x_{c\theta}^*\};$$

результаты экспертизы:

$$\mathbf{E}_T^* = \{e_{T1}^*, e_{T2}^*, \dots, e_{T\theta 2}^*, \dots, e_{T\theta 2}^*\};$$

$$\mathbf{E}_c^* = \{e_{c1}^*, e_{c2}^*, \dots, e_{c\theta 2}^*, \dots, e_{c\theta 2}^*\}.$$

- формирование слоев результатов определения сложных оценок.

Сложная оценка представляет собой обобщенную характеристику, полученную путем суммирования простых оценок с учетом их свойств

$$\mathbf{O}_m^* = \text{SUM}_{j \in J_{sm}} \{x_j^*, e_j^*, p_{dj}, p_{yj}\},$$

где: m – номер сложной характеристики объекта в множестве сложных характеристик M , $\text{SUM}_{j \in J_{sm}}$ – оператор суммирования, x_j^*, e_j^* – простые оценки, входящая в множество анализируемых характеристик J_{sm} , p_{dj} – оценка степени доверия и p_{yj} – оценка степени участия x_j^* .

Перечень сложных оценок формируется в результате анализа целевых функций на этапе 2, а состав и алгоритмы получения сложных характеристик

на этапе 3. В результате реализации алгоритмов определения сложных оценок формируются соответствующие слои ГИС проекта.

- формирование слоев результатов определения комплексных оценок.

Комплексная оценка формируется на основе простых и сложных оценок по алгоритмам определенным экспертами на основании физического, гидрофизического, экономического и др. смысла по алгоритму, показанному на рис.2.11. Каждый вид оценки представлен как слой ГИС, поддерживаемый соответствующей базой данных и программой ее формирования. Алгоритм получения комплексной оценки можно представить в следующем виде

$$\lambda_l^* = \text{SUM}_{j \in J_{sl}, m \in M} \{x_j^*, e_j^*, o_m^*, p_{dj}, p_{uj}, p_{dm}, p_{ym}\},$$

где l - номер комплексной характеристики объекта в множестве комплексных характеристик L , множество сложных характеристик M является подмножеством анализируемых характеристик объекта $J_{sl}, j \neq m$, $\text{SUM}_{j \in J_{sl}, m \in M}$ – оператор суммирования простых x_j^* , e_j^* и сложных o_m^* оценок, p_{dj} , p_{dm} – коэффициенты степени доверия и p_{uj} , p_{ym} – степени участия соответствующих простых и сложных оценок.

Перечень комплексных оценок формируется в результате анализа целевых функций на этапе 2, а состав и алгоритмы получения комплексных оценок на этапе 3. В результате реализации алгоритмов определения комплексных оценок формируются соответствующие слои ГИС проекта.

Если настоящий пункт не может быть выполнен, по причине отсутствия в базе нормативных данных функций или алгоритмов, которые требуются эксперту (заказчику), необходимо перейти к п.2 и добавить эти алгоритмы в нормативную базу данных.

5. Ранжирование результатов анализа, с целью проведения дальнейших обследований и поддержки принятия управляющих решений.

Результатом выполнения предыдущих этапов является множество слоев нормированных простых, сложных и комплексных оценок, которые

характеризуют состояние объекта в значениях качественной шкалы. Для удобства анализа состояния объектов и возможности принятия решений упорядочим результаты по неубыванию или неувеличению показателя состояния. Например для оценки состояния створов каналы $СТ = \{СТ-1, СТ-2, \dots, СТ-к, \dots, СТ-К\}$, где $к$ – номер контролируемого створа, $к=1,К$, $К$ – количество контролируемых створов канала. Алгоритм упорядочивания может быть записан следующим образом

$$СТ^* = \uparrow_{\rho} (СТ = \{ СТ-к = \{X_{т}, X_{с}, E_{т}, E_{с}, O_{м}^*, \lambda_l^* \} \}),$$

где \uparrow_{ρ} – оператор упорядочивания створов канала по неубыванию анализируемой характеристики их состояния, ρ – оценка состояния канала, определенная как целевая функция обследования, $СТ^*$ – вектор результата упорядочивания створов канала по неубыванию выбранной характеристики.

В результате выполнения этапа формируется вектор, который может быть отображен в виде ГИС слоя, таблицы, или графика, или может быть использован в ГИС проекте следующего уровня.

6. Формирование алгоритмического обеспечения для вычисления оценок состояния территорий или ИС СЗТП – формирование структуры ГИС проекта.

ГИС проект это программная структура, в которой все алгоритмы, сформированные на предыдущих этапах, связываются в определенной последовательности, обеспечивающей решение поставленной задачи. Все уровни геоинформационной системы взаимодействуют через базу геоданных (БГД).

Результаты обследований $X_{т}, X_{с}, E_{т}, E_{с}$, привязанные к географическим координатам контролируемого объекта записываются в БГД. Для каждого контролируемого параметра формируется слой геоданных (СГ). В БГД также входят: алгоритмы нормирования, алгоритмы получения сложных и комплексных оценок (алгоритмы суммирования), алгоритм упорядочивания.

Каждый алгоритм, выполняющий операции над слоем геоданных, оформляется как процедура в ГИС проекте. Структура ГИС проекта реализует логику получения нормированных оценок, описанную выше (см. рис. 2.11): результаты обследования приводятся к нормированным шкалам – формируется слой нормированных простых оценок X_T^* , X_C^* , E_T^* , E_C^* ; далее, для определенных сложных нормированных оценок (п.3), на основании простых, на основании разработанных алгоритмов (п.4) формируются процедуры их получения. В результате реализации процедур формируются СГ сложных O_m^* , и комплексных λ_l^* оценок. Каждый СГ является элементом БГД в ГИС проекте.

Полученные оценки X_T^* , X_C^* , E_T^* , E_C^* , O_m^* , λ_l^* являются характеристиками состояния ИС СЗТП. На основании определенной в п.2 структуры анализируемых ИС и целевой функции формируется таблица – список ИС (например список контролируемых створов анализируемого канала) и результатов контроля $Ст-к = \{X_T, X_C, E_T, E_C, O_m^*, \lambda_l^*\}$, представленных в нормированном виде. Данная таблица является основой для анализа и сравнения состояния ИС СЗТП. Для упрощения анализа в ГИС проекте реализуется процедура упорядочивания, в результате которой формируется таблица удобная для анализа и принятия управленческих решений $Ст^* = \uparrow_p(Ст = \{Ст-к = \{X_T, X_C, E_T, E_C, O_m^*, \lambda_l^*\}\})$.

Описанная последовательность процедур определяет структуру ГИС проекта получения нормированных оценок (ГИСП НО) состояния ИС и ранжирования ИС по результатам анализа, показана на рис. 2.12.

В результате, в автоматическом режиме в виде ГИС проекта решается задача получения простых и сложных нормированных оценок, анализа полученных результатов стандартными средствами ГИС, представления результатов анализа в удобном виде для формирования управленческих решений.

7. Представление результатов анализа (ГИС слои, таблицы, диаграммы, формы отчетности).

Результатом выполнения ГИС проекта (рис. 2.12) являются сформированные стандартные для геоинформационной системы данные в виде геоинформационных слоев и таблиц. Поэтому для анализа результатов и их представления могут быть использованы все стандартные средства современных ГИС: представление на карте в виде полей, в виде диаграмм, таблиц, в виде документов, определенных пользователем, в виде отчетов.

Выводы по главе.

1. На основании проведенного анализа предложены алгоритмы формирования простых и интегральных (2.1), ..., (2.3) нормированных оценок состояния территорий и ИС СЗТП по результатам контрольных измерений. Показано, что любой результат измерения может быть сведен к нормированной оценке состояния контролируемого объекта. В результате будет получено множество оценок контрольных измерений параметров состояния территории – $\mathbf{X}_T = \{x_{T1}^*, x_{T2}^*, \dots, x_{T\theta}^*, \dots, x_{T\Theta}^*\}$ и сооружений – $\mathbf{X}_C = \{x_{C1}^*, x_{C2}^*, \dots, x_{C\theta}^*, \dots, x_{C\Theta}^*\}$, где $\theta=1, \Theta$ – индексы контролируемых параметров (п.2.2).

2. Показано, что результаты обследования состояния территорий и ИС СЗТП представлены в нормированном виде и представляют собой множество экспертных оценок параметров состояния территории – $\mathbf{E}_T = \{e_{T1}^*, e_{T2}^*, \dots, e_{T\theta}^*, \dots, e_{T\Theta}^*\}$, где $\theta=1, \Theta$ – индексы контролируемых параметров, и сооружений – $\mathbf{E}_C = \{e_{C1}^*, e_{C2}^*, \dots, e_{C\theta1}^*, \dots, e_{C\Theta1}^*\}$, где $\theta1=1, \Theta1$ – индексы контролируемых параметров (п.2.2).

3. Рассмотрены алгоритмы получения сложных (2.4) и комплексных оценок (2.5). Отмечено, что сложная и комплексная оценки описываются множеством целевых функций и могут быть получены, только если ко всем данным и операциям над ними будут предъявлены требования единства

измерений. Единство измерений достигается при организации множества оценок в виде нормированного параметрического пространства, с обязательным формированием характеристик достоверности (неопределенности) для каждого значения контролируемых параметров (п.2.4).

4. Определено, что простые, сложные и комплексные нормированные оценки могут быть представлены как слои базы геоданных, т.е., может быть сформирован ГИС-проект, направленный на получение простых, сложных и комплексных оценок (п. 2.5).

5. Разработана методика построения ГИС проекта, который обеспечивает выполнение всех этапов получения нормированных оценок разной сложности в автоматическом режиме, а также реализует алгоритм упорядочивания контролируемых объектов по признаку неувеличения или неуменьшения контролируемой характеристики и представление результатов анализа в удобном виде для формирования управляющих решений (п. 2.5). При этом специалист получает возможность вести оперативный анализ характеристик по результатам контроля, принимать оперативные решения при проведении мероприятий технического обслуживания ИС СЗТП.

Гл. 3 Разработка алгоритмического обеспечения анализа состояния территорий и ИС СЗТП, ранжирования и поддержки принятия управленческих решений на ГИС основе

3.1 Постановка задачи

В третьей главе рассматриваются вопросы применения ГИС технологии для определения территорий подтопления в результате нарушения функционирования ИС СЗТП. Вопросы районирования по степени опасности подтопления, определения оценки степени риска от подтопления и возможного нанесенного ущерба, ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, расчета экономических показателей и представления результатов анализа эффективности вложения средств в восстановление ИС СЗТП в удобном виде для формирования управленческих решений. Разрабатывается методика формирования ГИС проекта, обеспечивающая решение перечисленных задач.

3.2 Оценка степени риска от подтопления территории

Для определения требований к водному режиму необходимо сформировать цели использования территории.

Цели использования территории непосредственно связаны с характеристикой – урбанизация, которая непосредственно связан с проектным уровнем грунтовых вод. Таким образом, в качестве оценки для классификации целевого использования территорий может быть использован эта оценка. Она базируется на положениях СНиП 11-52-74 и связана непосредственно с определением оценки степени риска подтопления, которая зависит от значений оценки коэффициента опасности подтопления и коэффициента степени уязвимости территории.

3.2.1 Оценка опасности подтопления

В качестве показателей опасности подтопления территории выберем в соответствии с методикой [49] следующие оценки:

- уровень грунтовых вод, вызывающих подтопление – О1;
- изменение качества грунтовых вод, приводящее к загрязнению подземных вод – О2;
- изменение физико-механических свойств грунтов, приводящее к осадкам и просадкам, снижению несущей способности грунтов – О3.

Каждый показатель характеризует степень опасности для различных типов территорий.

Уровень грунтовых вод – смотри таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

Степень опасности, О1	Уровень грунтовых вод, м.			
	Территория крупных промышленных комплексов.	Городские промзоны, центры городов.	Селитебные территории городов и населенных пунктов.	Территории спортивно-оздоровительных объектов, зон рекреации.
Большая	0 ... 3	0 ... 2	0 ... 1	0 ... 0,5
Средняя	3 ... 8	2 ... 3	1 ... 2	0,5 ... 1
Малая	8 ... 15	3 ... 5	2 ... 3	1 ... 2

Изменение качества грунтовых вод – смотри таблицу 3.2.

Таблица 3.2.

Степень опасности, О2	Превышение ПДК в грунтовых водах.	Превышение ПДК для водоснабжения	Изменение агрессивности грунтовых подземных вод (СНиП 2.03.11-85)	Степень засоления грунтов
Большая	Более 100	Более 1	Сильноагрессивная	Сильная
Средняя	10 ... 100	0,1 ... 1	Среднеагрессивная	Средняя
Малая	0 ... 10	0 ... 0,1	Слабоагрессивная	Слабая

Изменение физико-механических свойств грунта – смотри таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Степень опасности, O3	Снижение несущей способности грунтов, %	Наличие особых пород		
		Посадочные лессовидные грунты	Набухающие глинистые грунты	Пучинистые глинистые или пылеватые песочные грунты
Большая	Больше 30	Величина просадки от собственного веса более 5 см (II тип)	Сильно набухающие грунты ($e_{sw} > 0,12$)	Сильно пучинистые ($e_{fn} > 0,07$)
Средняя	10 ... 30	Величина просадки от собственного веса до 5 см (I тип)	Средне набухающие грунты ($e_{sw} = 0,08 \dots 0,12$)	Средне пучинистые ($e_{fn} = 0,035 \dots 0,07$)
Малая	Меньше 10	Лессовидные породы, склонные к неравномерным деформациям	набухающие грунты ($e_{sw} = 0,04 \dots 0,08$)	Слабо пучинистые ($e_{fn} = 0,01 \dots 0,035$)

В таблице e_{sw} и e_{fn} – относительная деформация набухания и пучения соответственно.

Оценки O1, O2, O3 представлены в таблицах в нормированном виде (нормированная качественная шкала). Поэтому интегральная оценка степени опасности подтопления территории может быть получена в нормированном виде. Причем каждая оценка может быть представлена в виде слоя ГИС, поддерживаемый соответствующей базой данных и программой ее формирования. А алгоритм получения интегральной оценки можно представить в следующем виде

$$I_0^* = F(\text{SUM} \{ O1, O2, O3 \}), \quad (6)$$

где I_0^* – значение интегральной оценки опасности от подтопления территории (коэффициент опасности подтопления), F функция соответствия значений интегральной оценки результатам суммирования показателей

опасности (определяется экспертами в соответствии с принятой методикой, см. Гл.2).

В методике [12] принят алгоритм полного перебора всех состояний частных оценок, указанных в таблицах 3.1, ..., 3.3. При этом получается шкала от 0,0 до 1,0 с шагом 0,1 – нормированная оценка полностью соответствующая требованиям объединения оценок (см. таблицу 3.4).

Таблица 3.4.

Код опасности	I_0^*	Код опасности	I_0^*	Код опасности	I_0^*	Код опасности	I_0^*
000	0	100	0,2	200	0,4	300	0,7
001	0,1	101	0,2	201	0,5	301	0,7
002	0,3	102	0,4	202	0,6	302	0,8
003	0,6	103	0,7	203	0,7	303	0,8
010	0,05	110	0,2	210	0,5	310	0,7
011	0,2	111	0,3	211	0,6	311	0,7
012	0,4	112	0,5	212	0,7	312	0,8
013	0,6	113	0,7	213	0,8	313	0,9
020	0,2	120	0,3	220	0,5	320	0,7
021	0,3	121	0,4	221	0,6	321	0,8
022	0,5	122	0,6	222	0,7	322	0,8
023	0,7	123	0,7	223	0,8	323	0,9
030	0,4	130	0,5	230	0,6	330	0,8
031	0,5	131	0,6	231	0,7	331	0,8
032	0,6	132	0,7	232	0,8	332	0,9
033	0,7	133	0,8	233	0,9	333	1,0

Необходимо заметить, что оценка опасности подтопления территории также зависит от ее назначения (степени урбанизации). При этом территории классифицируются следующим образом:

- территория крупных промышленных зон и комплексов,
- территории городских промышленных зон, коммунальных складских зон, центра крупных и больших городов,
- селитебные территории городов и сельских населенных пунктов,
- территории спортивно-оздоровительных объектов и учреждений, обслуживающих зон отдыха,
- территории зон рекреационного и защитного назначения (зеленые насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны).

При этом для каждого типа территории важным показателем является глубина залегания грунтовых вод $H_{пр}$, при которой показатели не действуют. В случае, что если отсутствует обоснование значения $H_{пр}$, оно вычисляется по формуле $H_{пр} = H_{кр} + DN$, где $H_{кр}$ – норма осушения, принимаемая в зависимости от характера застройки рассматриваемой территории в соответствии с таблицей 3.5 (СНиП 11-52-74), DN – поправка.

Таблица 3.5.

Характер застройки	Норма осушения, м
Территория крупных промышленных зон и комплексов	До 15
Территории городских промышленных зон, коммунальных складских зон, центра крупных и больших городов.	5
Селитебные территории городов и сельских населенных пунктов.	2
Территории спортивно-оздоровительных объектов и учреждений, обслуживающих зон отдыха.	1
Территории зон рекреационного и защитного назначения (зеленые насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны)	1

Поправка ДН определяется для каждого показателя оценки опасности подтопления:

1. для первого О1 (таблица 3.1) ДН=0;
2. для второго О2 (таблица 3.2) ДН равна высоте капиллярного подтопления в грунте основания;
3. для третьего О3 (таблица 3.3) ДН равна: в песчаных грунтах – высоте капиллярного поднятия, в глинистых – превышает эту величину в двое, что соответствует наиболее вероятной высоте распространения иммобилизованной влаги в грунтах.

В таблице 3.6 приведены значения поправки ДН для различных грунтов.

Таблица 3.6

Грунт	ДН для оценки О2, м	ДН для оценки О3, м
Суглинок	1,5 ... 3	3 ... 5
Супесь	1 ... 1,5	1,5 ... 2
Песчаная почва	0,5 ... 1	0,5 ... 1
Лес	2,5 ... 3,5	5 ... 6

Кроме рассмотренных показателей опасности подтопления могут учитываться и другие показатели в зависимости от географического расположения территории. В этом случае интегральный показатель опасности подтопления определяется с введением коэффициента поправки. Так для сейсмически опасной зоны $I_c = a_c \cdot I_o^*$, где a_c – коэффициент поправки.

Необходимо отметить, что точность представления оценок, используемых для оценки опасности (оценки – таблицы 3.1, 3.2, 3.3), определяется третьей качественной шкалы (три коридора шкалы: малая, средняя, большая). Поэтому для классификации территории по степени опасности подтопления выделим четыре коэффициента опасности: малый,

умеренный, большой, критический. А алгоритм получения оценки нормированной шкале можно представить в следующем виде

$$I_{0н}^* = F(\text{SUM } \{I_0^*\}), \quad (7)$$

где I_0^* – значение интегральной оценки опасности от подтопления территории (коэффициент опасности подтопления), F функция соответствия суммарных значений интегральной оценки нормированному значению (определяется экспертами в соответствии с принятой методикой, см. табл. 3.4).

