

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

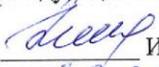
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ

Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В
ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

и.о.заведующей кафедрой к.г.н.,
доцент


И.Д. Ахмедова
28.06 2019 г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ
ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОДА ТЮМЕНИ

05.04.06 Экология и природопользование

Магистерская программа «Рациональное природопользование»

Выполнил (а) работу
Студент (ка) 2 курса
очной формы обучения



Ермоленко
Анастасия
Андреевна

Научный руководитель
Кандидат географических наук,
доцент кафедры социально-
экономической географии и
природопользования



Петров
Юрий
Владимирович

Рецензент
Начальник отдела водных ресурсов
Департамента недропользования и
экологии Тюменской области



Герасименко
Наталья
Леонидовна

г. Тюмень, 2019

АННОТАЦИЯ

В данном исследовании рассмотрены проблемы подтопления территории городского округа г. Тюмени. Авторами был проведен анализ экологических и экономических последствий от подтопления, в результате чего был сделан вывод, что причинами подтопления являются как антропогенные, так и естественные факторы. Авторы подчеркивают необходимость защиты городской территории от подтопления, в связи с чем, приводят рекомендации по предотвращению и предупреждению этого негативного явления.

ABSTRACT

This study emphasize on the problems of flooding in the territory of Tyumen District. The authors analyzed the environmental and economic consequences of flooding, as a result of which it was concluded that the causes of flooding are both anthropogenic and natural factors. The authors emphasize the need to protect the urban area from flooding, and therefore, provide recommendations for the prevention of this negative phenomenon.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОБЛЕМЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ	6
1.1. Понятие об экологических рисках	6
1.2. Понятие и причины подтопления	8
1.3. Экологические проблемы, возникающие при подтоплении территории	10
Глава 2. РОЛЬ АНТРОПОГЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ПОДТОПЛЕНИИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОДА ТЮМЕНИ	13
2.1. Климатические особенности г.Тюмени.....	13
2.2. Гидрологические, гидрогеологические и геологические особенности территории	16
2.3. Антропогенные факторы подтопления городской территории	20
Глава 3. ПОДТОПЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТЮМЕНИ	22
3.1. Динамика развития процесса во времени и в пространстве.....	22
3.2. Существующие мероприятия инженерной и неинженерной защиты: нормативное регулирование и практика правоприменения.....	33
3.3. Рекомендации по внедрению мероприятий защиты территории от подтопления	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	41
Приложение А	44
Приложение Б.....	45
Приложение В	46
Приложение Г	47
Приложение Д	49
Приложение Е.....	51
Приложение Ж.....	52
Приложение И	53
Приложение К	54
Приложение Л	55
Приложение М.....	57
Приложение Н	58
Приложение П	59

ВВЕДЕНИЕ

Подтопление – это одно из наиболее негативных явлений, которому подвержены городские территории и Тюмень не исключение.

Актуальность исследования заключается в том, что город Тюмень ежегодно сталкивается с проблемой подтопления, что, в свою очередь, приводит к всевозможным экологическим рискам. Для их предотвращения или снижения требуется использовать различные мероприятия по защите городской территории.

Целью нашего исследования является разработка мероприятий по снижению или предотвращению экологических и экономических последствий от подтопления в городском округе города Тюмени на основе их анализа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. исследовать ситуацию подтопления на территории г. Тюмени;
2. проанализировать экологические и экономические последствия от подтопления городской территории;
3. разработать мероприятия по снижению или предотвращению экологических и экономических последствий от подтопления в городском округе г.Тюмени.

Объект исследования – территория города Тюмени на **предмет** определения устойчивости к подтоплению.

Защищаемые положения:

1. проблема подтопления имеет последствия экологического характера, а именно оказывает негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека;
2. причинами подтопления являются антропогенные и естественные факторы территории;
3. проблема подтопления требует решения в виде комплекса мероприятий инженерного и неинженерного характера.

Методы исследования: картографический, полевой, оценочный, математический и риск-ориентированного управления.