Нормированная качественная шкала опасности показана в таблице 3.7.

Таблица 3.7

	Коэффициент опасности подтопления территорий $I_{0н}^*$										
	Малый			Умеренный				Большой		Критический	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коды оценок в соответствии с табл. 5, табл. 6, табл. 7	000	001	100	002	200	201	003	103	302	313	333
		010	101	111	102	112	202	203	303	323	
			020	021	012	210	211	212	312	332	
			011	120	030	022	013	300	321		
			110		121	131	032	301	322		
						130	131	310	330		
						220	221	311	331		
								и	и		
								др.	др.		

На рисунке 3.1 показана последовательность формирования нормированной шкалы для оценки коэффициента опасности подтопления заданной территории.

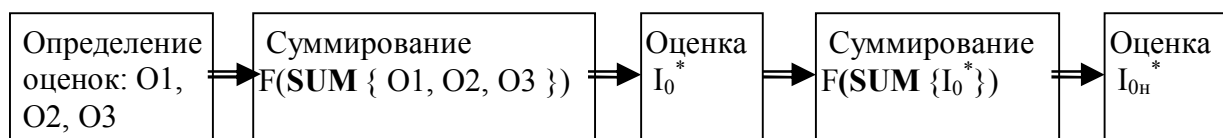


Рисунок 3.1. Последовательность формирования нормированной шкалы для оценки коэффициента опасности подтопления территории.

Отметим, что полученную нормированную числовую шкалу оценки коэффициента опасности I_0 (таблица 3.4) удобно использовать для вычисления оценки риска подтопления для заданной территории, а нормированную качественную шкалу оценки коэффициента опасности $I_{0н}$ (таблица 3.7) удобно использовать для выполнения операции районирования территории по степени опасности.

3.2.2 Оценка степени уязвимости территорий при подтоплении

Оценка риска от подтопления кроме опасности подтопления требует определения оценки уязвимости территории, попавшей под подтопление. Степень уязвимости территории зависит от ее восприимчивости к подтоплению. В [12, 49] рассмотрена методика получения количественной интегральной оценки уязвимости территорий. В основу методики положен экспертно-аналитический метод, базирующийся на обобщении имеющихся данных по ущербу, нанесенному подтоплением территорий, анализе процессов, происходящих при воздействии грунтовых вод на подземные конструкции, плодородие почв, на оценке экономических последствий подтопления территорий.

В таблице 3.8 приводятся данные по оценке уязвимости территорий различного функционального назначения.

Таблица 3.8

Застроенные территории		Незастроенные территории				
Промышленные	Селитебные	Зоны рекреации	С/х угодия	Пастбища	Дороги, линии передач и т.п.	Неиспользуемые
1	2	3	4	5	6	7
3 ... 10	1	0,2	0,4	0,3	0,7	0,1

Каждая из перечисленных типов территория отличается целями и структурой системы водного регулирования.

В таблице 3.9 приведена детализация оценки уязвимости для промышленных территорий.

Таблица 3.9.

№ п/п	Отрасль промышленности	Степень уязвимости промышленной территории
1	Деревообрабатывающая	3
2	Теплоэнергетика (ТЭЦ)	3
3	Целлюлозно-бумажная	4
4	Пищевая	4
5	Строительные материалы	4
6	Химическая	4
7	Топливная нефтеперерабатывающая	6
8	Черная металлургия	6
9	Цветная металлургия	6
10	Микробиология	6
11	Нефтехимическая	8
12	Стекольная	8
13	Легкая (швейная, текстильная и пр.)	10
14	Машиностроение	10

Селитебные территории различают:

1. по этажности застройки:

- 1, 2 этажные (1),
- 3, 5 этажные (2),
- > 5 этажные (3);

2. по наличию подвального помещения или подземного сооружения:

- отсутствует (1),

- полупроходное (2),
 - > проходное (3);
3. по степени исходной амортизации объекта:
- < 15% (1),
 - 15 ... 50% (2),
 - > 50% (3);
4. по степени надежности плит и фундаментов:
- сваи (1),
 - плита (2),
 - лента (2).

Перечисленные характеристики могут быть положены в основу районирования территорий по степени их уязвимости процессам подтопления. Значения оценки уязвимости может быть получено для всех сочетаний перечисленных характеристик. При этом значение оценки v_y изменяется в соответствии с таблицей 11 от 0 до 1. Получим оценку похожую на характеристику, описанную в таблице 4, удобную для районирования. При этом при районировании территории по степени уязвимости подтоплению рекомендуется выделить четыре степени:

1. малая – $v_y < 0,1$;
2. умеренная – $0,1 < v_y < 0,3$;
3. большая – $0,3 < v_y < 0,6$;
4. критическая – $0,6 < v_y$.

Данный подход позволяет проводить районирование по уязвимости территорий для различных стадий исследований и проектирования, для составления соответствующих карт в зависимости от детальности исходной информации, целей и задач исследований.

Для промышленной застройки следует применять следующие значения коэффициента уязвимости:

1. малая – $v_y < 0,15$;
2. умеренная – $0,1 < v_y < 0,45$;
3. большая – $0,45 < v_y < 0,9$;
4. критическая – $0,9 < v_y$.

3.2.3 Оценка риска от подтопления территории

Интегральная оценка риска подтопления территорий может быть получена, если проведено районирование по степени опасности и степени уязвимости, по принципу пересечения этих событий. При этом коэффициент риска подтопления территории определяется по формуле:

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^k v_{yi} I_{oi} \frac{S_i}{S_o}, \quad (8)$$

где S_o – площадь территории, для которой определяется коэффициент R_{Π} ,
 $S_o = \sum_{i=1}^k S_i$, k – число разбиений территории S_o на непересекающиеся территории S_i , для которых получены оценки коэффициента опасности подтопления I_{oi} и коэффициента уязвимости подтопления v_{yi} .

Районирование территорий по степени риска подтопления рекомендуется проводить по шкале:

1. малый – $R_{\Pi} < 0,1$;
2. умеренный – $0,1 < R_{\Pi} < 0,25$;
3. большой – $0,25 < R_{\Pi} < 0,5$;
4. критический – $0,5 < R_{\Pi}$.

Следует отметить, что полученная оценка является достаточно грубой и требует дополнительного анализа. В случае решаемой задачи она может быть использована для определения территорий, которые требуют специального рассмотрения после оценки состояния инженерных сооружений и планировании проектных работ, связанных с развитием анализируемой территории.

3.2.4 Районирование на основе оценки опасности, уязвимости или нанесенного ущерба при подтоплении территорий

Рассмотренные в предыдущих разделах оценки могут быть использованы для районирования территорий при решении задач оценки состояния территорий и ИС СЗТП. Особенно это является важным на этапе проведения анализа степени воздействия на ТС изменение характеристик ИС. Например, изменение пропускной способности канала, трубопереезда, мостового сооружения и др.

В соответствии с методическими рекомендациями по оценке риска и ущерба при подтоплении [12, 49, 79] «оценка опасности подтопления, подверженности застроенной территории опасными процессами, уязвимости объекта опасности и риска от процесса подтопления на локальном уровне» (уровне подсистем g_i) может выполняться по схеме, показанной на рис. 3.2.



Рисунок 3.2. Схема районирования территорий на основе условий формирования подтопления и оценкам опасности, уязвимости и риска.

Принципы районирования по природным условиям формирования подтопления, по уровню урбанизации и характеристикам ИС и степени подтопления рассмотрены в Гл. 1.

3.3 Анализ влияния характеристик ИС СЗТП на состояние территории, оценка эффективности возможных решений по улучшению ситуации

Анализ влияния характеристик ИС СЗТП на состояние территории, прежде всего, связан с оценкой пропускной способности мелиоративной системы. Так как водный баланс территории сохраняется только при условии выполнения проектных требований водоотведения. То есть при соответствии параметров ИС СЗТП проектным с заданной точностью. Так при разрушении водоотводящих каналов их пропускная способность уменьшается и в зоне створа разрушения возникает опасная зона – зона подтопления. Для принятия эффективного решения по ремонту поврежденных ИС СЗТП необходимо иметь достоверные оценки: риска от подтопления для критических створов, объемов работ по восстановлению канала в заданных створе, возможного нанесенного ущерба. Предоставление результатов анализа в ранжированном виде по результатам анализа полученных оценок дает возможность эффективного решения поставленной задачи. В настоящем параграфе разрабатываются алгоритмы решения поставленных задач, алгоритмы ранжирования сооружений по степени опасности (возможному нанесенному ущербу от подтопления территорий), алгоритмы решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

3.3.1 Определение оценки риска и ущерба от подтопления для критических створов и предоставление результатов анализа в ранжированном виде

Очевидно, что на основании полученных оценок, используя стандартные в ГИС средства, можно провести упорядочивание результатов анализ для всех контролируемых объектов: ранжировать створы каналов по степени из опасности в зависимости от состояния, ранжировать каналы и

другие сооружения СЗТП, ранжировать территории по степени опасности от подтопления.

Особый интерес представляет задача нахождения наиболее опасных повреждений инженерных сооружений, приводящих к максимальному ущербу от подтопления. Данная задача может быть решена в ГИС следующим образом.

1. На основании проведенных обследований анализа результатов контрольных измерений и экспертных оценок (см. гл.2) и в результате реализации ГИС проекта (см. рис. 2.12) все створы упорядочиваются в соответствии с убыванием оценки опасности (степени разрушения канала) подтопления $O_{ctl\ max} = \text{SUM}_l \{X_{cl}, E_{cl}\}, \dots, \rightarrow O_{ctl\ min} = \text{SUM}_l \{X_{cl}, E_{cl}\}$, где l – номер створа, принадлежащий множеству контролируемых створов L .

2. Для наиболее критических створов, имеющих значительные повреждения, на ГИС основе определяется территория подтопления, которая может включать несколько территориальных подсистем разного назначения, имеющие разные показатели опасности, уязвимости или риска от подтопления (районирование по полученным оценкам см. п. 3.2.4) – $G_{ctl}^* = \{g_{1l}, g_{2l}, \dots, g_{kl}, \dots\}$, площадь которой равна $S_{ctl} = \Sigma S_{gkl}$.

3. Для каждой территориальной подсистемы g_{kl} может быть получена оценка риска подтопления

$$r_{ckl} = v_{ykl} I_{okl},$$

где коэффициента опасности подтопления I_{okl} и коэффициента уязвимости подтопления v_{ykl} [13, 49].

Оценка риска подтопления территорий G_{ctl}^* , связанной с контролируемым створом l , в этом случае может быть получена по формуле (8).

4. Для каждого створа определенного в п.2, по результатам контроля рассчитывается оценка риска подтопления (п.3), которая непосредственно связана с величиной возможного наносимого ущерба от подтопления [13, 49].

5. На основании полученных оценок риска подтопления может быть произведено ранжирование створов, каналов, территорий по степени опасности и риску подтопления.

Полученная оценка может быть определяющей для принятия решений по ремонту или восстановлению технических сооружений, представляющих наибольшую опасность и приводящих к наибольшему ущербу в случае подтопления территории.

Однако рассмотренная оценка является относительной и не отражает фактических объемов ущерба от подтопления территории. Очевидно, что неудовлетворительное состояние канала в определенном створе приводит к отклонению его пропускной способности от проектной, следовательно, может привести к подтоплению территории, входящей в систему водосбора этого канала. При этом для получения абсолютных значений характеристик возникает две задачи:

1. оценка объем работ (затрат) необходимых для восстановления проектных характеристик канала;
2. оценка объемов возможного нанесенного ущерба в случае подтопления территории из-за нарушения функционирования канала.

3.3.2 Оценка объемов работ по восстановлению канала в заданном створе

Оценка объемов работ по восстановлению канала должна проводиться специалистами-экспертами. Оценка может исчисляться в относительных (относительно первоначальной стоимости анализируемого инженерного сооружения или его части) или абсолютных (стоимость работ) единицах.

Причем относительную оценку удобно использовать на этапе предварительного анализа состояния инженерных сооружений СЗТП, а абсолютную на этапе планирования ремонтных работ и оценке эффективности принимаемых решений.

Рассмотрим пример шкалы относительной оценки затрат на восстановление C_{10} анализируемого канала для возможных состояний заданного створа:

1. восстановление не требуется – стоимость работ нулевая,
2. незначительный объем работ – стоимость работ небольшая (10% от стоимости участка канала),
3. средний объем работ – стоимость работ средняя (30% от стоимости участка канала),
4. значительный объем работ – стоимость работ значительная (50% от стоимости участка канала),
5. большой объем работ – стоимость работ большая, (80% от стоимости участка канала),
6. восстановление не возможно – стоимость работ превышает стоимость участка канала (больше 100% от стоимости участка канала).

В табл. 3.10 приведен вид возможных оценок объемов необходимых работ восстановления для различных состояний канала в заданном створе.

Таблица 3.10.

Состояние канала в заданном створе	Значения оценки объемов работ восстановления (C_{10}), % от стоимости участка канала					
	0,0	0.0...10	10...30	30...50	50...80	>100
ПН	β					
НП		β	β	β		
СП			β	β	β	
ЗП				β	β	
БП				β	β	β
КР					β	β

Значения коэффициентов β определяется экспертами на основании обследований. При этом оценка носит вероятностный характер. Пример такой оценки приведен на рис. 3.3.

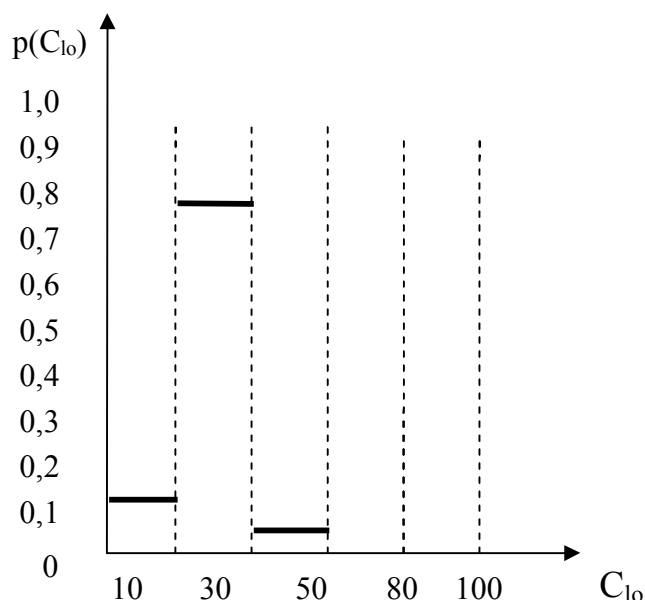


Рисунок 3.3. Пример оценок стоимости работ восстановления канала в заданном створе

3.3.3 Оценка возможного нанесенного ущерба

Для оценки возможного нанесенного ущерба необходимо провести анализ возникающих ситуаций при повреждении инженерных сооружений СИЗТП. Так как основным водоотводящим сооружением СИЗТП является канал, рассмотрим пример для случая, когда канал имеет повреждения в двух створах.

На рис. 3.4 показана схема водосбора магистрального канала МК. В систему водосбора канала МК входят: мелиоративная сеть МС1 и три канала средних КС1, КС2, КС3. Предположим, что канал МК имеет повреждения, которые приводят к подтоплению территорий, в двух створах Ст-1 и Ст-2.

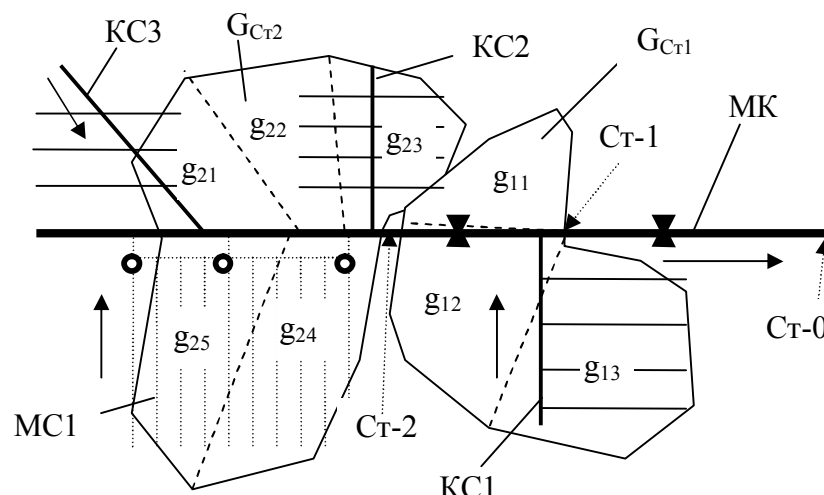


Рисунок 3.4. Схема подтопления территорий в случае повреждения магистрального канала МК в створах СТ-1 и СТ-2

В этой ситуации для каждого створа на основании структуры системы водосбора и рельефа местности с помощью технологии ГИС могут быть определены границы зоны подтопления территорий. Каждая зона подтопления в зависимости от характеристик территории (целевого применения) может быть представлена как совокупность территорий районированных по их степени опасности (вероятного ущерба) от подтопления. На рис. 3.4 это зона подтопления от повреждения створа СТ-1 – $G_{Ст1} = \{g_{11}, g_{12}, g_{13}\}$ и зона подтопления от повреждения створа СТ-2 – $G_{Ст2} = \{g_{21}, g_{22}, g_{23}, g_{24}, g_{25}\}$.

Для каждой зоны подтопления может быть определена степень риска

$$R_{ПСт1} = \text{SUM}_{g_{lk} \in G_{Ст1}} \{R_{Пg_{lk}}\}, \quad (9)$$

и возможный нанесенный ущерб

$$Y_{ПСт1} = \text{SUM}_{g_{lk} \in G_{Ст1}} \{Y_{Пg_{lk}}\}, \quad (10)$$

где $R_{Пg_{lk}}$ – оценка степени риска соответствующей территории, $Y_{Пg_{lk}}$ – оценка возможного нанесенного ущерба той же территории.

Обе оценки являются достоверными и могут быть использованы для сравнения возникающих ситуаций, проведения ранжирования створов по степени опасности подтопления.

Первая оценка, степень риска, определяется по соответствующей методике [49] и результатам экспертных оценок. Она является относительной.

Для каждой выделенной территории g_{lk} , с большой достоверностью, может быть определен ее класс. Вся подтопляемая территория может быть представлена как совокупность выделенных подсистем. Для каждой выделенной территории в соответствии с ее классом может быть произведен расчет требуемых характеристик системы водоотвода и получена обобщенная характеристика. Оценка риска подтопления территории R_{Π} может быть определена по выражению (8).

Ранжирование территорий по степени риска подтопления целесообразно проводить по шкале (п. 3.2.3): малый – $R_{\Pi} < 0,1$; умеренный – $0,1 < R_{\Pi} < 0,25$; большой – $0,25 < R_{\Pi} < 0,5$; критический – $0,5 < R_{\Pi}$.

Следует отметить, что полученная оценка является грубой и может использоваться для предварительного анализа. В случае решаемой задачи она может быть использована для определения территорий, которые требуют специального рассмотрения после оценки состояния инженерных сооружений на анализируемой территории и планировании проектных работ, связанных с развитием этой территории.

Вторая оценка – возможный нанесенный ущерб $U_{\Pi g_{lk}}$, определяется в результате расчетов для каждой выделенной территории и измеряется в абсолютных стоимостных единицах (руб.). Она требует соответствующих затрат, однако, при этом, имеет большую достоверность и может использоваться как основание для принятия решений.

В результате для каждого критического створа СЗТП на базе ГИС могут быть определены вероятные территории подтопления и получены характеристики, позволяющие оценить степень его важности (опасности).

3.3.4 Ранжирование сооружений по степени опасности (возможному нанесенному ущербу от затопления территорий)

В результате проведенного анализа в ГИС имеются данные – полученные оценки:

- состояния инженерных сооружений СЗТП – заданных створов каналов анализируемой территории λ_1^* (таблица $\mathbf{C_T}^* = \uparrow_p(\mathbf{C_T} = \{ \mathbf{C_{T-k}} = \{ \mathbf{X_T}, \mathbf{X_c}, \mathbf{E_T}, \mathbf{E_c}, \mathbf{O_m}^*, \lambda_1^* \} \})$, см Гл.2, п 2.4.);
- объемов работ по восстановлению канала в заданном створе в относительных единицах C_{ol} (таб. 3.10) и абсолютных C_{al} ;
- оценку степени риска $R_{ПСТ}$ (9) и возможного нанесенного ущерба $У_{ПСТ}$ (10) от подтопления территории $G_{СТ}$ для каждого критического створа СИЗТП контролируемой территории.

Все оценки носят вероятностный характер, так как являются результатами анализа контрольных измерений или экспертных оценок. Поэтому задача ранжирования створов по их опасности может быть сведена к анализу наиболее вероятных ситуаций – поиску критических створов, которые с наибольшей вероятностью могут привести к нежелательному большому ущербу.

Наиболее простым решением поставленной задачи является проведение ранжирования – упорядочивания всех створов анализируемой территории по значениям полученных оценок. Однако, такое ранжирование дает несколько вариантов, возможно противоречивых, не дающих надежного обоснования для принятия управляющих решений.

Очевидно, что, используя оценку состояния канала в заданном створе λ_1^* и оценку степени риска от подтопления соответствующей территории $R_{ПСТ}$, можно обоснованно сопоставлять опасность, которую представляют собой анализируемые створы. В этом случае оценка опасности для заданного створа является комплексной и может быть определена как

$$\lambda_{Rl} = f(\lambda_1^*, R_{\text{ПСТл}}, p_{\text{ol}}, p_{Rl}) \quad (11)$$

где p_{ol} , p_{Rl} – вероятности нахождения соответствующих оценок в определенных областях шкал нормированных значений.

Так как указанные оценки являются нормированными, полученные результаты могут быть использованы для ранжирования створов по степени опасности. При этом достаточно провести процедуру упорядочивания створов в порядке убывания значений полученной оценки

$$\downarrow \text{Ст}(O_R) = \{\text{Ст}_{\lambda R \text{max}}, \dots, \text{Ст}_{\lambda R \text{min}}\} \quad (12)$$

где \downarrow – оператор упорядочивания по убыванию множества створов Ст , для которых определено значение оценки λ_R . В результате получается упорядоченный по степени опасности список створов (инженерных сооружений), который может быть использован при выработке управляющих решений.

Рассмотренный алгоритм просто реализуется, однако, он не отражает масштабов возможного нанесенного ущерба, так как использует относительные оценки.

Чтобы учесть масштабы возможного ущерба от подтопления воспользуемся абсолютными оценками возможного нанесенного ущерба $Y_{\text{ПСТл}}$ для определения характеристики опасности створа

$$\lambda_{y1} = f(\lambda_1^*, Y_{\text{ПСТл}}, p_{\text{ol}}, p_{y1}) \quad (13)$$

где p_{ol} – вероятность нахождения соответствующей оценки в определенной области шкалы нормированных значений, p_{y1} – величина, характеризующая степень доверия к полученной абсолютными оценками возможного нанесенного ущерба $Y_{\text{ПСТл}}$. Полученная оценка отражает степень опасности анализируемого створа (инженерного сооружения) в абсолютных единицах (руб.), что позволяет конкретизировать решение вопросов ремонта и восстановления этих сооружений.

Проведя упорядочивание створов в порядке уменьшения возможного наносимого ущерба

$$\downarrow \text{Ст}(\lambda_y) = \{C_{Ty_{\max}}, \dots, C_{Ty_{\min}}\} \quad (14)$$

получим упорядоченный по степени опасности список створов (инженерных сооружений), который может быть также использован при выработке управляющих решений с учетом предупреждения предполагаемых объемов ущерба.

3.3.5 Решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений

С целью учета эффективности предполагаемых решений воспользуемся оценкой стоимости работ восстановления канала в заданном створе. Воспользуемся абсолютной оценкой C_{al} . В этом случае показатель эффективности восстановления опасного створа может быть получен, либо путем анализа отношения этих затрат

$$\lambda_{yCl0} = f(\lambda_1^*, Y_{ПСтl}/C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl}), \quad (15)$$

либо путем анализа абсолютных значений показателей затрат

$$\lambda_{yCl1} = f(\lambda_1^*, Y_{ПСтl}, C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl}), \quad (16)$$

где p_{Cl} – величина, характеризующая степень доверия к полученной абсолютной оценке стоимости работ восстановления канала в заданном створе.

В первом случае, также как и в предыдущих случаях, анализируемые створы могут быть упорядочены в порядке убывания показателя эффективности восстановления

$$\downarrow \text{Ст}(\lambda_{yCl}) = \{C_{Ty_{C\max}}, \dots, C_{Ty_{C\min}}\}, \quad (17)$$

что позволяет оценить эффект при принятии тех или иных решений. Но не обеспечивает выбора наиболее эффективного.

Во втором, поиск эффективного решения может быть осуществлен путем полного перебора возможных решений с целевой функцией: максимум предотвращенного возможного ущерба $\max(\sum_l Y_{ПСтl})$ при ограниченных затратах на восстановление $(\sum_l C_{al}) \leq C$. В этом случае решается

оптимизационная задача, и получаемое решение дает наиболее эффективный вариант на основании полученных ранее оценок.

Таким образом представление территориальной системы в виде подсистем, характеристики которых организованы в виде слоев ГИС, создает базу для формирования ГИС проектов, обеспечивающих автоматическое определение оценок состояния контролируемых объектов и анализ оценки степени риска от подтопления территорий (см. Рис. 3.4). Проведенное геоинформационное районирование позволяют определить степень воздействия системы водосбора каждой территории на ее природную систему и хозяйственную инфраструктуру. Определить степень воздействия на прилегающие территории и их системы инженерной защиты от подтопления. Выбранные оценки степени риска от подтопления для каждой территории позволяют оценить степень важности (экономической опасности) той или иной территории. Обосновывает необходимость поддержания высокого (расчетного) уровня работоспособности инженерных сооружений защиты территории от подтопления. Ранжирование инженерных сооружений по степени опасности и решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений обеспечивают поддержку принятия управляющих решений при планировании экономического развития территорий.

3.4 Разработка методики формирования ГИС проекта ранжирования ИС по степени опасности и поддержки принятия эффективных решений

В предыдущем параграфе рассмотрены основные этапы получения оценок опасности от подтопления для критических створов (инженерных сооружений) на основе разработанного принципа районирования территорий п.3.2 и методического обеспечения получения оценок. ГИС технология позволяет автоматизировать процесс оценивания, систематизацию

результатов анализа полученных оценок и представление этих результатов в удобном виде для специалиста, принимающего решение по дальнейшей эксплуатации ИС СЗТП [12, 13].

Рассмотрим методику формирования ГИС проекта, направленного на определение оценок и ранжирование ИС по степени опасности и поддержки принятия решений. Рассматриваемый ГИС проект опирается на результаты ГИС проекта, рассмотренного в Гл.2 п. 2.5, рис. 2.12, которые представляют собой таблицу створов, упорядоченных по степени опасности. Таблицу геоданных, которая может быть представлена в виде слоя ГИС.

ГИС проект ранжирования ИС по степени опасности (РИС СО) должен реализовать следующие этапы:

1. Формирование географической основы для решения поставленной в ТЗ задачи.
2. Реализация ГИС проекта «ГИСП НОС ИС и ранжирования ИС по результатам анализа» и использование в качестве базы его результатов.
3. Определение для каждого опасного створа территории зоны подтопления и районирование территории подтопления по степеням опасности от подтопления.
4. Получение для каждого опасного створа оценок опасности подтопления, уязвимости подтопления и риска от подтопления для соответствующих территорий.
5. Ранжирование створов по степени риска подтопления подпадающих под их воздействие территорий.
6. Оценка объем работ (затрат) необходимых для восстановления проектных характеристик канала и эффективности их проведения.
7. Оценка объемов возможного нанесенного ущерба в случае подтопления территории из-за нарушения функционирования канала.
8. Ранжирование сооружений по степени опасности (возможному нанесенному ущербу от затопления территорий).

9. Решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

10. Предоставление результатов анализа в ранжированном виде.

Логика формирования ГИС проекта РИС СО удобно отобразить в виде блок-схемы, показанной на рис. 3.5.

Рассмотрим содержание каждого этапа.

1. Формирование географической основы для решения поставленной в ТЗ задачи.

В ТЗ на ГИС проект ранжирования ИС по степени опасности (РИС СО) указывается объект анализа: район, его принадлежность, структура ИС СЗТП, проектные характеристики целевого применения территории и расчетные характеристики всех ИС СЗТП. На основании этих данных формируется географическая основа района, производится географическое и административное районирование ТС (см. Гл.1), база геоданных описания ИС СЗТП на основании разработанной модели (см. Гл.1), в которой определяются контролируемые ИС (в рассматриваемом примере это список контролируемых створов мелиоративного канала или системы каналов).

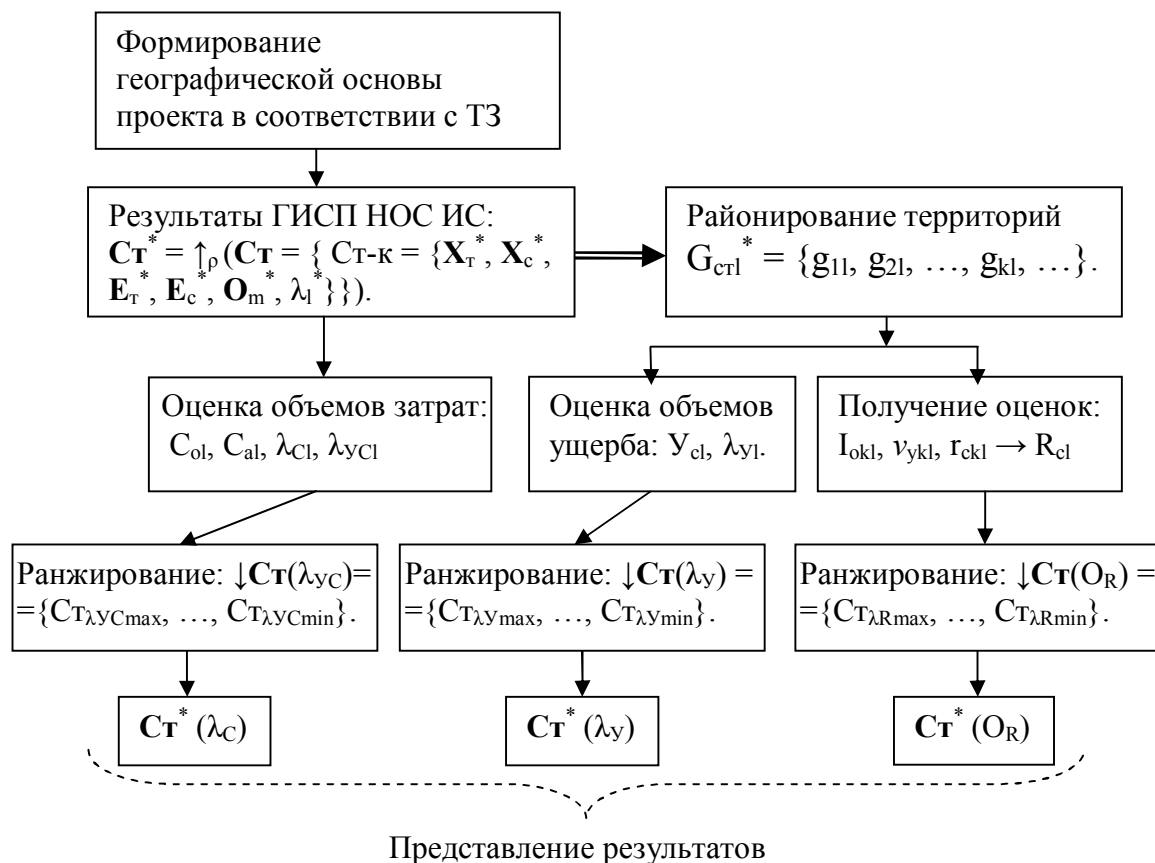


Рисунок 3.5. Логика формирования ГИС проекта РИС СО.

2. Реализация ГИС проекта «ГИСП НОС ИС и ранжирования ИС по результатам анализа» и использование в качестве базы его результатов.

На основании задания для обследования (список створов) проводятся обследования с целью получения реальных оценок состояния ИС $C_{т-к} = \{X_{т}^*, X_{с}^*, E_{т}^*, E_{с}^*\}$, которые являются базой для реализации ГИС проекта «ГИСП НОС ИС и ранжирования ИС по результатам анализа». Результатом ГИС проекта является таблица $C_{т}^* = \uparrow_{\rho}(C_{т} = \{ C_{т-к} = \{X_{т}^*, X_{с}^*, E_{т}^*, E_{с}^*, O_{м}^*, \lambda_{l}^* \} \})$, в которой все створы (ИС) упорядочены по степени опасности своего состояния (соответствия своим расчетным характеристикам).

3. Определение для каждого опасного створа территории зоны подтопления и районирование территории подтопления по степеням опасности от подтопления.

Для каждого опасного створа, имеющего повреждение, на ГИС основе определяется территория подтопления, которая может включать несколько непересекающихся территориальных подсистем разного назначения (разной степени урбанизации) – $G_{ctl}^* = \{g_{1l}, g_{2l}, \dots, g_{kl}, \dots, g_{Kl}\}$, площадь которой равна сумме площадей этих территориальных подсистем $S_{ctl} = \sum_K S_{gkl}$ (см. п. 3.3.3).

Проведенное районирование является основой для определения оценок риска территорий от подтопления R_{cl} и оценки возможного нанесенного ущерба Y_{cl} .

4. Получение для каждого опасного створа оценок опасности подтопления, уязвимости подтопления и риска от подтопления для соответствующих территорий.

Для каждой территориальной подсистемы g_{kl} может быть получена оценка риска подтопления $r_{ckl} = v_{ykl} I_{okl}$, где коэффициента опасности подтопления I_{okl} и коэффициента уязвимости подтопления v_{ykl} (см. п. 3.2.1., п. 3.2.2). Оценка риска подтопления территорий G_{ctl}^* , связанной с контролируемым створом l , в этом случае вычисляется по формуле (8)

$R_{cl} = \sum_{k=1}^K v_{ykl} I_{okl} \frac{S_{kl}}{S_{ol}}$, где S_{ol} – площадь территории, для которой определяется

коэффициент R_{cl} , $S_{ol} = \sum_{k=1}^K S_{kl}$, K – число разбиений территории G_{ctl}^* площадью

S_{ol} на непересекающиеся территории g_{kl} площадью S_{kl} , для которых получены оценки коэффициента опасности подтопления I_{okl} и коэффициента уязвимости подтопления v_{ykl} .

Полученные оценки являются характеристиками анализируемых створов. Они формируются в виде геоинформационных слоев ГИС проекта и отображаются в базе геоданных, также заносятся в соответствующие графы таблицы атрибутивных данных ИС.

5. Ранжирование створов по степени риска подтопления подпадающих под их воздействие территорий.

Задача нахождения наиболее опасных повреждений инженерных сооружений, приводящих к максимальному риску от подтопления, может быть решена в ГИС следующим образом. Для упрощения анализа в ГИС проекте реализуется процедура упорядочивания, в результате которой формируется таблица удобная для анализа и принятия управляющих решений $\downarrow \text{Ст}(O_R) = \{C_{T_{\lambda R \max}}, \dots, C_{T_{\lambda R \min}}\}$ (см. 3.3.4).

6. Оценка объем работ (затрат) необходимых для восстановления проектных характеристик канала и эффективности их проведения.

Оценка объемов работ по восстановлению канала определяется специалистами-экспертами в процессе обследований ИС СЗТП. Оценка может исчисляться в относительных (относительно первоначальной стоимости анализируемого инженерного сооружения или его части) или абсолютных единицах (стоимость работ). Однако для проведения анализ относительную оценку необходимо привести к абсолютной оценке C_{al} . Так как абсолютная оценка объемов работ по восстановлению позволяет оценить эффективности принимаемых решений $\lambda_{yCl_a} = f(O_l, U_{ПСтl}, C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl})$ (3.3.5).

7. Оценка объемов возможного нанесенного ущерба в случае подтопления территории из-за нарушения функционирования канала.

Оценка объемов возможного нанесенного ущерба также как и оценка объемов работ по восстановлению канала определяется специалистами-

экспертами в процессе обследований ИС СЗТП. Оценка объемов возможного нанесенного ущерба измеряется в абсолютных единицах объема ущерба $U_{ПСТ}$. Эта оценка также позволяет оценить эффективности принимаемых решений $\lambda_{УCl\alpha} = f(O_l, U_{ПСТ}, C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl})$ (3.3.5).

8. Ранжирование сооружений по степени опасности (возможному нанесенному ущербу от затопления территорий).

Также как и в п. 5, задача нахождения наиболее опасных инженерных сооружений, приводящих к максимальному возможному нанесенному ущербу от подтопления, может быть решена в ГИС путем выполнения процедуры упорядочивания, в результате которой формируется таблица удобная для анализа и принятия управляющих решений $\downarrow Ст(\lambda_y) = \{C_{Ty\max}, \dots, C_{Ty\min}\}$ (см. 3.3.4).

9. Решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

Задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений может быть решена на основе сформированной оценки эффективности восстановления опасного створа, определяемой отношением $U_{ПСТ}/C_{al} - \lambda_{УCl\alpha} = f(O_l, U_{ПСТ}/C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl})$, или абсолютными значениями показателей ущерба и затрат $U_{ПСТ}, C_{al} - \lambda_{УCl\alpha} = f(O_l, U_{ПСТ}, C_{al}, p_{ol}, p_{yl}, p_{Cl})$. При этом вариант наиболее эффективного вложения также может быть решена в ГИС путем выполнения процедуры упорядочивания, в результате которой формируется таблица удобная для анализа и принятия управляющих решений $\downarrow Ст(\lambda_{УCl}) = \{C_{TyC\max}, \dots, C_{TyC\min}\}$ (см. 3.3.4).