Научная новизна работы: предлагаемые рекомендации по снижению и устранению риска подтопления разработаны для определенных районов города Тюмени.

Практическая значимость работы: полученные данные могут быть использованы в органах государственной власти и в сфере ЖКХ.

Структура работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав основного текста, заключения и библиографического списка использованной литературы. Структура работы отражает цель и задачи исследования. Во введении обосновывается актуальность, ставятся цель и задачи. В первой главе рассматриваются причины и последствия подтопления городской территории. Во второй анализируется роль различных факторов в подтоплении территории города Тюмени. Третья глава посвящена изучению существующей ситуации подтопления на территории города, а также предлагаются рекомендации по защите территории Тюмени.

Содержание работы изложено на 59 страницах машинописного текста, включая список использованных источников и приложений.

Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОБЛЕМЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

1.1. Понятие об экологических рисках

На сегодняшний день, можно с точностью сказать, что анализ и прогноз неблагоприятных изменений качества окружающей нас среды из-за антропогенных и естественных факторов, является актуальной проблемой. Отсюда появляется потребность в качественной оценке вероятности формирования явлений и процессов, ухудшающих качество окружающей среды, а также в количественной оценке вероятных ущербов (рисков) их проявления.

В различных работах по теории рисков, риск в общем виде, определяется как вероятность появления какого-либо явления или процесса при каких-то определенных обстоятельствах или в течение определенного времени [32].

В своей монографии, А.Г. Шмаль [32] раскрывает понятие экологического риска — «вероятность получения определённого ущерба в результате проявления фактора экологической опасности или их совокупности по отношению к конкретному объекту оценки. В качестве объекта оценки может выступать любой природный и/или антропогенный объект на любом уровне их системной организации».

Экологический риск делится на три составляющие:

- анализ здоровья человека;
- анализ состояния окружающей природной среды;
- анализ воздействия естественных и антропогенных факторов на человека и окружающую природную среду [25].

Так как неизбежность вреда природной среде при всевозможных стихийных и антропогенных воздействиях, очевидна, то следует свести этот вред до минимума и экономически оправдать. Необходимо, чтобы любая хозяйственная деятельность осуществлялась с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду. Так как пороги воздействий многих естественных и антропогенных факторов неизвестны, то и установить эти пределы очень трудно. Поэтому расчеты экологического риска должны быть вероятностными и многовариантными, с выделением риска для здоровья человека и природной среды [18].

Для того, чтобы оценить состояние природной среды, используются показатели самовосстановления. С этой точки зрения, Сибриков С.Г. в своей работе [25] приводит «уровни состояния природной среды» (см. Таблица 1):

Таблица 1

Уровни состояния природной среды

Наименование состояния	Характеристика
Естественное состояние	наблюдается лишь фоновое антропогенное воздействие; биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна
Равновесное состояние	скорость восстановительных процессов выше или равна скорости нарушения природной среды; биологическая продуктивность выше, чем в естественном состоянии, биомасса начинает снижаться
Кризисное состояние	антропогенные нарушения превышают по скорости естественные восстановительные процессы, но при этом сохраняется естественный характер экосистем; биомасса снижается, биологическая продуктивность резко повышена
Критическое состояние	в результате действия человека происходит обратимая замена прежде существовавших экосистем на менее продуктивные экосистемы; биомасса имеет минимальную величину и снижается
Катастрофическое состояние	наблюдается трудно обратимый процесс закрепления малопродуктивной экосистемы; биомасса и биологическая продуктивность имеют минимальные величины
Состояние коллапса	наблюдается необратимая потеря биологической продуктивности; биомасса стремится к нулю

Существуют нормативные уровни «экологического риска»:

1. Приемлемый риск – это риск, который оправдан экологически, экономически и социально;
2. Предельно допустимый риск – максимальный уровень приемлемого риска;
3. Пренебрежимый риск – минимальный уровень приемлемого риска (1% предельно допустимого риска);
4. Фоновый риск – это риск, обусловленный наличием природных эффектов и социальной среды» [25].