Данная информация является определяющей для принятия решений по ремонту или восстановлению технических сооружений, представляющих

наибольшую опасность и приводящих к наибольшему ущербу в случае подтопления территории.

10. Предоставление результатов анализа в ранжированном виде.

Используя стандартные в ГИС средства, все полученные результаты могут быть представлены специалисту для принятия решений в удобном виде: таблицы, графики, гистограммы, тематические карты.

Структура ГИС проекта показана на рис. 3.6.

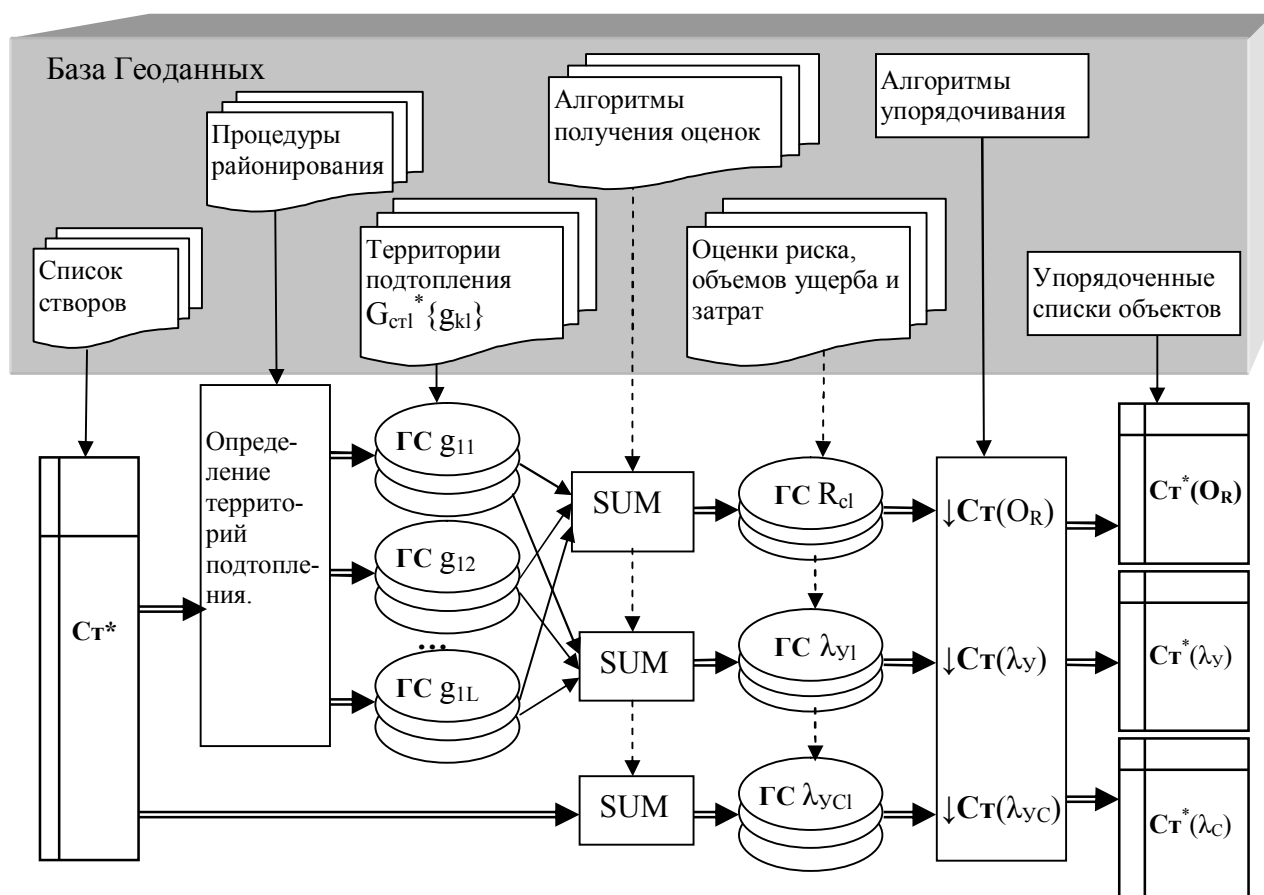


Рисунок. 3.6. Структура «ГИСП НО состояния ИС и ранжирования ИС по результатам анализа».

Таким образом, разработанное алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния территорий и ИС СИЗТП на базе

геоинформационных технологий представляется эффективным инструментом для решения задач управления развивающимися территориями. Представление территориальной системы в виде подсистем, характеристики которых организованы в виде слоев ГИС, создает базу для формирования ГИС проектов, обеспечивающих автоматическое определение оценок состояния контролируемых объектов и анализ оценки степени риска от подтопления территорий. Проведенное геоинформационное районирование позволяют определить степень воздействия системы водосбора каждой территории на ее природную систему и хозяйственную инфраструктуру. Определить степень воздействия на прилегающие территории и их системы инженерной защиты от подтопления. Выбранные оценки степени риска от подтопления для каждой территории позволяют оценить степень важности (экономической опасности) той или иной территории. Обосновывает необходимость поддержания высокого (расчетного) уровня работоспособности инженерных сооружений защиты территории от подтопления. Ранжирование инженерных сооружений по степени опасности и решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений обеспечивают поддержку принятия управляющих решений при планировании экономического развития территорий.

Выводы по главе.

Разработано алгоритмическое обеспечение анализа состояния территорий и ИС СЗТП, ранжирования и поддержки принятия управляющих решений на ГИС основе:

1. Алгоритмы получения нормированных оценок: опасности подтопления территории (6) и (7) (п. 3.2.1); степени уязвимости территорий при подтоплении (п. 3.2.2); степени риска от подтопления территории (8) (п. 3.2.3). Предложена схема районирования территорий на основе условий формирования подтопления и оценкам опасности, уязвимости и риска (рис. 3.2) (п. 3.2.4).
2. На основании анализа влияния характеристик ИС СЗТП на состояние территории и полученных решений разработано алгоритмическое

обеспечение оценки объемов работ по восстановлению поврежденных створов (п.3.3.2), оценки возможного нанесенного ущерба (п.3.3.3) алгоритмы ранжирования сооружений по степени опасности (11), ..., (14) (п.3.3.4), алгоритмы решения задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений (15), ..., (17) (п.3.3.5).

3. Разработаны методика формирования ГИС проектов ранжирования ИС по степени опасности и поддержки принятия эффективных решений (рис. 3.6) (п.3.4), решение задачи наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

Гл. 4 Разработка методического обеспечения для построения ГИС мониторинга состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений.

4.1 Постановка задачи.

В настоящей главе рассматриваются вопросы реализации и результаты использования разработанного методического и алгоритмического обеспечения для построения ГИС проектов.

Рассматривается информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СИЗТП.

Разрабатывается структура информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений.

Приводится пример реализации районирования территорий по степени урбанизации территории аэропорта Пулково и прилегающих территорий на ГИС основе. Оценка водного баланса и системы водоотведения территории аэропорта Пулково с учетом взаимного влияния водных систем прилегающих территорий.

Рассматриваются результаты реализации ГИС-проекта оценки состояния ИС СЗТП на примере развивающихся территорий промзоны Шушары.

4.2. Информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП

На основании проведенных исследований (Гл. 1, Гл.2, Гл.3) информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП может быть представлена в виде двух подсистем: измерительная подсистема (подсистема получения данных контроля) и геоинформационная подсистема (см. рис.4.1) [3].

Измерительная подсистема – аппаратно-алгоритмическое и нормативно-методическое обеспечение, направленная на получение исходной информации о состоянии контролируемого объекта (результаты контрольных измерений, результаты обследований, экспертные оценки и др.).

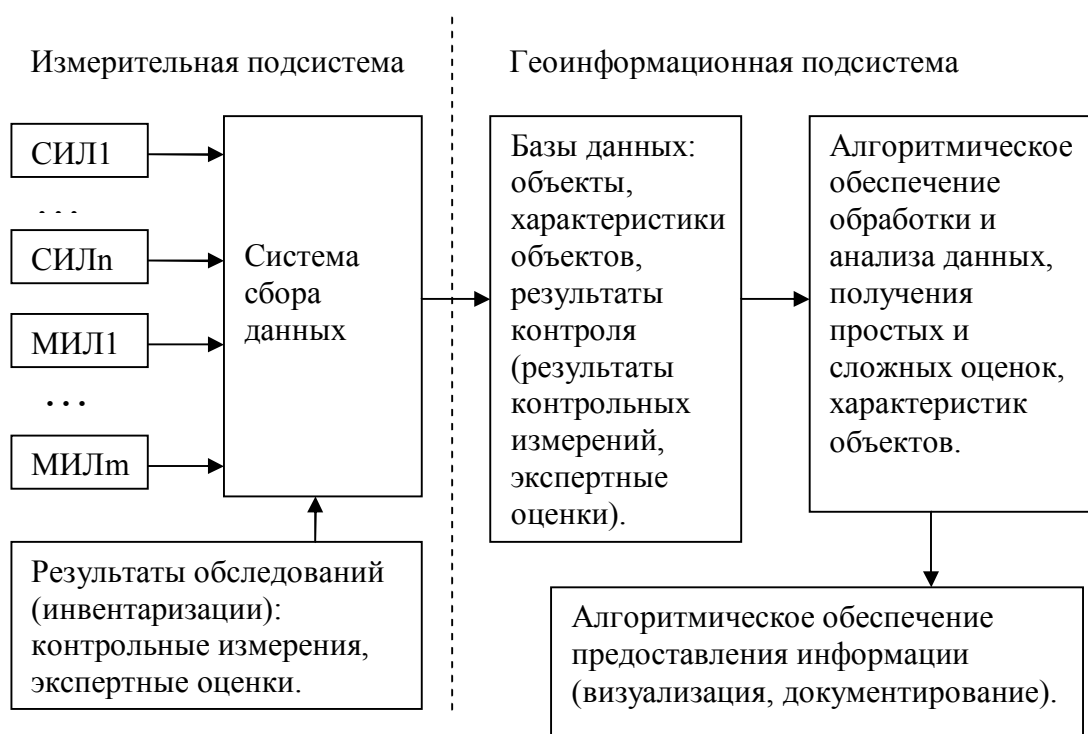


Рисунок 4.1. Информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП

Аппаратно-алгоритмическое обеспечение представляет собой совокупность стационарных (СИЛ) и мобильных (МИЛ) измерительных

лабораторий, которые обеспечивают измерение всех необходимых величин, характеризующих как состояние технических сооружений, так и параметры водного баланса. А также, обеспечивают ввод полученных результатов в базу данных геоинформационной подсистемы.

Нормативно-методическое обеспечение направлено на получение экспертных оценок как результатов инвентаризации, анализа фото и кино материалов, полученных в процессе обследований или аэрофотосъемки.

Геоинформационная подсистема – программная среда, которая обеспечивает работу с базами данных, реализует алгоритмическое обеспечение обработки и анализа данных, получения простых и сложных оценок, характеристик объектов, обеспечивает взаимодействие со специалистом-экспертом, предоставляя информацию, необходимую для принятия управляющих решений.

Базы данных содержат не только объекты СЗТП, характеристики объектов ТС и результаты контроля, а также нормативные данные и требования к оценке состояния и расчету характеристик технических сооружений, характеристики административных и географических объектов, на территории которых находится СЗТП (атрибутивные данные) – модели ИС СЗТП и разработанные в Гл.1.

Алгоритмическое обеспечение обработки и анализа данных, получения простых и сложных оценок, характеристик объектов реализует в автоматическом режиме алгоритмы получения нормированных оценок на основании результатов контрольных измерений и результатов экспертизы тля территорий и ИС СЗТП, разработанные в Гл.2.

Алгоритмическое обеспечение предоставления информации (визуализация, документирование) представляет развитый набор инструментальных средств хорошо проработанных в стандартных геоинформационных системах (ГИС) и поэтому в данной работе не рассматривается.

Геоинформационная подсистема является средой в которой реализуются ГИС проекты, формируемые в соответствии с разработанными методиками в Гл.2 (п.2.5) и Гл.3 (п.3.4).

4.3. Структура информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений

Алгоритмическое обеспечение обработки и анализа данных, получения простых и сложных оценок, характеристик объектов, разработанное в первых главах удобно представить в виде структуры информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП, показанной на рисунке 4.2.

Информационно-алгоритмическое обеспечение ИИС направлено на решение следующих задач:

- районирование территорий (Гл.1, п. 1.3),
- представление инженерных сооружений защиты территории от подтопления в виде объектов ГИС (Гл.1, п. 1.4),
- представление результатов контроля и приведение их к нормированному виду (Гл.2),
- получение простых и сложных оценок состояния технических и природных объектов (Гл.2, Гл.3),
- предоставление результатов анализа в ранжированном виде в зависимости от состояния, степени риска или ущерба от подтопления (Гл.2, п.4, Гл.3, п.4).

Районирование территорий.

Районирование территорий является важной процедурой, обеспечивающей удобное представление и систематизацию характеристик в ГИС. Районирование проводится по нескольким принципам, отражающим

функциональную организацию территории. Важными для решаемой задачи являются характеристики: водный баланс, принадлежность, структурная организация СЗТП, характеристики водосбора и водоотведения. Ниже рассмотрен пример решения задачи районирования для территории аэропорта Пулково.

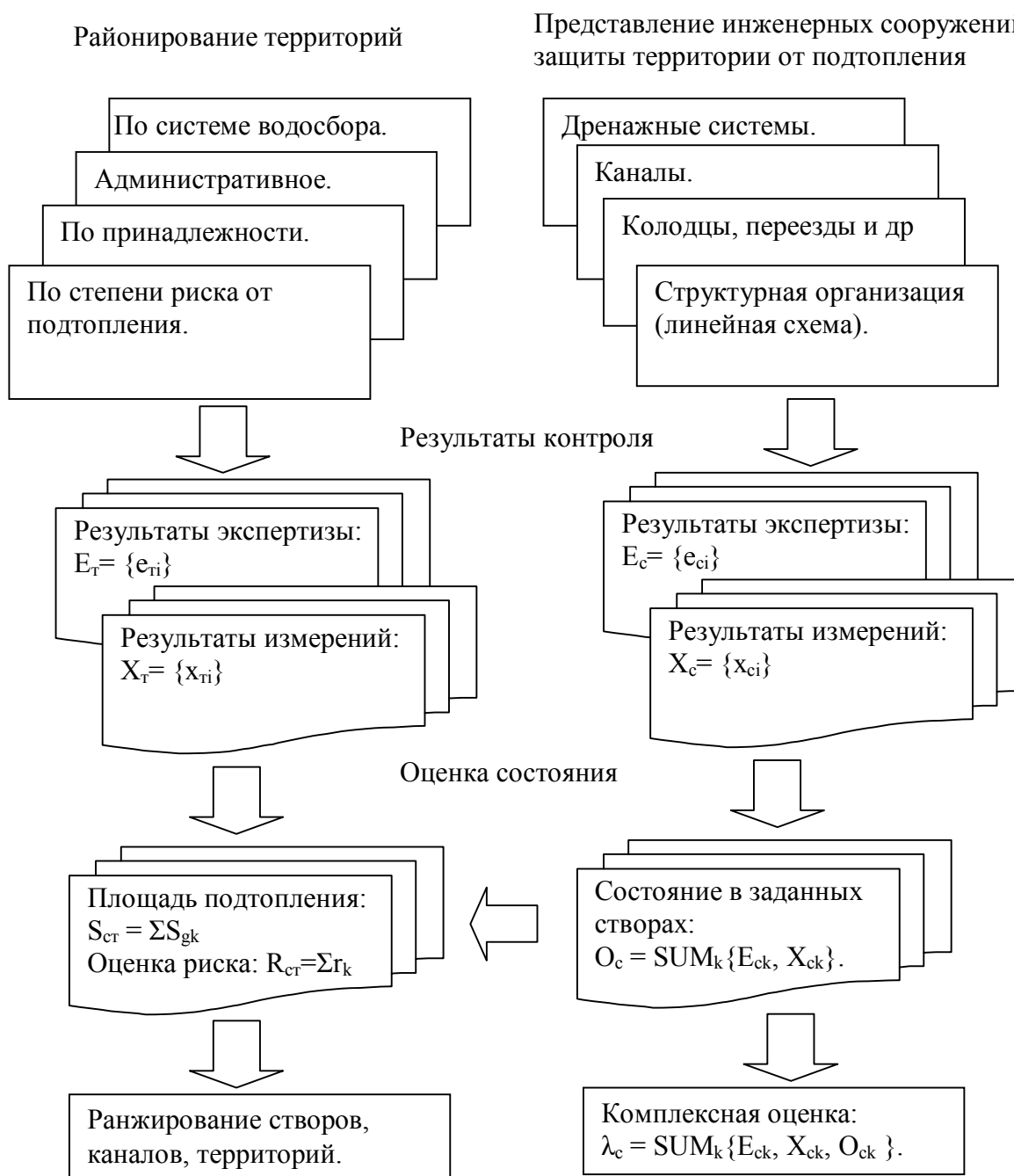


Рисунок 4.2. Структура информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния технических сооружений СИЗТП.

4.4 Районирование территорий по степени урбанизации Пулково.

Оценка водного баланса и системы водоотведения территории Пулково.

Проведенное географическое и административное районирование позволили определить степень воздействия системы водосбора каждой территории на ее ИС СЗТП и степень воздействия на прилегающие территории и их СЗТП. Сформированные оценки степени риска от подтопления для каждой территории позволили оценить степень важности (экономической опасности) той или иной территории. Обосновывает необходимость поддерживать высокий (соответствующий) уровень работоспособности ИС СЗТП.

Рассмотрим эти оценки для ТС аэропорта Пулково.

Для определения структуры оценок воспользуемся схемой районирования территорий по административной принадлежности на геоинформационной основе, приведенной на рис. 4.3.