В учебном пособии «Экологические риски», Ваганов П.А. [10] рассматривает классификацию рисков Рао Коллура:

- риски, угрожающие безопасности (safety risks);
- риски, угрожающие здоровью (health risks);

- риски, угрожающие состоянию среды обитания (environmental risks);
- риски, угрожающие общественному благосостоянию (public welfare/goodwill risks);
- финансовые риски (financial risks).

«Оценка экологического риска — это научное исследование, в котором факты и научный прогноз используются для оценки потенциально вредного воздействия на окружающую среду различных загрязняющих веществ и других агентов» [6].

В учебном пособии «Техногенные системы и экологический риск» [25] автор выделяет «четыре методологических подхода к оценке риска:

1. Инженерный (статистический) расчет частот, вероятностный анализ безопасности;
2. Метод моделей, основанный на построении возможных взаимодействий вредных факторов на отдельного человека, социальные и профессиональные группы;
3. Экспертный метод, когда вероятность событий определяется на основе мнения экспертов;
4. Социологический метод, когда вероятность событий определяется на основе социологического опроса населения».

Можно заключить, что оценка экологических рисков — это важный инструмент при исследовании влияния различных неблагоприятных процессов на окружающую природную среду.

1.2. Понятие и причины подтопления

Подтопление – «Процесс подъёма уровней грунтовых вод, а также формирования верховодки и/или техногенного водоносного горизонта, ведущие к ухудшению инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации уже застроенной территории, экологической, агромелиоративной и санитарно-эпидемиологической обстановки, в итоге приводящие к заметному снижению качества жизни населения» [2].

В СНиП 22-02-2003. «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» [4] отмечается, что «в зависимости от источников питания выделяют три основных типа подтопления: градостроительный (городской), гидротехнический и ирригационный. Градостроительный тип следует определять прогнозом на основании учета действия внутригородских источников подтопления. Гидротехнический тип следует определять прогнозом распространения подпора подземных вод на основе гидродинамических расчетов при

расчетном уровне воды в водном объекте (река, водохранилище). Ирригационный тип следует определять прогнозом распространения подпора подземных вод на основе гидродинамических и водобалансовых расчетов с учетом режима орошения».

Ряд исследователей, такие как В.И. Сологаев [26], К. Криулин [19] выделяют две группы причин подтопления:

- естественные;
- техногенные (антропогенные).

В качестве примера естественных причин подтопления В.И. Сологаев приводит:

- подъём уровня водоёмов (источники — моря, озёра и реки);
- опускание поверхности прибрежных городов (источники те же);
- циклы колебания климата (источник — атмосферная влага);
- сезонные колебания уровня грунтовых вод (УГВ) (источник — атмосферная влага).

А в качестве техногенных причин приводит:

- гидротехническое строительство водохранилищ и каналов;
- нарушение естественного поверхностного и подземного стоков;
- утечки из водонесущих коммуникаций.

Криулин К.Н. в своем пособии «Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве» [19] отмечает, что «переувлажнение территории является следствием некоторой комбинацией причин, которые в общем случае могут быть естественными (природными) и искусственными (антропогенными, техногенными - связанными с деятельностью человека) ...».

Автор, среди природных причин, выделяет:

1. геологические причины переувлажнения – особенности геологического строения от поверхности до глубины 6-10м. Количество слоев грунта и воднофизические характеристики каждого слоя могут варьироваться в широком диапазоне;

2. топографические причины переувлажнения – особенности рельефа территории строительства. Наличие холмов и возвышенных гряд, разделенных ложбинами и тальвегами (пониженное место рельефа поверхности), естественные террасы, замкнутые понижения и речные долины - все эти элементы рельефа придают особую привлекательность территории как объекту ландшафтного строительства, но при этом значительно возрастает сложность инженерного освоения территории;

3. гидрологические причины переувлажнения - влияние естественной гидрографической сети (рек, ручьев, озер и т.д.) на водный режим прилегающей

территории. В первую очередь - подпор грунтовых вод территории водами водоприемника [19].

К группе искусственных причин, Криулин К.Н. относит:

1. преобразование рельефа;
2. создание сооружений на пути естественного движения поверхностных и грунтовых вод;
3. влияние уровня воды в искусственных водоемах;
4. утечки жидкости из трубопроводов и каналов [19].

Процесс подтопления, в зависимости от характера его развития по территории, может носить: объектный (локальный) - отдельные здания, сооружения и участки и площадной характеры [4].

Изучив причины подтопления городской территории разных исследователей, мы можем согласиться с их утверждением о том, что причины следует классифицировать на антропогенные и естественные и можем взять их за основу для своего исследования.

1.3. Экологические проблемы, возникающие при подтоплении территории

Подтопление земель – опасный геологический процесс, в результате которого изменяются водный режим и баланс территории, происходит увеличение влажности горных пород до значений, превышающих критические, и нарушаются необходимые условия для сохранения существующих экосистем и привычного хозяйственного использования территории [30].

Этот опасный геологический процесс приводит к всевозможным экологическим проблемам и опасностям.

«Экологическая опасность подтопления территории выражается в ухудшении санитарно-гигиенической обстановки, простудных заболеваниях населения в связи с постоянной сыростью в жилых и производственных помещениях. Обостряются хронические заболевания, такие как астма, ревматизм, радикулит, гайморит и многие другие. Заболачивается территория, гибнет древесная растительность. Подтопление подвалов, подполий, погребов лишает возможности населению заготовить овощи на зиму, что ухудшает социально-экономическое положение» [29].

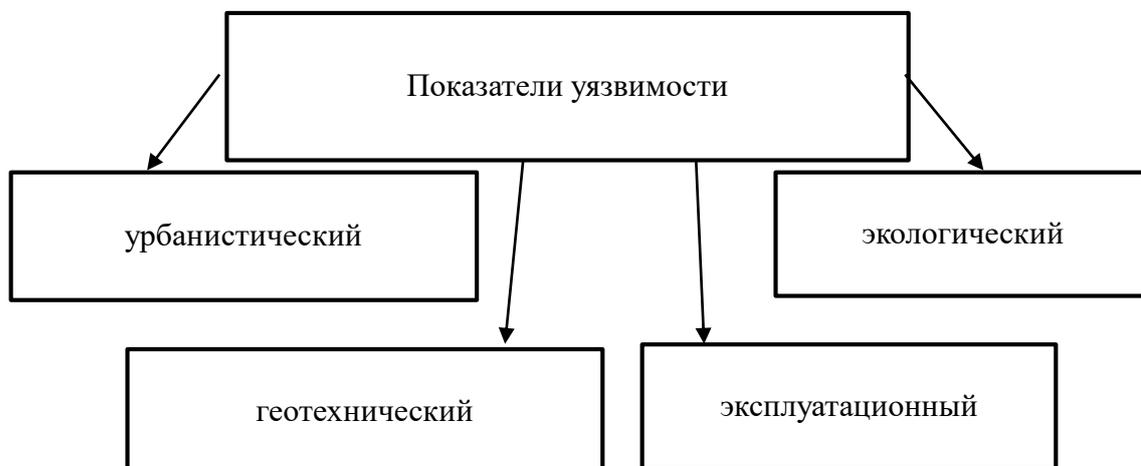
Также, для того чтобы охарактеризовать опасность при подтоплении городской территории в ГОСТ Р 22.8.09-2014 [7] устанавливаются различные показатели опасности (см. Таблица 2).