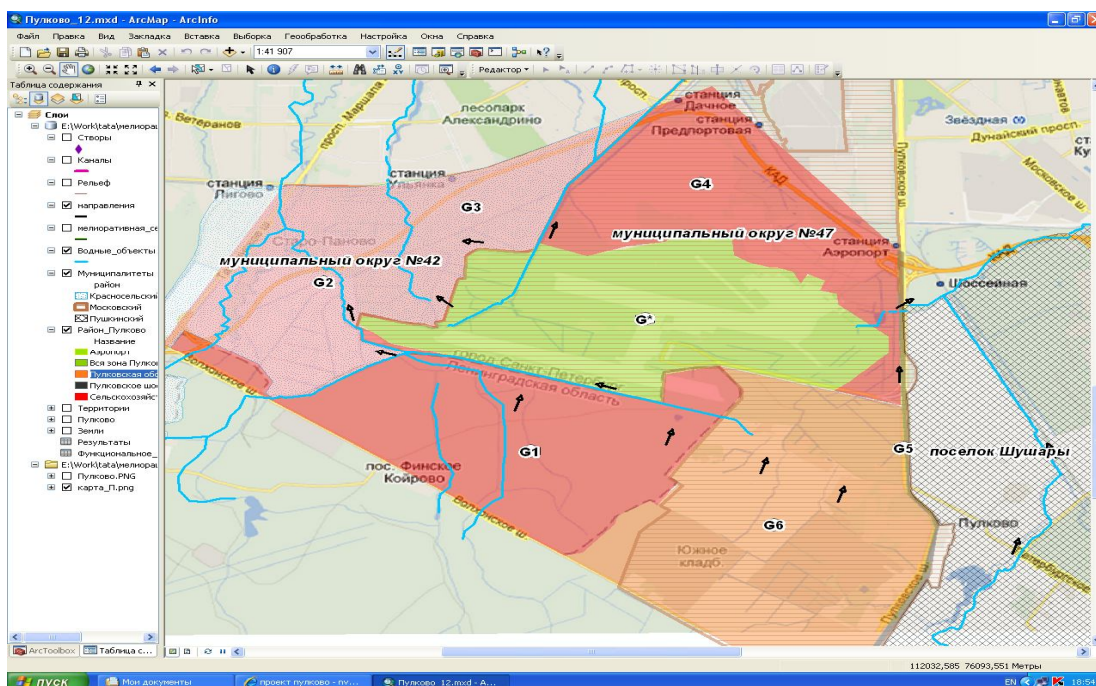


Рисунок 4.3. Схема районирования территорий по административной принадлежности

На карте районирования территорий по административной принадлежности на геоинформационной основе обозначены: G* –территория аэропорта Пулково, G₁, G₂, G₃, G₄, G₅, G₆ – прилегающие территории:

G₁ – территория Ленинградской области,

G₂ – территория поселка Старопаново,

G₃ – территория совхоза Предпортовый,

G₄ – территория Авиагородка,

G₅ – территория Пулковского шоссе и совхоза Шушары,

G₆ – территория поселка Пулково.

На рис. 4.4 показан пример таблицы, являющейся результатом геоинформационного районирования – описание территорий в виде атрибутов слоя территории аэропорта Пулково.

SHAPE *	SHAPE Le	SHAPE Area	Название	Номер территории	тип территории	Доля территории
▶ Полигон	31340,4325	58041635,6392			<Null>	100 Н
Полигон	16574,7988	14779355,9314	Пулковская обсерватория	G6	Селитебная	25,5 С
Полигон	15972,1889	11084039,4479	Сельскохозяйственная	G1	С/х угодия	19,1 Н
Полигон	17700,9873	11371789,6602	Аэропорт	G*	Промышленная	19,5 П
Полигон	16175,7771	592005,225736	Пулковское шоссе	G5	Дороги	1 Н
Полигон	18259,9138	8716010,50226	Сельскохозяйственная	G4	С/х угодия	15 Н
Полигон	12323,9908	7699588,77063	Сельскохозяйственная	G2	С/х угодия	13,3 Н
Полигон	10634,7734	3832925,52863	Сельскохозяйственная	G3	С/х угодия	6,6 Н

Рисунок 4.4. Таблица атрибутов слоя район Пулково

Оценка степени воздействия системы водосбора каждой территории на ее инженерную систему защиты от подтопления и степень воздействия на прилегающие территории (п. 1.3.3, табл. 1.5) и их системы инженерной защиты от подтопления приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

	G	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆
G	1	0	0,3r	0,6r	0	0,1r	-0,1r
G ₁	0,8r	1	0,7r	0	0	0	0
G ₂	-0,3r	0	1	0,1r	0	0	0
G ₃	-0,6r	0	-0,1r	1	-0,05r	0	0
G ₄	0	0	0	0,05r	1	0,2r	0
G ₅	0	0	0	0	-0,2r	1	-0,3r
G ₆	0,1r	0	0	0	0	0,3r	1

В таблице 4.1 r – относительный показатель воздействия равный максимальному значению (в нашем случае это воздействие от территории аэропорта Пулково) (см. п.1.3).

Также, для каждой выделенной территории определим оценки степени опасности от подтопления. Результаты приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Территория	Часть территории (Геотаксон), g_{ik}	Коэффициент важности, α_{ik}	Код	Оценка опасности подтопления геотаксона	Оценка опасности подтопления территории
G	g_{01}	0,55	112	0,5	0,6
	g_{02}	0,35	212	0,7	
	g_{03}	0,1	312	0,8	
G ₁	g_{11}	0,95	112	0,5	0,515
	g_{12}	0,05	312	0,8	
G ₂	g_{21}	0,8	112	0,5	0,545
	g_{22}	0,15	212	0,7	
	g_{23}	0,05	312	0,8	

Продолжение таблицы 4.2.

Территория	Часть территории (Геотаксон), g_{ik}	Коэффициент важности, α_{ik}	Код	Оценка опасности подтопления геотаксона	Оценка опасности подтопления территории
G_3	g_{31}	0,9	112	0,5	0,53
	g_{32}	0,1	312	0,8	
G_4	g_{41}	0,3	112	0,5	0,7
	g_{42}	0,1	212	0,7	
	g_{43}	0,6	312	0,8	
G_5	g_{51}	0,95	112	0,5	0,51
	g_{52}	0,05	212	0,7	
G_6	g_{61}	0,75	112	0,5	0,565
	g_{62}	0,1	212	0,7	
	g_{63}	0,15	312	0,8	

Каждая из анализируемых территорий разбита на части (геотаксоны) по принципу определенных свойств и целевой функции в соответствии с п.1.3. Каждому геотаксону присвоен код в соответствии с п. 3.2.1, табл. 3.4 (см. таблицу 4.2), а следовательно и определено значение оценки опасности подтопления. Значение оценки опасности подтопления территории вычислялось по формуле (6).

Из таблицы видно, что территории по степени опасности подтопления ранжируются следующим образом (см. рис. 4.5):

1. ОГР-1 створ №1 (ПТ №1);
2. ОГР-2 створ №1 (РС №9);
3. ОГР-1 створ №6 (ПТ №2);
4. МК-1 створ №0 (ПТ №14);
5. ОГР-2 створ №9 (ПТ №6-2);
6. 5ТС-3 створ №0 (РС №22);
7. ОГР-2 створ №0 (ПТ №0).

Площадь	Тип подтопления	Канал	Номер трубопереезда	Козф уязвимост	Стеень опасности подтоплени	Козф подтопле
34989,093164	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-1	ПТ №1	6	2,588	0,5
11415,46587	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-1	ПТ №2	1	0,413	0,5
43270,310447	Площадка размещения фирмы "Тойота"	МК-1	ПТ №14	1	0,474	0,5
40013,62069	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-2	РС №9	6	1,865	0,5
56701,099167	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-2	ПТ №6-2	1	0,43	0,5
72230,352798	Сельскохозяйственная зона	СТС-3	Створ №22	1	0,335	0,5
35705,290269	Сельскохозяйственная зона	СТС-3	Створ №22	1	0,165	0,5
9241,690591	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-2	ПТ №6-2	6	0,42	0,5
2419,493413	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-1	ПТ №2	6	0,525	0,5
5569,983376	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-1	ПТ №1	1	0,069	0,5
2406,827503	Площадка размещения фирмы "Тойота"	МК-1	ПТ №14	6	0,158	0,5
24369,38184	Площадка размещения фирмы "Тойота"	ОГР-2	РС №9	1	0,189	0,5

Рисунок. 4.5. Пример таблицы результатов ранжирования территорий по степени опасности

Из чего следует, что территория аэропорта Пулково на ряду с Авиагородком из всех анализируемых территорий наиболее критичны к подтоплению. Степень подтопления территории аэропорта Пулково полностью зависит от состояния инженерных сооружений этих территорий и территорий, на которые воздействует их система водосбора. В соответствии с таблицей 4.1 это мелиоративные системы территорий поселка Старопаново, совхоза Предпортовый, совхоза Шушары. Проведя оценивание состояния этих территорий можно оценить состояние водоотводящей системы в этих районах.

Таким образом, на основании проведенного геоинформационного районирования территории вокруг аэропорта Пулково с целью нормализации системы водоотведения, анализа целевых функций использования территорий и их классификация позволило оценить взаимное влияние территорий с целью определения оценки состояния СЗТП аэропорта Пулково, ранжировать территории, прилегающие к аэропорту, по степени опасности подтопления.

4.5 Районирование территорий по степени урбанизации, оценка состояния ИС, оценка риска и ущерба, ранжирование ИС по степени опасности для поддержки принятия управляющих решений развивающейся территории промзоны Шушары

Развивающиеся территории поселка Шушары и его водные системы граничат с системами административных районов Колпинского, Фрунзенского и Пушкинского. Перечисленные системы находятся в постоянном взаимодействии и могут оказывать влияние на режимы водного обмена друг друга (рисунок 4.6).

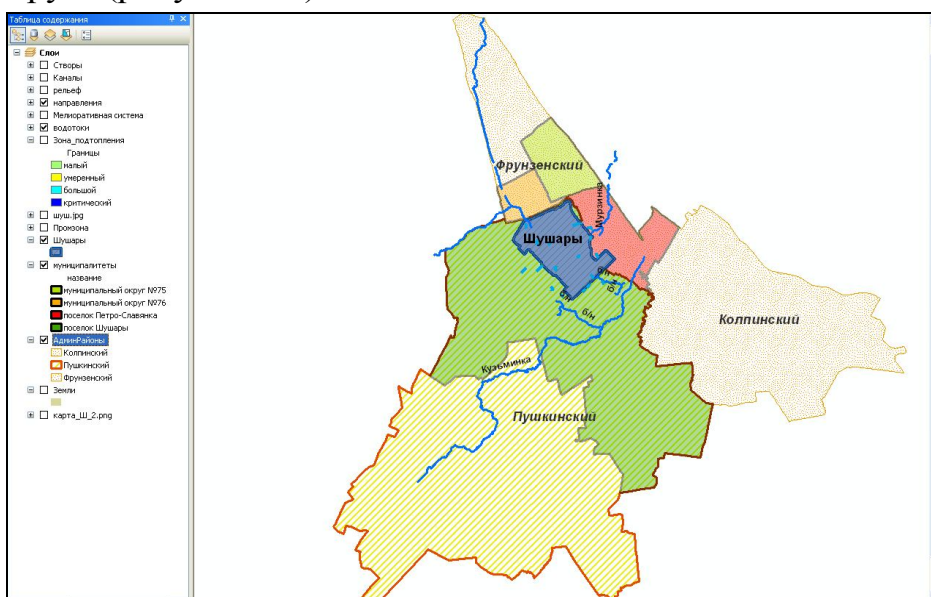


Рисунок 4.6.

В проекте рассматриваются состояния ИС СЗТП Шушары, проводится ранжирование их по степени опасности подтопления с целью выявления наиболее уязвимых мест и выработки решений по эффективному вложению средств для поддержания нормального режима функционирования ИС СЗТП.

Исследуемая ТС представлена как совокупность подсистем по принадлежности. Для каждой территориальной подсистемы в соответствии с ее целевой функцией (промзона, жилая зона, сельхоззона) определяются физические и гидрофизические характеристики инженерных сооружений. В проекте проводится районирование на основе оценки уровня урбанизации территорий. Оценка состояния инженерных сооружений связана с получением достоверной информации на основании контрольных измерений и экспертных оценок состояния створов каналов, полученных в результате ревизионного обследования основных ИС СЗТП.

На рис. 4.7 показаны системы водосборов и мелиоративная СЗТП развивающейся территории промзоны Шушары.

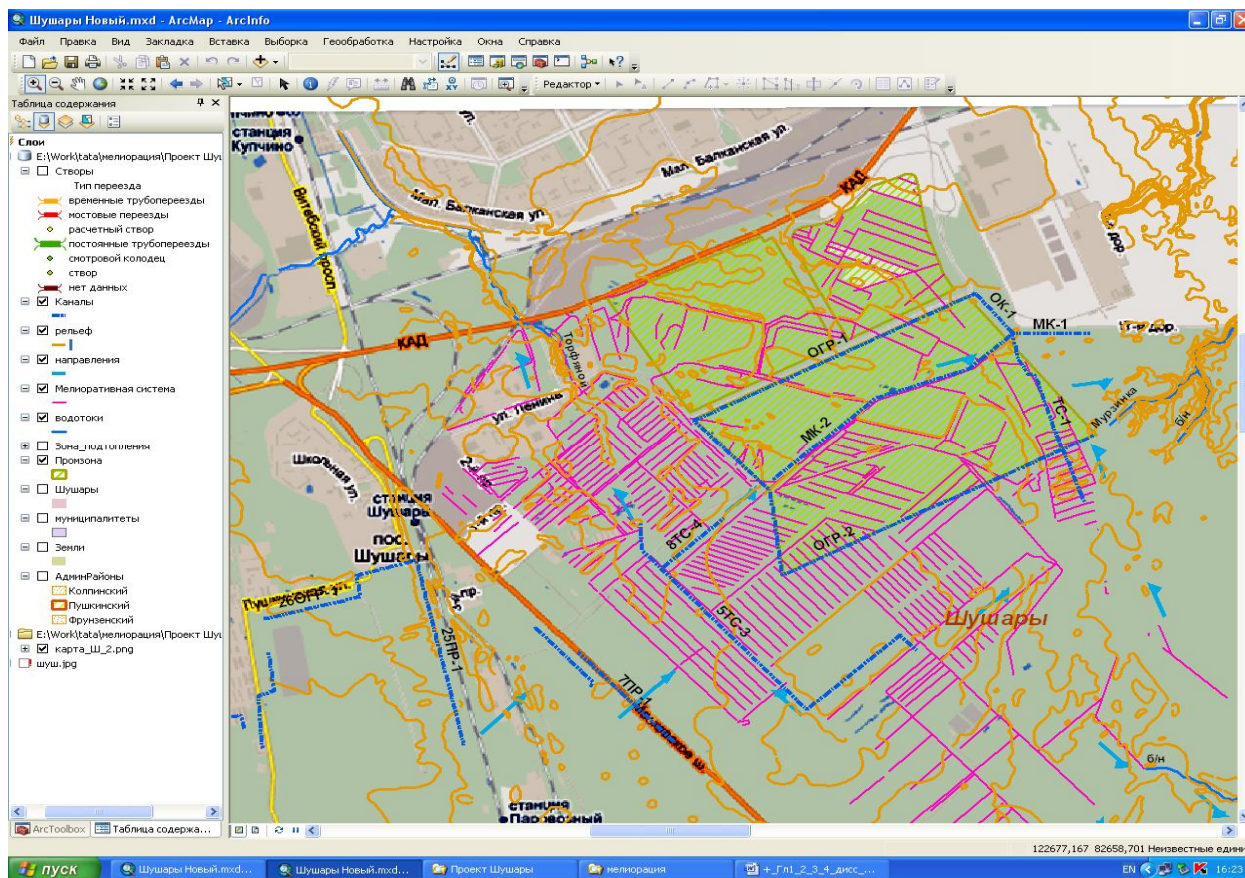


Рисунок 4.7. Система водосбора и мелиоративная СЗТП развивающейся территории промзоны Шушары.

Из рисунка видно, что мелиоративная система водосборов территории промзоны Шушары имеет достаточно плотную развитую структуру, учитывающую естественный водосбор. Основными отводящими инженерными сооружениями анализируемой территории являются ограждающие каналы ОГР-1 и ОГР-2, которые принимают на себя основную нагрузку и обеспечивают отвод воды в Северо-восточном направлении: ОГР-1 впадает в магистральный канал МК-1, который впадает в реку Мурзинка, ОГР-2 впадает в ручей Безумянный, который в свою очередь также впадает в реку Мурзинка.

Для оценки состояния перечисленных сооружений использованы результаты комиссионного обследования системы каналов в 2010 году

(Приложение А). Структура каналов мелиоративной сети - ИС СЗТП показана на рис.4.8.

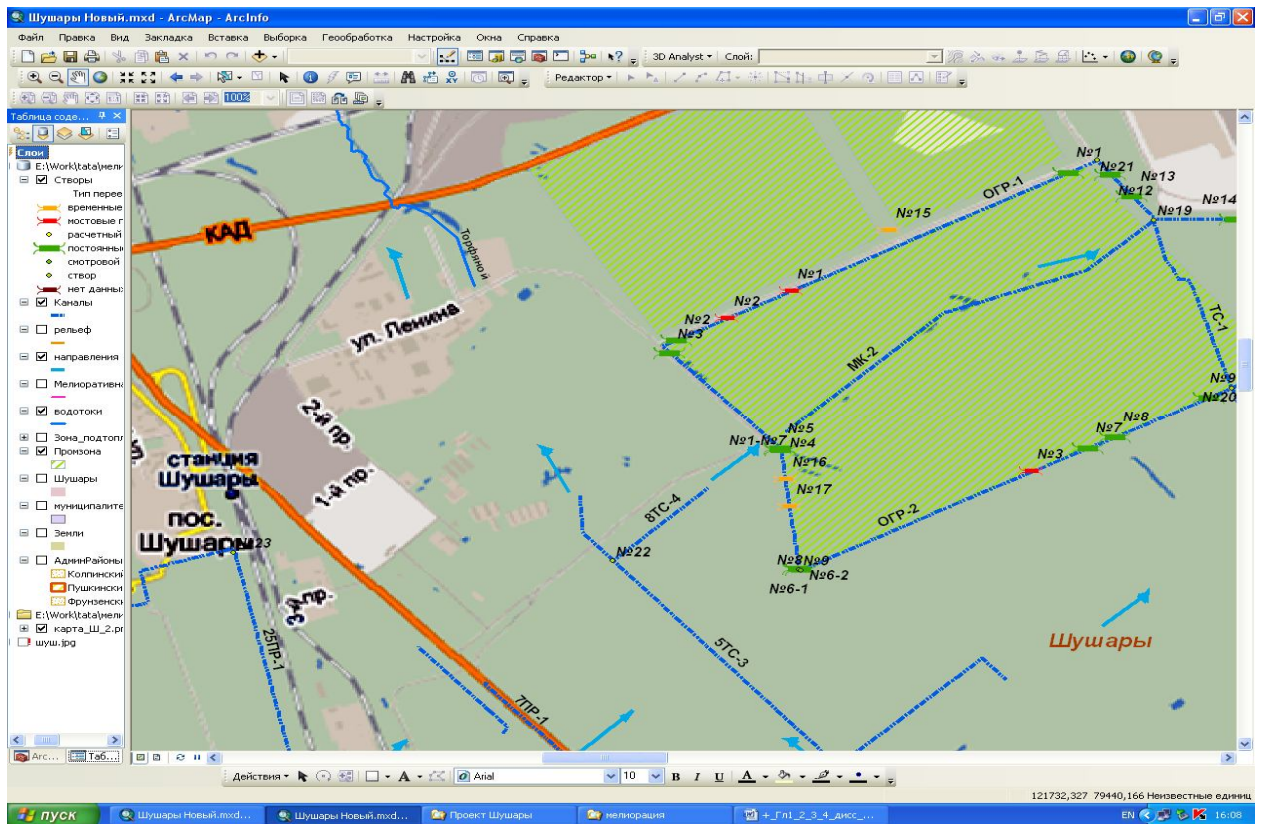


Рисунок 4.8. Карта-схема ИС СЗТП территорий промзоны Шушары с контрольными створами

На рис. 4.9 представлена таблица атрибутов слоя мелиоративной сети поселка Шушары. Для оценки состояния каналов по створам используется данная информация. Она используется как базовая для проведения анализа.