**Показатели опасности подтопления и виды вредных воздействий
подтопления ГПТ (градопромышленная территория)**

Показатели опасности подтопления	Виды вредных воздействий при подтоплении
1	2
положение уровня грунтовых вод, влажность грунтов	Вредные воздействия, определяющиеся положением УГВ и выраженные в затоплении заглубленных помещений, сырости и грибковых образованиях на стенах, осложнении условий содержания и ремонта подземных коммуникаций и конструкций, ускорении их износа, обводнении грунтов оснований и фундаментов, опасном гидравлическом взвешивании различных ёмкостей и продуктопроводов, переувлажнении территорий парков, скверов, газонов, заболачивании территории, переувлажнении или замачивании оснований дорожного полотна, асфальта.
загрязнение грунтовых вод и грунтов	загрязнение подземных вод и приземных слоев воздуха; повышение агрессивности грунтовых вод, заболачивание территорий канализационными стоками; загрязнение дренажным стоком поверхностных водоёмов; повышение коррозионной активности грунтов по отношению к металлу и бетону заглублённых конструкций и коммуникаций, засоление благоустроенных территорий, замачивание свалок, полигонов бытовых и промышленных отходов.
изменение свойств грунтов при замачивании и осушении	Снижение прочностных и деформационных свойств грунтов, возникновение просадок и провалов в просадочных грунтах, подъём поверхности и горизонтальные деформации в набухающих грунтах с деформациями дорожных покрытий, зданий и сооружений, разрывом коммуникаций и т.п., неравномерность осадок оснований фундаментов, образование промоин в пылевато-глинистых и заторфованных грунтах, выщелачивание солей из засоленных грунтов.
наведённые опасные процессы	Активизация карстовых, суффозионных, оползневых и других опасных геологических процессов, повышение сейсмичности территорий.

Источник: ГОСТ Р 22.8.09-2014 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий».

Классификация факторов, влияющих на уязвимость городских территорий, проводится по четырем признакам, которые называются показателями уязвимости [2].



Так при экологическом показателе выделяют такие проблемы, влияющие на уязвимость как: «создание благоприятной среды для развития комаров и заболеваний людей, возникновение сырости в подвальных помещениях, угнетение биоценозов, нарушение режима рекреационных зон, переувлажнение парковых территорий, воздействие на уникальные исторические ландшафты, создание взрывопожароопасной обстановки, ухудшение санитарно-гигиенических условий, обострение экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации» [2].

Существенную роль загрязнения грунтовых вод играет замедленный водообмен, чему способствует уничтожение естественных дренажей и непредвиденные изменения уровня режима в условиях застройки. Это «самоподтопление» застраиваемых территорий приводит к изменению минерализации воды и ее загрязнению [9].

Выводы к главе:

1. Анализ нормативных документов и учебно-методической литературы по исследуемой проблеме показал, что подтопление городской территории имеет причины естественного и антропогенного характера.

2. Исследовав экологические риски, возникающие при подтоплении городской территории, можно заключить, что проблема подтопления является весьма многогранной и имеет различные последствия, как для окружающей среды, так и для здоровья человека.

Глава 2. РОЛЬ АНТРОПОГЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ПОДТОПЛЕНИИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОДА ТЮМЕНИ

2.1. Климатические особенности г.Тюмени

Городской округ город Тюмень граничит с Нижнетавдинским муниципальным районом, а также с десятью муниципальными образованиями Тюменского муниципального района (Каскаринским, Ембаевским, Мальковским, поселком Андреевский, поселком Боровский, Червишевским, Московским, Горьковским, Кулаковским, Новотарманским) (см. Рис. 1), [34].

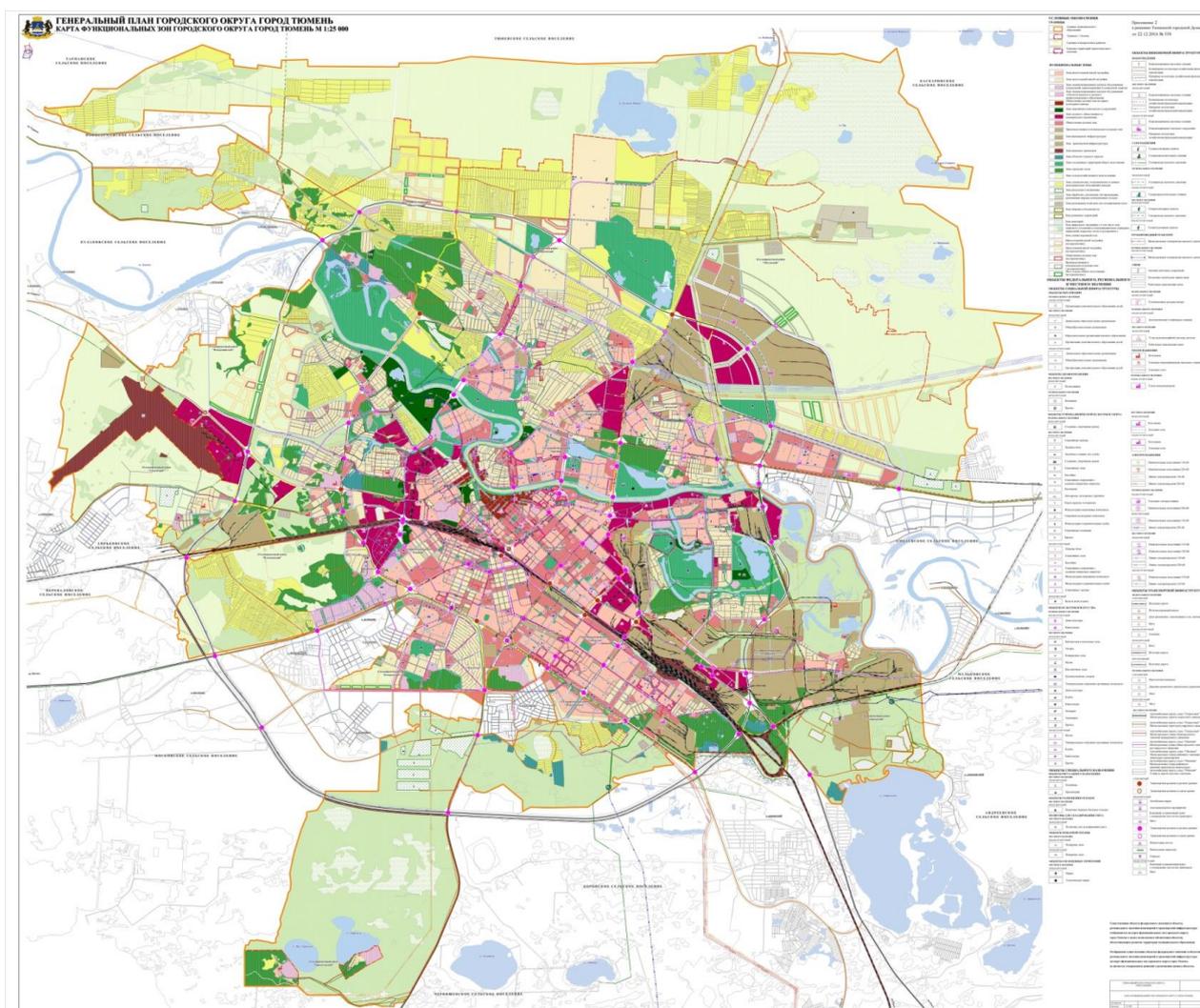


Рис. 1 Генеральный план городского округа г. Тюмени [34]

Город Тюмень расположен в юго-западной части Западно-Сибирской равнины на территории Туринской низменности, представляющий собой ровную поверхность с

небольшими понижениями, возникшими на месте древних ложбин стока, а также с небольшими увалами и гривами [31].

Центр города с северо-запада на юго-восток пересекается системой больших и глубоких оврагов с крутыми, местами обрывистыми склонами. Система оврагов занимает значительную территорию и образует своеобразный ландшафт местности [21].

Территория местами покрыта лесной растительностью и заболочена, разделена долинами рек Туры и Пышма. Преобладают такие ландшафты как пологоволнистые равнины с сосново-березово-травянистыми лесами на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Среди лесных ландшафтов пятнами присутствуют луговые и болотные [21].