ОБЪЕКТ	SHA	Тип переезда	Номер трубоперее	Номер канала,на ко	Диаметр	Уклон	Козф-т	Пропускная с	Пропускная сп	Гиперссылк
8	Точк	постоянные трубопереезды	№10	ОГР-2	1,8	0,0007	0,013	1,88	1,44	Трубопер.10.j
9	Точк	постоянные трубопереезды	№3	ОГР-1	1	0,0003	0,013	0,44	0,38	Трубопер.3.jp
10	Точк	постоянные трубопереезды	№2	ОГР-1	1	0,0002	0,013	0,58	0,5	Трубопер.2.jp
11	Точк	постоянные трубопереезды	№1	ОГР-1	1	0,0002	0,013	1,46	1,25	Трубопер.1.jp
14	Точк	временные трубопереезды	№16	ОГР-2	1	0,0005	0,013	0,15	0,13	<Null>
15	Точк	временные трубопереезды	№17	ОГР-2	1	0,0005	0,013	0,15	0,13	<Null>
16	Точк	временные трубопереезды	№15	ОГР-1	1	0,0002	0,013	1,46	1,25	Трубопр.15.jp

Рисунок 4.9 Таблица атрибутов слоя створы.

На основании анализа составлены таблицы характеристик перечисленных ИС СЗТП Шушары (см. Приложение А табл. А1, ..., табл.А5). Определены

оценки состояния каналов в контролируемых створах (см. Приложение А табл. А6, ..., табл.А10)., критические створы (см. табл. 4.3, ..., табл. 4.21).

Проведен анализ и определение зоны возможного подтопления для критических створов мелиоративной системы.

Из анализа таблиц, приведенных выше (таблицы А.6, ..., А.11) видно, что наибольшие повреждения имеют каналы: ОГР-1 створ №1 (ПТ №1); ОГР-1 створ №6 (ПТ №2); ОГР-2 створ №0 (ПТ №0); ОГР-2 створ №1 (РС №9); ОГР-2 створ №9 (ПТ №6-2); МК-1 створ №0 (ПТ №14); 5ТС-3 створ №0 (РС №22).

Для этих створов на основе ГИС определены зоны возможного подтопления (см. Приложение Б рис. Б.1, ..., рис. Б.6).

Определена степень возможного нанесенного ущерба от подтопления для критических створов СЗТП в соответствии с методикой п. 3.3.3.

Результаты расчета приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

П	Тип подтопления	Канал	Номер трубопереезда	Коэф уязвимости	Стеень опасности подтопления	Коэф подтопления
3	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №1	6	2,588	0,5
1	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №2	1	0,413	0,5
4	Площадка размещения фирмы	МК-1	ПТ №14	1	0,474	0,5
4	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	РС №9	6	1,865	0,5
5	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	ПТ №6-2	1	0,43	0,5
7	Сельскохозяйственная зона	5ТС-3	Створ №22	1	0,335	0,5
3	Сельскохозяйственная зона	5ТС-3	Створ №22	1	0,165	0,5
9	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	ПТ №6-2	6	0,42	0,5
2	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №2	6	0,525	0,5
5	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №1	1	0,069	0,5
2	Площадка размещения фирмы	МК-1	ПТ №14	6	0,158	0,5
2	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	РС №9	1	0,189	0,5

По результатам расчета створы по степени опасности подтопления ранжируются следующим образом (см. табл. 4.4):

Таблица 4.4.

П	Тип подтопления	Канал	Номер трубопереезда	Козф уязвимости	Стеень опасности подтопления	Козф подтопления
3	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №1	6	2,588	0,5
4	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	РС №9	6	1,865	0,5
2	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №2	6	0,525	0,5
4	Площадка размещения фирмы	МК-1	ПТ №14	1	0,474	0,5
5	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	ПТ №6-2	1	0,43	0,5
9	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	ПТ №6-2	6	0,42	0,5
1	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №2	1	0,413	0,5
7	Сельскохозяйственная зона	СТС-3	Створ №22	1	0,335	0,5
2	Площадка размещения фирмы	ОГР-2	РС №9	1	0,189	0,5
3	Сельскохозяйственная зона	СТС-3	Створ №22	1	0,165	0,5
2	Площадка размещения фирмы	МК-1	ПТ №14	6	0,158	0,5
5	Площадка размещения фирмы	ОГР-1	ПТ №1	1	0,069	0,5

Таким образом, полученные результаты являются основой для принятия решений по проведению ремонтных и восстановительных работ соответствующих сооружений СЗТП развивающейся территории промзоны Шушары.

Выводы по главе.

Рассмотрена информационная организация ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СИЗТП.

Разработана структура информационно-алгоритмического обеспечения ГИС мониторинга и оценки состояния территорий и ИС СЗТП, поддержки принятия управленческих решений.

Приведен пример реализации районирования территорий территории аэропорта Пулково на ГИС основе. Получена оценка взаимного влияния водных систем прилегающих территорий.

Рассматриваются результаты реализации ГИС-проекта оценки состояния ИС СЗТП на примере развивающихся территорий промзоны Шушары.

Заключение

Основными результатами работы являются:

1. На основе проведенного анализа показано, что структуру и описание СЗТП удобно представлять в виде дерева или сети, имеющих однозначное представление ГИС-технологии, обеспечивающее автоматизацию проведения анализа их характеристик.

2. Предложена модель представления результатов инвентаризации для получения оценок состояния ИС СЗТП, включающая результаты контроля и значение неопределенности, координаты точки контроля в пространстве и времени, расчетную и контрольно-методическую информацию, атрибутивную геоинформацию и обеспечивающая получение достоверных результатов анализа в автоматическом режиме.

3. Разработаны алгоритмы формирования простых и сложных нормированных оценок по результатам измерений и экспертных оценок, методика формирования комплексной оценки на основе ГИС.

4. Разработана методика проведения районирования по естественным, расчетным и оцененным характеристикам на ГИС основе, позволяющая автоматизировать определение состояния территорий и степени опасности от подтопления.

5. Разработана методика ранжирования ИС СЗТП по степени опасности, возможному нанесенному ущербу от затопления территорий.

6. Разработана методика поддержки принятия управленческих решений, наиболее эффективного вложения средств на ремонт и реконструкцию инженерных сооружений.

7. Разработаны методики формирования геоинформационных проектов оценки состояния ИС СЗТП, анализа и ранжирования по степени опасности, представления результатов с целью поддержки принятия управленческих решений.

Разработанная методика реализована в виде ГИС-проектов на примере территориальных систем аэропорта Пулково и промзоны Шушары, которые внедрены.

Список использованных источников

1. Шишкин И.А. Оценка состояния подтопляемых территорий на ГИС основе / Сборник материалов Биос-форума. – СПб. 2012, с. 301 – 305.
2. Шишкин И.А. Представление системы инженерной защиты территории от подтопления в ГИС с целью автоматизации оценки их состояния / МНТК «Научно-инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, 2011, 2011, с. 47-52.
3. Алексеев В.В., Шишкин И.А. ИИС мониторинга состояния системы инженерной защиты территории от подтопления на базе ГИС. Часть 1. Описание объектов.//Приборы.-2012.-№5.- С. 19-28.
4. Алексеев В.В., Шишкин И.А. ИИС мониторинга состояния системы инженерной защиты территории от подтопления на базе ГИС. Часть 2. Получение оценок, поддержка принятия управляющих решений.//Приборы.-2012.-№6.- С. 28-37.
5. Алексеев В.В., Шишкин И.А. Геоинформационная система оценки состояния технических сооружений защиты территории от подтопления/ науч. журнал «Вестник ТОГУ».- Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та.- 2012.-№4(27).-С. 69-78.
6. Алексеев В.В., Шишкин И.А. Районирование территорий на базе ГИС с целью оценки степени риска от подтопления / МНТК «Научно-инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, 2011, с. 39-47.
7. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А. Оценка состояния системы инженерной защиты территории от подтопления на базе ГИС технологии / МНТК «Научно-инновационные технологии в решении проблем

прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, 2011, с. 34-39.

8. Геоинформационное районирование территорий с целью выявления взаимного влияния их водного баланса и оценки опасности подтопления / Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А., Гусева Е.С., Жигновская А.С.; С.-Петербургск. гос. электротехн. ун-т. – СПб., – 2012. – 33 с.: 11 ил. – Библиогр. 11 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ. 27.04.2012 № 188-B2012.

9. ГИС мониторинга состояния инженерных сооружений защиты территории от подтопления / Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А., Гусева Е.С., Жигновская А.С.; С.-Петербургск. гос. электротехн. ун-т. – СПб., – 2012. – 27 с.: 10 ил. – Библиогр. 16 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ. 27.04.2012 № 193-B2012.

10. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Гусева Е.С., Жигновская А.С., Шишкин И.А. Оценка возможного нанесенного ущерба от подтопления территории на базе ГИС/ Сборник материалов Биос фрума. – СПб. 2012, с. 297 – 301.

11. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А. ГИС «Мелиорация развивающихся территорий». ГИС проект «Оценка состояния инженерных сооружений (ИС) системы защиты территорий от подтопления (СЗТП)». / МНТК «Научные и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, ООО «ПИФ.com», 2012. с. 52 – 57.

12. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А. ГИС «Мелиорация развивающихся территорий». Методика формирования ГИС проекта «Оценка риска и возможного нанесенного ущерба от подтопления территории»/МНТК «Научные и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, 29 ноября 2012 – СПб.: ООО «ПИФ.com», 2012. с. 57–62.

13. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Шишкин И.А., Жигновская А.С., Гусева

Е.С. ГИС «Мелиорация развивающихся территорий». Реализация ГИС проекта «Оценка риска и возможного нанесенного ущерба от подтопления территории» / МНТК «Научно-инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», – СПб, ООО «ПИФ.com», 2012. с. 63 – 70.

14. Кондрашкова Г.А., Шишкин И.А. Способ регулирования с учетом критериев экологического риска. Сб. «Организация природоохранной деятельности, повышение эффективности природопользования и экологической безопасности» СПб, 2003. с. 245-250.

15. Алексеев В.В., Шишкин И.А. Контроль и управление параметрами водовыпусков для обеспечения экологических стандартов. Сб. «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий» СПб, 2003. с. 14-18.

16. Кондрашкова Г.А., Шишкин И.А. Модель управления водообеспечением в природно-технической системе района. Сб. Материалы Международной межотраслевой конференции «Организация системы управления природными ресурсами и повышением эффективности экологической безопасности», СПб, 2004, с. 300-304.

17. Шишкин И.А., Кондрашкова Г.А. Управление параметрами водовыпусков для минимизации нагрузки. Сб. Материалы межвузовской НТК, изд. СПбГПУ, 2004, с. 69-70.

18. «Basin standardization of technogenic load by methods of imitative modeling» [Text]/ A.V. Epifanov, I.A. Shishkin, E.V. Vasukova, A.I. Shishkin // Italian Russian institute of education and ecological researches/ 3 rd Simposium «Quality and Management of Water Resources». – Saint Petersburg. 2005. с. 99-107.

19. Применение ГИС технологий для разработки нормативов ПДВВ бассейна реки Невы [Текст]/ А.В. Епифанов, А.И. Шишкин, И.А. Шишкин //

Сборник трудов международной научно-практической конференции: Ресурсо- и энергосбережение в целлюлозно-бумажной промышленности и городском коммунальном хозяйстве/ СПб ГТУРП. – СПб., 2005. с. 173-176.

20. Шишкин И.А., Кондрашкова Г.А. «Управление и оптимизация нагрузки на водный объект для обеспечения экологических норм». XXXIII неделя науки СПбГПУ, 2005.

21. «Методика бассейнового нормирования параметров сточных вод химических и целлюлозно-бумажных предприятий» [Текст] / А.В. Елифанов, А.И. Шишкин, И.А. Шишкин, Е.В. Васюкова // Электронный журнал «Исследовано в России». – <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/081.pdf> 081, 2006, с. 790-799.

22. Шишкин И.А., Ковчин И.С.. «Управление распределением нагрузки между водопользователями водохозяйственным комплексом бассейна». Труды научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий». СПб, 2006, с. 82 – 87.

23. Шишкин И.А., Кондрашкова Г.А., Луканин П.В.. «Управление и контроль параметров водохозяйственного комплекса с применением ГИС технологий». Сборник докладов и сообщений научно-практической конференции «Молодые ученые университета – ЛПК России». СПб, 2006, с. 117-120.

24. Елифанов А.В., Кочубей Л.С., Шишкин И.А.. «Нормирование нагрузки на реку Вуокса с использованием интегрального показателя». Материалы XV межотраслевой международной конференции «Перспективы развития природоохранной деятельности, совершенствование экологической безопасности и природопользования». СПб, 2007, с. 121 – 122.

25. Шишкин И.А., Ковчин И.С., «Использование гидротехнических сооружений для управления качеством воды». Труды научно-практической

конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий». СПб, 2007, с. 95 – 98.

26. Антонов И.В., Шишкин И.А., «Прогнозирование экологического состояния Сестрорецкого разлива с применением бассейновой ГИС». Материалы научно-практической конференции «Научоёмкие и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», СПб, 2008, с. 65 – 68.

27. Антонов И.В., Шишкин И.А., Елифанов А.В., «Использование удельных показателей для оценки техногенной нагрузки с использованием геоинформационных систем». Материалы XVI межотраслевой международной конференции «Допустимое воздействие на окружающую среду и совершенствование системы экологической безопасности». СПб, 2008, с. 105 – 108.

28. Колосов В.А., Шишкин И.А., Белякова С.Н., Глянцева О.В., «Обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, расположенных на территории Санкт-Петербурга». Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году /Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб, 2008, с. 421-428.

29. Колосов В.А., Шишкин И.А., Белякова С.Н., Глянцева О.В., «Обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, расположенных на территории Санкт-Петербурга». Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году / Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб, 2009, с. 434-442.

30. Колосов В.А., Шувалова А.В., Шишкин И.А., Белякова С.Н., «Обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений,

расположенных на территории Санкт-Петербурга». Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году / Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб, 2010, с. 402- 405.

31. Колосов В.А., Шувалова А.В., Шишкин И.А., Белякова С.Н., «Гидротехническое обустройство устьевого участка р. Малая Сестра». Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году / Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб, 2010, с. 411-416.

32. Шишкин И.А., Антонов И.В., Елифанов А.В., «Квотирование нагрузки в рамках природно-технического комплекса в среде ГИС». IV Международный конгресс «Цели развития тысячелетия» и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов», СПб, 2011, с. 53 – 58.

33. Шишкин И.А., Антонов И.В., Елифанов А.В. «Методика инвентаризации мелиоративных каналов совхозов Санкт – Петербурга на базе геоинформационных систем». Сборник материалов XIV Международного Экологического форума «День Балтийского моря» - СПб, 2013, с. 66 – 67.

34. Алексеев В.В., Шишкин И.А. ГИС «Мелиорация». Цели и принципы организации. Материалы VI Международного конгресса «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития Арктических регионов». – СПб, 2013, с. 79 – 84.

35. Алексеев В.В, Орлова Н.А., Шишкин И.А. ГИС «Мелиорация». Получение оценок состояния объекта на основе контрольных измерений. Материалы VI Международного конгресса «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития Арктических регионов», СПб, 2013, с. 69 – 74.

36. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Гусева Е.С., Жигновская А.С., Шишкин И.А. «Оценка возможного нанесенного ущерба от подтопления территории на базе ГИС». Сборник материалов Международного и Межрегионального Биос – форума и XVII молодежной Биос – олимпиады. СПб, 2012, с. 257 – 301.

37. Антонов И.В., Шишкин И.А., Епифанов А.В. «Применение ГИС технологий для предотвращения подтопления территорий». Сборник материалов XIII Международного экологического форума «День Балтийского моря» - СПб, 2012, с. 29 – 31.

38. Арефьев Н.В. Основы формирования природных-аграрных систем. Теория и практика/ Н.В. Арефьев, В.П. Бреусов, Г.К. Осипов – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 432 с.

39. Арефьев Н.В. Геоэкологические подходы к разработке информационно-аналитических систем для гидромелиоративного строительства и природообустройства/ Н.В. Арефьев, В.Л. Баденко, Н.К. Латышев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. - №4. – с. 205 – 211.

40. Дмитриев В.В. Диагностика и моделирование водных экосистем – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1995. – 216 с.

41. Дмитриев В.В. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. Учебное пособие / В.В. Дмитриев, Г.Т. Фрумин. – СПб: Наука, 2004. – 294 с.

42. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов/Госстрой России. - М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000

43. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты – Л.: Гидрометеиздат, 1970.-459 с.

44. СП 11-103-97 Свод правил инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. <http://norm-load.ru/SNiP/Data1/47/47082/index.htm>

45. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05. СПб: ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2005.-108 с.

46. Рекомендации по прогнозам подтопления промышленных площадок грунтовыми водами / ВНИИ ВОДГЕО. М.: Изд-во ВНИИ ВОДГЕО, 1976.-324 с. 70.

47. Романенко О.Н., Количественных характеристики подтопления урбанизированных территорий / Ползуновский вестник №1/2011 Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011.-316с. 249-253

48. Оценка риска негативных воздействий при подтоплении урбанизированных территорий / В. В. Кузьмин, Е. А. Тимофеева, Д. В. Чуносков // Водоснабжение и санитарная техника. - 2008. - № 6. - С. 44-49

49. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий. М.: ФГУП НИИ ВОДГЕО, 2001. 60 с.

50. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. М., ГУГ ОЧС г. Москвы, 2002.

51. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

52. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

53. Основные гидрологические характеристики, т. 2, Гидрометеиздат, Л., 1966, 1974, 1978.

54. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик – Л.: Гидрометеиздат, 1984.-448 с.

55. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.

56. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999 год

57. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. Муравьев А.Г. , Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 216 с.

58. Правила технической эксплуатации сооружений инженерной защиты населенных пунктов. <http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=2959>

59. Ильина А.А. Принципы сбора и отвода воды с разделительных полос на современных автомагистралях // Автомоб. дороги: Информ. сб. / Информавтодор. - 2001. - Вып. 6.

60. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги / Госстрой России: Введ. 01.01.87. - М.: ГУП ЦПП, 2001

61. ООО «Альянс» // Дренаж, дренажная система. – http://gk-als.ru/drenazh_drenazhnaya_sistema

62. СВИТ // Инженерные сети // Системы водоотведения. – <http://www.svitspb.ru/vodootvedenie.php>

63. Региональная экономика // Понятие «регион», принципы и методы районирования. – <http://kbmnk.ru/index.php/2011-01-16-10-36-44/2--lr->

64. Строительство и эксплуатация Венгерских автомагистралей. - Будапешт: Гл. инж. бюро Будапешт, дор. упр. М-ва путей сообщения и связи, 1977.

65. [СНиП II-7-81*](#). Строительство в сейсмических районах. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1981

66. СНиП 2.05.02-85. Дорожно-климатические зоны. – <http://www.cih.ru/s2/121.html>

67. Пособие к СНиП 2.06.15-85 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. Справочное пособие.

68. Перевозников Б.Ф. Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений. М., «Транспорт», 1975.

69. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. Госстрой СССР. М., ЦИТП, 2004.

70. СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затоплений и подтоплений».

71. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

72. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства.

73. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве.

74. СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы. М. Госстрой. 1992.

75. Чугаев Р.Р. Гидравлика. М., Госэнергоиздат, 1965.-671 с.

76. Пособие к «Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений РД 153-34.2-21.342-00». - 2006, <http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=48852>

77. Инвентаризация мелиоративной сети Санкт-Петербурга. / Отчет ООО Аэроэкология., С.-Пб., 2010.

78. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 167 с.

79. Методические рекомендации по оценке уровней безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий / ФГУП НИИ ВОДГЕО, – М. 2010.

80. Ресурсы поверхностных вод СССР. Карелия и Север-Запад.-Т.2, ч. 1.- Л.: Гидрометеиздат, 1972.

81. РД 03-443-02 Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях.
http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/45/45733/index.php

82. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Перевод документа EURACHEM. - С.-Пб., Крисмас+, 1997. 129 с.

83. Ушаков И.Е., Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов. 4-е изд. 2010.-192 с.

84. Ушаков И.Е., Шишкин И.Ф. Прикладная метрология: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб.: СЗТУ, 2002. - 116 с.

85. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. Учеб.пособие:-Харьков, Консум, 2002 -256 с.

86. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях / Пер. с англ. под ред. Л.А. Конопелько. - СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002.-149 с.

87. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов. ФГУП НИИ ВОДГЕО ДАР/ВОДГЕО.
<http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/ispolzovanie-i-ohrana-vod/5/metodicheskie-rekomendacii-po-ocenke-riska-avarij-gidrotehniceskikh-sooruzhenij-vodohranil.html>

88. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. М., 2002.

89. Орлов А.А. Теория принятия решений. – М.: Экзамен, 2006. – 573 с.

90. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980 263 с.

91. Архангельский Н.Е., Валуев С.А., Половников В.А., Черногорский А.М. Экспертные оценки и методология их использования. – М: Высшая школа, 1974г.

92. Питер Джексон Введение в экспертные системы/Introduction to Expert Systems. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2001. — 624 с.
93. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. – М.: Изд. «Дело», 2004.
94. Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения/ 6-у изд. – М.: Изд. «Дело», 2006.
95. Павлов А.Н., Соколов В.В. Методы обработки экспертной информации/А.Н. Павлов, В.В. Соколов; ГУАП. СПб., 2005.-42 с.
96. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию базы геоданных. М.: Изд-во ООО «Дата+», 1999.
97. Бескид П.П., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Геоинформационные системы и технологии.- СПб: изд. РГГМУ, 2010.-173 с.
98. The Geodatabase: Modeling and Managing Spatial Data //ArcNews.-Winter 2008/2009
99. Серов А.В. Базы данных и геоинформационные системы. Атрибутивная информация /Пространственные данные. 2008.- №4
100. Библиотека диссертаций //Автоматическое районирование многомерных данных в векторных ГИС. Заварзин Андрей Владимирович. – <http://www.dslib.net/teor-informatika/zavarzin.html>
101. Серов А.В. Базы данных и геоинформационные системы. Сферы применения моделей данных в ГИС/ Пространственные данные. 2009 №1.
102. Далека В.Д., Деревянко А.С., Кравец О.Г., Тимановская Л.Е. Модели и структура данных. Учебное пособие.-Харьков:ХГПУ, 2000. - 241с.
103. Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Ч.1/Под ред. Берлянда.- М.: Изд-во ООО «ИНЭКС-92», 2002
104. Алексеев В.В., Орлова Н.В., Иващенко О.А. ИИС контроля состояния природных объектов на основе геоинформационных технологий.

Формирование нормированных шкал для простых, сложных и комплексных оценок// Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2010

105. Громова Н.М., Громова Н.И. Основы экономического прогнозирования. М.: Издательство "Академия Естествознания", 2006 год.

106. Алексеев В.В., Куракина Н.И. Принципы построения нормированного пространства для формирования комплексных оценок о состоянии сложных объектов/ С.-Петербургск. гос. электротехн. ун-т. - СПб., 2000. - 11 с. - Деп. в ВИНТИ 14.02.2000, № 370-В00.

107. Алексеев В.В., Орлова Н.В. ИИС контроля состояния природных объектов. Обеспечение единства измерений при получении оценок на основе контрольных измерений//Приборы.-2010.-№2.- С. 19-28.

108. Обеспечение единства измерений при получении оценок на основе контрольных измерений в ИИС мониторинга/ Алексеев В.В., Королев П.Г., Орлова Н.В.; СПбГЭТУ - СПб., 2010.- 21 с.: Деп. в ВИНТИ 24.02.2010 № 109-В2010.

109. Алексеев В.В. Куракина Н.И. Информационно-измерительные системы мониторинга. Вопросы комплексной оценки состояния окружающей природной среды на базе ГИС технологий. М.: ГИС-обзорение. № 19, 2000. С.67-69.

110. Нискина Н.П., Тейман А.И., Шмерлинг Д.С. Непараметрические методы статистики, основанные на рангах и их применения: Препринт. – М.: ВНИИ системн. иссл., 1986;

111. Алексеев В.В., Королев П.Г., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Информационно-измерительные и управляющие системы мониторинга состояния распределенных технических и природных объектов//Приборы.-2009.-№10.-С.28-42.

112. Алексеев В.В., Куракина Н.И. Измерительные системы и ГИС-технологии. СПб. ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2007.

113. Центр географических информационных систем и технологий Пермского университета <http://www.gis.psu.ru/about/>.
114. Кузеванов К. И., Дутова Е. М., Покровский Д. С. Использование геоинформационных технологий при исследовании процессов техногенного подтопления урбанизированных территорий (на примере г. Томска) // Известия ТПУ 2004 №7. <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geoinformatsionnyh-tehnologiy-pri-issledovanii-protseссов-tehnogenogo-podtopleniya-urbanizirovannyh-territoriy-na>;
115. Геоинформационная система гидрологического назначения Самарской области <http://www.stri.ru/rus/projects/pavodok.html>
Государственное унитарное предприятие Самарской области. Институт ТеррНИИГражданпроект;
116. <http://www.tgm.ru/napr.php?ind=nd&rz=mm&lv=2&menu=mm>
территориальный центр Томскгеомониторинг; А.В. Хоперсков, С.С. Храпов, А.В. Писарев Серверная геоинформационная система по моделированию динамики зон затопления на заданном рельефе местности;
117. «Затопление территории» модуль к ARCGIS Desktop http://www.introgis.ru/file/product/FloodArea_manual.pdf
118. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. - М.: Госстрой России, 2004. - 71 с.
119. Горелик Д. О., Конопелько Л. А., Панков Э. Д. Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы: Учебник в 2-х томах. — СПб.: «Крисмас+», 1998. — I том — 735 с., II том — 592 с.
120. Орлова Н.В. Алгоритмическое обеспечение геоинформационной системы оценки состояния природного объекта. / Дисс. на соиск. степени к.т.н., - СПб. СПбГЭТУ, 2010. – 122 с.
121. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: учебник. -М.: Форум - Инфра-М, 2003. - 255 с.

122. Алексеев В.В. Информационные измерительные системы. Комплексная оценка состояния объектов окружающей природной среды на основе ГИС-технологии/ Вестник образования и развития науки российской академии естественных наук. т.5, №3, - СПб, 2001. с. 230-240.
123. А.В. Матвеев, В.П. Котов Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза: Учеб. пособие/СПб ГУАП СПб, 2004. 104 с.

Результаты комиссионного обследования ИС СЗТП промзоны развивающейся территории промзоны Шушары

Характеристики каналов в контролируемых створах.

Таблица А.1. Характеристика канала ОГР-1

Наименование канала: ОГР-1 . Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)							
Номер створа, Ст-№	Обозн.	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Диаметр трубы, м проект/реальный	Пропускная способность, м ³ /с	
						1%	3%
0	РС №1	0	0,8(по дну)/7÷10 (по верху)	1,5÷2,0	1,2/1,0	1,46	1,25
1	ПТ № 1	45				1,46	1,25
2	ВТ(Н)№ 15	580			1,0	1,46	1,25
3	МП № 1	1400			-	0,58	0,5
4	РС №2	1400			0,58	0,50	
5	МП № 2	1660			-	0,58	0,5
6	ПТ № 2	1890			1,2/1,0	0,58	0,5
7	ПТ № 3	2225			1,2/1,0	0,44	0,38
8	РС № 3	2225				0,44	0,38
9	ПТ № 4	3160			1,0/1,0	0,31	0,27
10	РС №4	3160				0,31	0,27

ПТ – постоянный трубопереезд; ВТ – временный трубопереезд; МП – мостовой переезд; РС – расчетный створ; Н – несанкционированный.

Таблица А.2. Характеристика канала ОГР-2

Наименование канала: ОГР-2 . Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)							
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Диаметр трубы, м проект/реальный	Пропускная способность, м ³ /с	
						1%	3%
0	ПТ № 10	0	0,8(по дну)/7÷9 (по верху)	1,3–2,45	1,0/1,0	1,68	1,44
1	РС № 9	0			1,68	1,44	
2	ПТ № 9	315			1,0/1,0		
3	ПТ № 8	675			1,0/1,0	0,93	0,8
4	ПТ № 7	900			1,0/1,0	0,93	0,8
5	РС № 8	900				0,93	0,8
6	МП(Н) № 3	1125			-	0,93	0,8
7	ПТ № 6-1	1980			1,0/1,0	0,15	0,13
8	РС №7	1980				1,08	0,92
9	ПТ № 6-2	2250				1,08	0,92
10	ВТ(Н)№ 17	2520			1,0	0,15	0,13
11	РС №6	2520				0,15	0,13
12	ВТ(Н)№ 16	26500			1,0	0,15	0,13
13	ПТ № 5	2870			1,0/1,0	0,21	0,18
14	РС № 3	2870		0,21	0,18		

ПТ – постоянный трубопереезд; МП – мостовой переезд; ВТ – временный трубопереезд; РС – расчетный створ; Н – несанкционированный.

Таблица А.3. Характеристика канала ОК-1

Наименование канала: ОК-1 . Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)					
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Диаметр трубы, м проект/реальный
0	ПТ № 12	0	0,8 (по дну)/по верху - данные в проекте не представлены	1,6÷3,0	1,0
1	ПТ № 13	200			1,0

Данных о пропускной способности нет

Таблица А.4. Характеристика канала МК-1

Наименование канала: МК-1 . Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)					
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Диаметр трубы, м проект/реальный
0	ПТ № 14	600	Данных нет		

Таблица А.5. Характеристика канала р. Безымянный

Наименование канала: ручей Безымянный. Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)					
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Ширина проект/реальный, м	Глубина проект/реальный, м	Диаметр трубы, м проект/реальный
0	ПТ № 11	200	0,8(по дну)/ по верху - данные в проекте не представлены	1÷2,25	1,5
Данных о пропускной способности нет					

Оценки состояния каналов в контролируемых створах.

Таблица А.6. Оценка состояния канала ОГР-1 по створам

Наименование канала: ОГР-1 . Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)								
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	РС №1	0	90	10				
1	ПТ № 1	45	10	30	50	10		
2	ВТ(Н)№ 15	580	10	60	30			
3	МП № 1	1400	70	20	10			
4	РС №2	1400	70	20	10			
5	МП № 2	1660	80	10	10			
6	ПТ № 2	1890	20	30	50			
7	ПТ № 3	2225	70	30				
8	РС № 3	2225	70	30				
9	ПТ № 4	3160	60	30	10			
10	РС №4	3160	60	30	10			

Таблица А.7. Оценка состояния канала ОГР-2 по створам

Наименование канала: ОГР-2. Принадлежность: СПб. <i>(общие характеристики в другой таблице)</i>								
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	ПТ № 10	0	10	10	30	50		
1	РС № 9	0	10	10	30	50		
2	ПТ № 9	360	80	20				
3	ПТ № 8	600	90	10				
4	ПТ № 7	900	90	10				
5	РС № 8	900	90	10				
6	МП(Н) № 3	1120	90	10				
7	ПТ № 6-1	1960	90	10				
8	РС №7	2000	90	10				
9	ПТ № 6-2	2380	10	20	40	30		
10	ВТ(Н)№ 17	2660	90	10				
11	РС №6	2660	90	10				
12	ВТ(Н)№ 16	2800	90	10				
13	ПТ № 5	2870	60	30	10			
14	РС № 3	2870	60	30	10			

Таблица А.8. Оценка состояния канала ОК-1 по створам

Наименование канала: ОК1. Принадлежность: СПб. <i>(общие характеристики в другой таблице)</i>								
Номер створа, Ст-№ (s)	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	ПТ № 13	100	20	30	40	10		
1	ПТ № 12	280	20	30	40	10		

Таблица А.9. Оценка состояния канала МК-1 по створам

Наименование канала: МК1. Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)								
Номер створа, Ст-№ (s)	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	ПТ № 14	600	10	20	60	10		

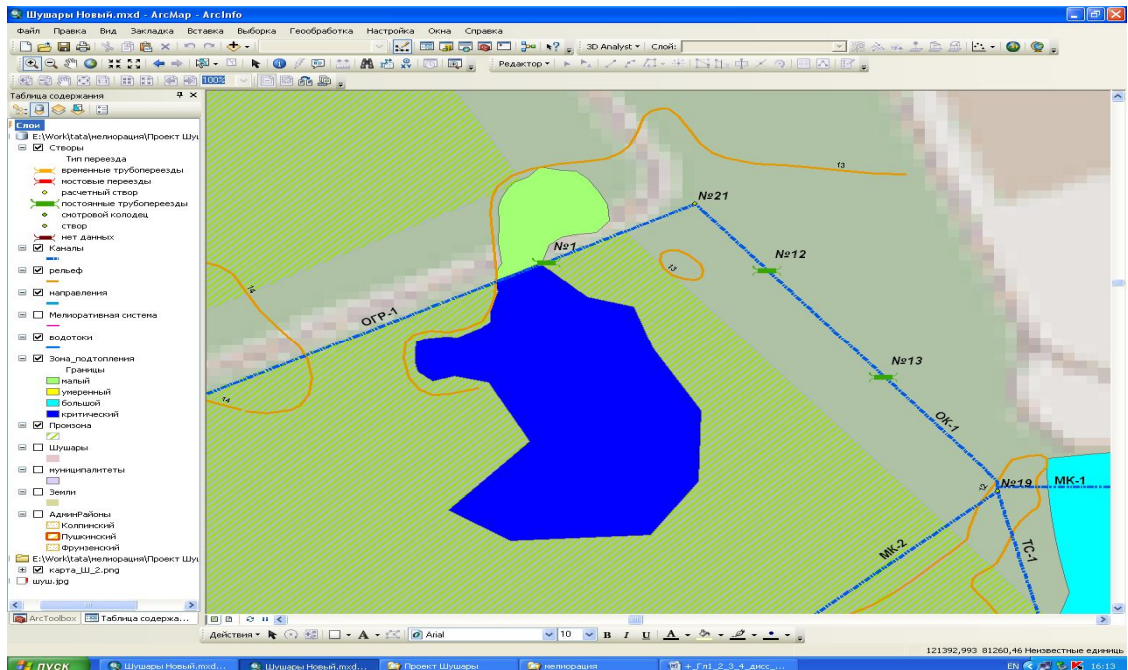
Таблица А.10. Оценка состояния р. Безымянный по створам

Наименование канала: р. Безымянный. Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)								
Номер створа, Ст-№ (s)	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	ПТ № 11	270	20	30	40	10		

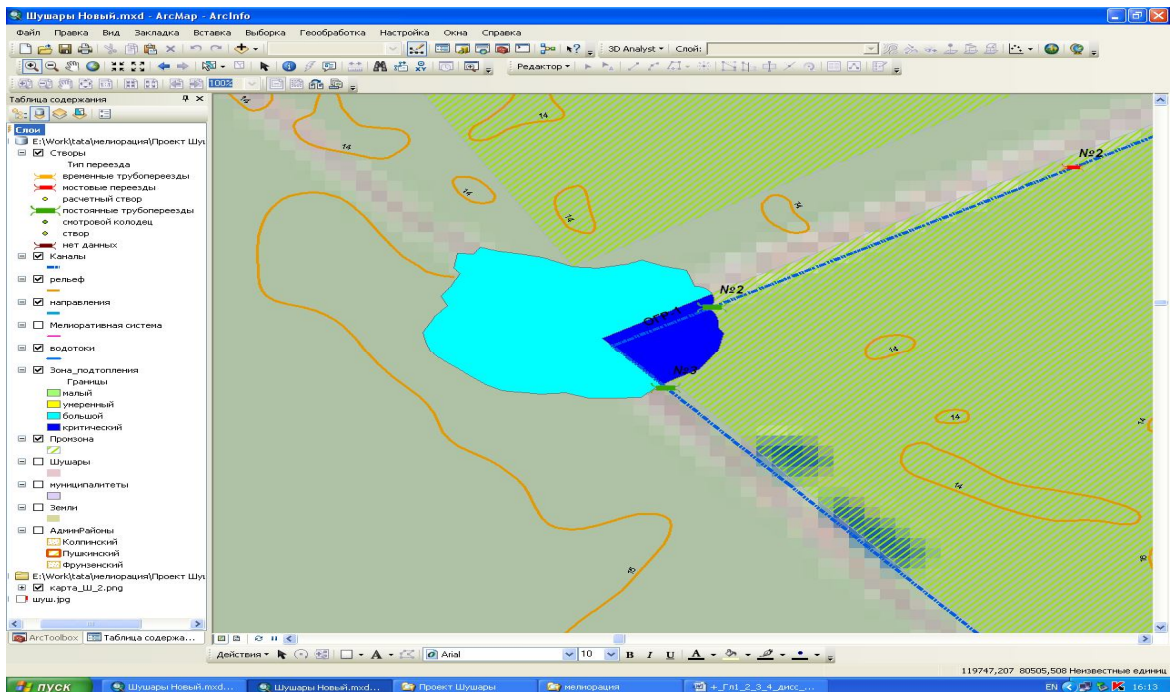
Таблица А.11. Оценка состояния канала 5ТС-3