Городской округ город Тюмень располагается в умеренном поясе южной тайги. Климат на данной территории континентальный. Город находится в пределах низменной равнины в центре материка. Отсутствие морей способствует определяющей роли физических свойств суши в формировании климата. Летом, когда наблюдаются высокие температуры, суша быстро и сильно нагревается. Зимой из-за сильного спада температурного режима происходит сильное выхолаживание. Так как территория города открыта с севера и юга это способствует свободному продвижению холодных воздушных масс из Арктики и теплых сухих из Казахстана. А защищенность Уральскими горами подавляет влияние Атлантики. Это приводит к резкой смене тепла холодом и к общей неустойчивости погоды, особенно весной и осенью [31].

Характер климата определяется такими факторами как:

- солнечная радиация;
- особенность атмосферной циркуляции;
- подстилающая поверхность (распределение суши и водной поверхности, рельефа местности и т.д.) [31].

Солнечная радиация связана с углом наклона солнечных лучей и зависит от географической широты. Так, городской округ город Тюмень получает различное количество энергии, излучаемой солнцем.

В целом для Тюмени характерен циклонально-антициклональный тип циркуляции атмосферы с преобладанием западного переноса воздушных масс. Континентальность климата увеличивается с севера на юг: активно воздействуют Азиатский антициклон зимой и субтропические антициклоны летом.

По равнинам, воздушные массы беспрепятственно проникают с севера на юг. Уральские горы преобразуют атмосферные потоки тепла и влаги с запада, перехватывая их как барьер. В равнинной части области в понижениях рельефа долинах рек и

котловинах, на заболоченных местах и лесных полянах заморозки прекращаются на 5-10 дней позднее. Осенью здесь они начинаются на 5-15 дней раньше. Продолжительность безморозного периода в таких местах сокращена на 1025 дней.

Снежный покров как составляющая часть подстилающей поверхности способствует ее выхолаживанию [7].

Основная масса осадков приносится воздушными массами, приходящими с запада, и выпадает летом, главным образом в июле и в августе [11].

Годовое количество осадков в г. Тюмень составляет 474 мм. [22].

Гидрометеорологические и биогенные факторы (осадки, испарение, транспирация и др.) определяют размеры питания и разгрузки подземных вод, а, следовательно, изменение глубин их залегания, расходов, температуры и химического состава, особенности сезонного и многолетнего режима подземных вод [17].

Климатические факторы безусловно влияют на грунты и грунтовые воды.

Глубокое сезонное промерзание грунтов в холодные зимы ведет к криогенному подпору первого от поверхности водоносного горизонта и к размыву подземных коммуникаций. Весеннее снеготаяние после суровых зим при сформировавшемся за зиму мощном слое сезонного промерзания является причиной высоких паводков при бурном снеготаянии. А так как на некоторых территориях города снег не убирается и отсутствует ливневая канализация, то это приводит к затоплению подвалов, технических подполий, формированию весенних верховодок, участков затопления в пониженных частях рельефа. В период весенних паводков активизируются процессы овражной эрозии по существующей сети малых водотоков (р. Тюменка, ручей в Гилевской роще и др.).

В годы высоких паводков наблюдается высокое стояние уровня грунтовых вод в течение всего послепаводкового периода, что ведет к сезонному подтоплению всей территории города.

В период паводков активизируются оползневые процессы, что объясняется подмывом и размывом высокого берега р. Туры, подрезкой береговых уступов, гидростатическим давлением грунтовых вод и снижением прогнозных свойств грунтов в процессе обводнения.

К климатическому фактору подтопления относится и избыточное увлажнение поверхности в период обильных осенних дождей. При отсутствии ливневой канализации на большей части территории города и организованного поверхностного стока образуются верховодки на суглинистых грунтах, вода заливает подполья и подвалы. В это же время активизируются оползневые, суффозионные и эрозионные процессы [22].

Таким образом можно заключить, что климатические особенности территории города, несомненно, влияют на процесс подтопления.