Наименование канала: 5ТС-3 Принадлежность: СПб. (общие характеристики в другой таблице)								
Номер створа, Ст-№	Обозначение	Расстояние до устья, м	Значения оценки состояния канала в заданном створе (O_s^*), балл (из 100)					
			ПН	НП	СП	ЗП	БП	КР
0	РС № 22	0	0	10	30	60		

**Зоны возможного подтопления для критических створов ИС СЗТП
промзоны развивающейся территории промзоны Шушары.**



**Рисунок Б.1 Зона возможного подтопления для створа ОГР-1 створ №1
(ПТ №1)**



**Рисунок Б.2. Зона возможного подтопления для створа ОГР-1 створ №6
(ПТ №2).**

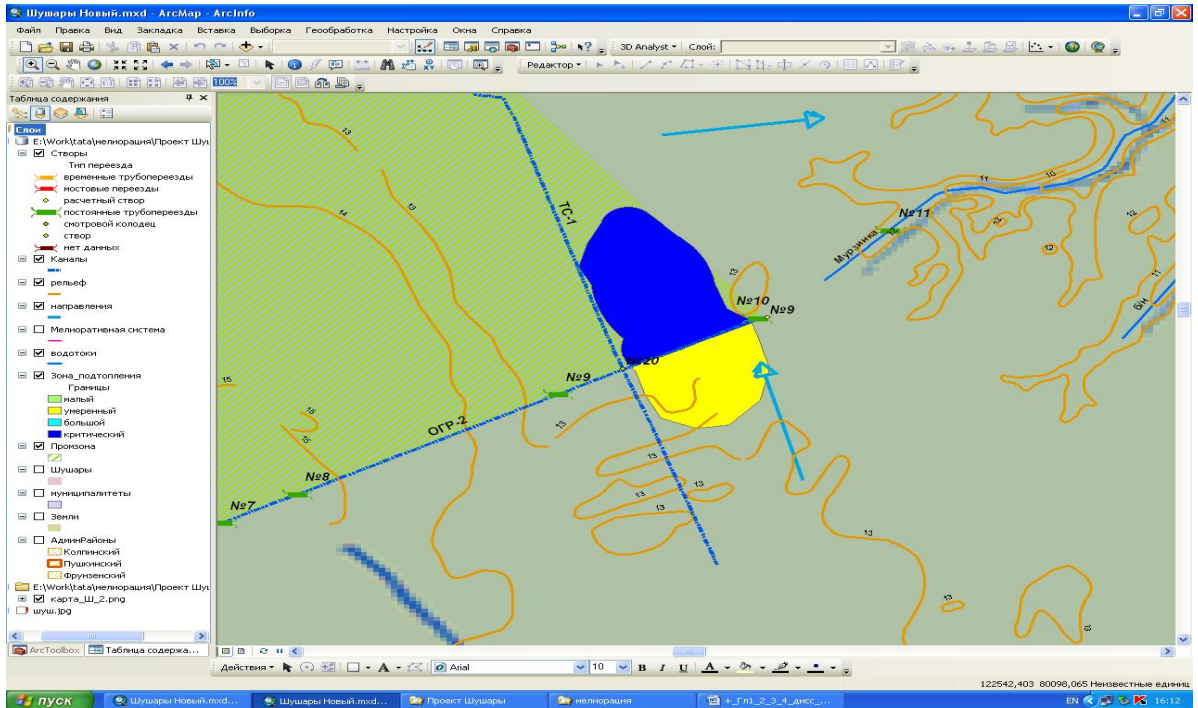


Рисунок Б.3. Зона возможного подтопления для створа ОГР-2 створ №0 (ПТ №0) и створ №1 (РС №9).

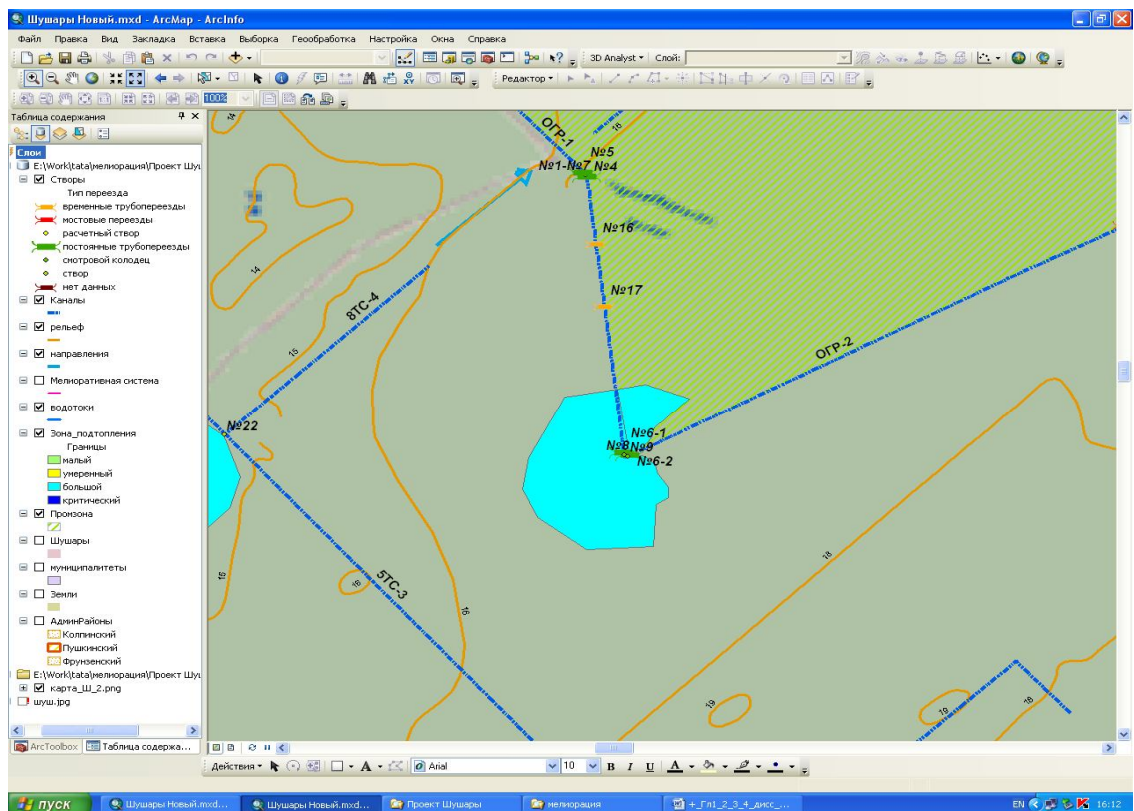


Рисунок Б.4. Зона возможного подтопления для створа ОГР-2 створ №9 (ПТ №6-2)

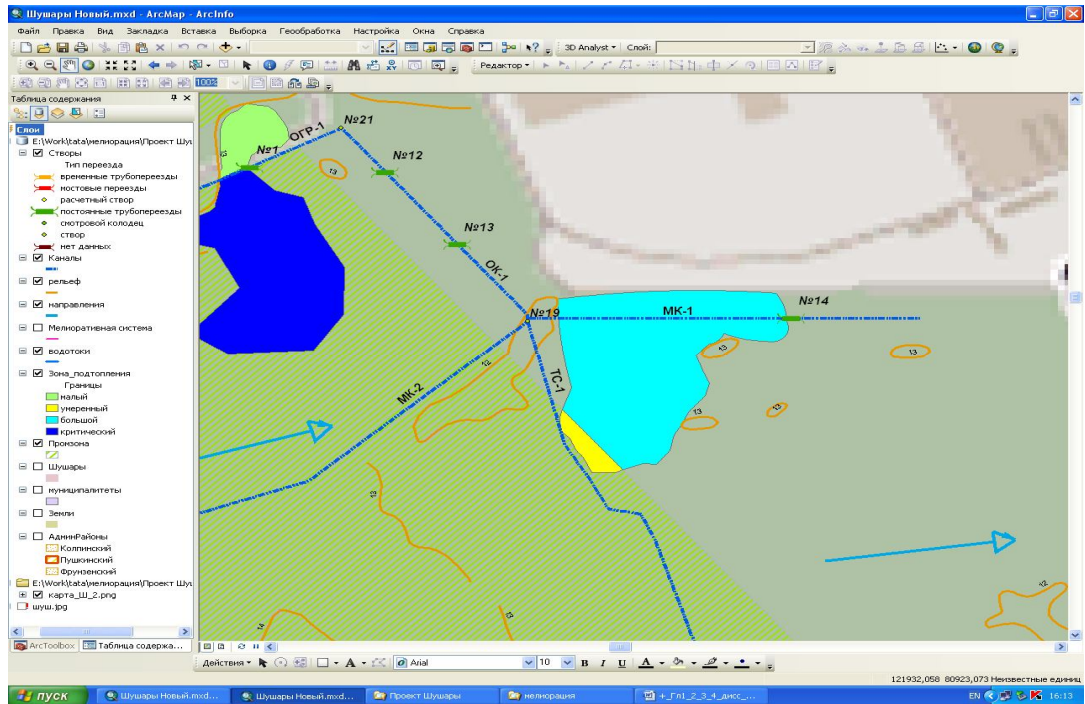


Рисунок Б.5. Зона возможного подтопления для створа МК-1 створ №0 (ПТ №14).

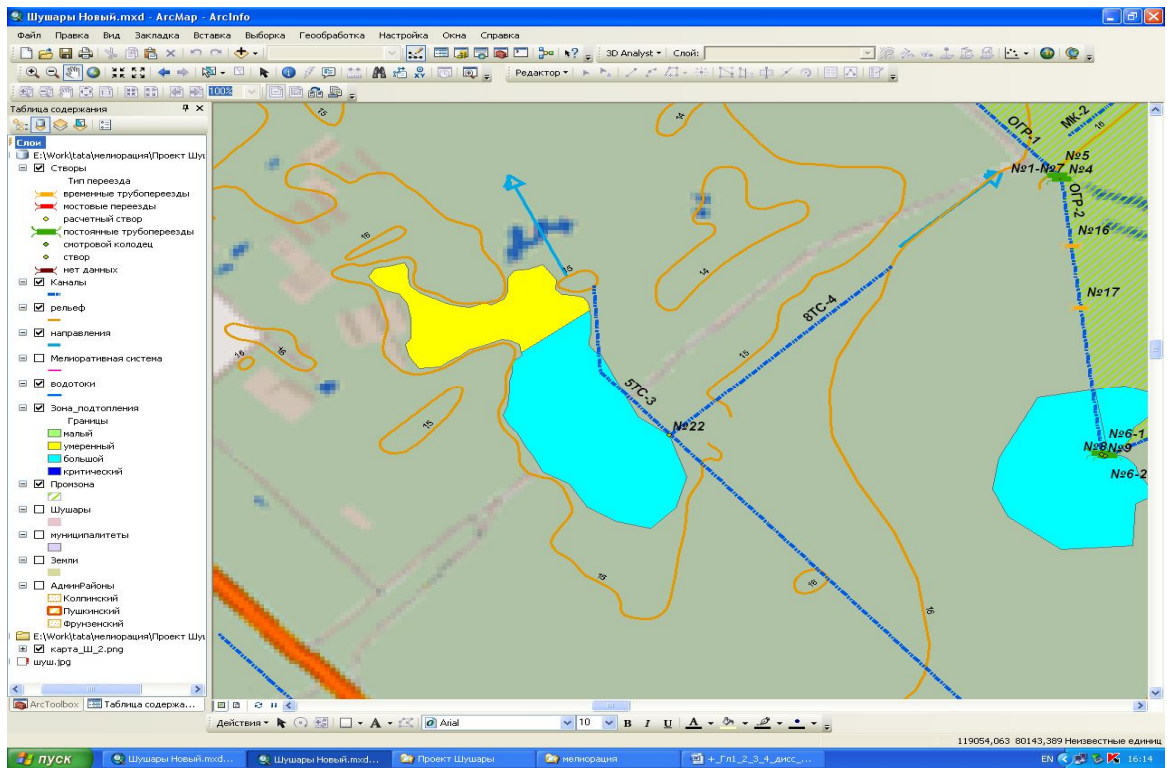


Рисунок Б.6. Зона возможного подтопления для створа 5ТС-3 створ №0 (РС №22).

Акты внедрения



Комитет по природопользованию, охране окружающей
среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга
**Санкт-Петербургское многопрофильное природоохранное
государственное унитарное предприятие «Экострой»
(СПб ГУП «Экострой»)**

Волхонское шоссе, д.116, корп.3, СПб, 198323. Тел./факс: (812) 325-32-62, 325-32-61, 320-91-23
р/с 40602810355240101011 в Северо-Западном банке ОАО «Сбербанк России», к/с 30101810500000000653, БИК 044030653
ИНН/КПП 7801014537/780701001, ОКПО 03913971, ОГРН 1027800512255

www.ecospb.com

e-mail: info@ecospb.com

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
СПб ГУП «Экострой»
С.А. Бочков
2013

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертации Шишкина И.А. «Геоинформационная система оценки состояния инженерных сооружений защиты территорий от подтопления и поддержки принятия управляющих решений» в научную и практическую деятельность СПб ГУП «Экострой»

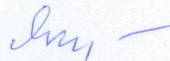
Актуальность работы обусловлена необходимостью получения простых и сложных оценок состояния территорий и инженерных сооружений на основе контрольных измерений и экспертных оценок на единой метрологической основе. Выработка и принятие решений по проведению работ по восстановлению или модернизации сооружений систем инженерной защиты территорий от подтопления.

Предложенная методика позволяет проводить анализ взаимодействия водных систем административных территорий, оценивать степени риска для территорий, подтапливаемых в результате нарушений функционирования инженерных сооружений защиты территории от подтопления, а также ранжировать ситуации по степени опасности с целью принятия управленческих решений.

Внедрение данной разработки применяется в СПб ГУП «Экострой» в процессе практической деятельности, проводимой в соответствии с определением объемов работ по восстановлению каналов, в относительных (относительно первоначальной стоимости анализируемого инженерного сооружения или его части) или абсолютных (стоимость работ) единицах. Относительная оценка используется на этапе предварительного анализа состояния инженерных сооружений защиты территории от подтопления, а абсолютная на этапе планирования ремонтных работ и оценке эффективности принимаемых решений.

На основании предложенной методики геоинформационное районирование позволяет определить степень воздействия системы водосбора каждой территории на её природную систему и хозяйственную инфраструктуру, а также определить степень воздействия на прилегающие территории и их системы инженерной защиты от подтопления.

Заместитель директора



Н.М. Яковлева



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

КОМИТЕТ ПО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ,
ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ

«МЕЛИОРАТИВНАЯ СИСТЕМА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»

Кондратьевский пр., д.40, корп.13,
Санкт-Петербург, 195197
Тел./факс: (812) 248-17-03
e-mail: spb.gu.ms@mail.ru

ОКПО 67511000 ОГРН 1107847357584
ИНН/КПП 7804447803/780401001

Утверждаю:

Директор ГКУ
«Мелиоративная система
Санкт-Петербурга»



Шишков О.Н.
2013

АКТ

о внедрении методики «Ранжирования технических сооружений и территорий в соответствии с получаемой оценкой риска от подтопления, принятия управляющих решений», разработанной Шишкиным И.А. и Алексеевым В.В.

Настоящий акт подтверждает использование методики, разработанной Шишкиным И.А. и Алексеевым В.В., при анализе взаимодействия водных систем административных территорий с целью определения взаимного влияния территорий и нормализации систем водоотведения. Методика основана на анализе взаимного влияния административных районов, их опасности от подтопления территорий по степени риска и потенциальному ущербу, и определения политики взаимодействия административных структур на базе ГИС.

Все оценки носят вероятностный характер, так как являются результатами анализа контрольных измерений и экспертных оценок. Геоинформационное районирование позволяет определить степень воздействия системы водосбора каждой территории на её природную систему и хозяйственную инфраструктуру. Выбранные оценки степени риска от подтопления для каждой территории позволили оценить степень важности той или иной территории, а так же обосновать необходимость поддержания высокого (расчетного) уровня работоспособности инженерных сооружений защиты территорий от подтопления.

Начальник технического отдела

Казаров Р.А.



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
Комитет по природопользованию,
охране окружающей среды и обеспечению
экологической безопасности

Санкт-Петербургское
государственное унитарное предприятие
по очистке и благоустройству водоемов
«ЛЕНВОДХОЗ»

Ул. Ив. Черных, д.7, Санкт-Петербург, 198095
тел. (812) 786-70-11/факс: (812)325-39-65
e-mail: info@lenvodhoz.ru
http://www.lenvodhoz.ru
ОКПО 45499787, ОКОГУ 49003
ОГРН 1027802750414
ИНН/КПП 7805078860/780501001

Утверждаю:

Директор
ГУП «Ленводхоз»



Романов Б.Б.
2013

АКТ

внедрения «Методики районирования по естественным, административным и расчетным характеристикам на ГИС основе для оценки состояния территорий и степени опасности от подтопления», разработанной Алексеевым В.В. и Шишкиным И.А.

Актуальность предложенной методики обусловлена необходимостью комплексного учета естественных, административных и расчетных характеристик состояния инженерной защиты территории от подтопления на базе ГИС технологии. Естественные характеристики представляются как атрибутивные данные в ГИС, на основании которых можно сформировать результирующие оценки, характеризующие состояние территориальной системы. В соответствии с предлагаемой методикой проектные характеристики определяются исходя из целей использования анализируемой территориальной системы, перспектив ее развития, с учетом требований к водному режиму. Специалистами ГУП на основе обследования территории устанавливаются реальные характеристики по виду естественных и расчетных, что позволяет оценить состояние территории и как следствие состояние инженерной системы защиты территории от подтопления. Районирование проводится на основе оценки уровня урбанизации территории, а так же оценки риска и ущерба при подтоплении территории. Оценка риска от подтопления ГУП «Ленводхоз» кроме опасности подтопления требует определения оценки уязвимости территории, попавшей под подтопление.

Преимуществом предложенной методики является возможность специалиста ГУП в зависимости от детальности исходной информации, целей и задач производства работ проводить районирование по уязвимости территорий для различных стадий исследования и проектирования, для составления соответствующих карт.

Методика использована для определения территорий, которые требуют специального рассмотрения после оценки состояния инженерных сооружений на анализируемой территории и планирования проектных работ, связанных с развитием этой территории.

Представляя территориальную систему в виде подсистем, характеристики которых организованы в виде слоев ГИС, созданы соответствующие ГИС проекты. Такая оценка является важной на этапе принятия решений и разработке планов развития территорий.

Зам. директора
ГУП «Ленводхоз»
по производству



Шведов В.А.