2.2. Гидрологические, гидрогеологические и геологические особенности территории

«Территория города и пригородов отражает естественный рельеф геоморфологических уровней долины реки Туры - водной артерии города. Долина развита в направлении с запада на восток» [21].

В районе города Тура имеет характер типичной равнинной реки с четко выраженным весенним половодьем, летне-осенней меженью, часто нарушаемой дождевыми паводками, и устойчивой зимней меженью. Питание реки преимущественно снеговое [31].

Пойменные озера: Алебашево, Оброчное, Песчаное, Кривое.

Для грунтовых вод здесь характерно наличие гидравлической связи с рекой и значительная синхронность колебаний грунтовых и поверхностных вод. Уровень залегания грунтовых вод 0-2 м. Главными элементами баланса грунтовых вод поймы являются приток и отток грунтовых вод, вызванный в основном колебаниями уровня речных вод.

Низкие надпойменные террасы (II и III) сложены позднечетвертичными аллювиальными отложениями. Уровень грунтовых вод залегает преимущественно на глубинах 0-4 м. Режим грунтовых вод террасового песка формируется, в основном, под влиянием подземного притока и оттока с водораздельных пространств. Инфильтрация и испарение в балансе грунтовых вод имеет подчиненное значение. Амплитуда годовых колебаний для II террасы составляет 1,04-1,46 м (средняя — 1,25 м); для III террасы 0,56-2,29 м (средняя 1,05 м).

Высокая IV надпойменная терраса с озерно-аллювиальными отложениями, перекрытая с поверхности субэральными покровными суглинками. Уровень залегания грунтовых вод — 1-5 м. Они формируются за счет инфильтрации и испарения. Амплитуда годовых колебаний составляет 0,70-4,68 м (средняя — 1,56 м).

Территория водораздела — междуречная равнина, также с поверхности перекрыта субэральными покровными суглинками мощностью до 6 м. Уровень залегания грунтовых вод — 2-10 м. Они формируются главным образом за счет инфильтрации и испарения, то есть под влиянием вертикальной циркуляции в зоне аэрации. Амплитуда колебаний 0,13-5,4 м (средняя — 1,85 м). Грунтовые и напорные воды разделяются глинами

нижнечетвертичных отложений. Региональным водоупором являются отложения коренной основы (глины чеганной свиты). Мощность разделяющих слоев достигает 10-24 м, однако связь грунтовых и напорных вод не исключается по литологическим окнам.

Внешними границами фильтрации подземных вод является р. Тура (граница II рода) и овраги, балки, озера и болота (граница I рода). Подземные воды неглубокого залегания характерны для городской территории. Они создают проблемы и для строительства, и для эксплуатации инженерных сооружений города, существенно влияют в целом на микроклимат территории.

Грунтовые воды, распространенные на территории Тюмени в основном пресные, иногда слабосоленоватые, без цвета и запаха, прозрачные. Активная реакция воды изменяется от слабокислой до щелочной. Концентрация ионов водорода (рН) колеблется от 5,5 до 7,8. Химический состав вод гидрокарбонатный магниевый-кальциевый. На участках со слабой циркуляцией встречаются воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые и хлоридно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Минерализация вод изменяется от 0,1-0,3 г/л и более. Общая жесткость воды колеблется в пределах 4,6-7,5 мг-экв/л, временная жесткость отсутствует или превышает 2,2 мг-экв/л. [28].

Подземные воды неглубокого залегания подразделяются на следующие типы:

- воды типа верховодки;
- грунтовые безнапорные;
- межпластовые напорные воды [8].

Воды типа верховодки здесь широко распространены, хотя и не имеют больших запасов. Они приурочены к супесочно-суглинистым отложениям субаэрального покрова или к линзам и прослоям песка, залегающим близко от поверхности.

Верховодка вскрывается на глубине от 0,5 до 4 м. В понижениях рельефа за счет вод верховодки происходит заболачивание территории и формирование болотных массивов, как районы Заречного, Южного микрорайона, пос. Войновка. Накопление запасов этих вод происходит за счет весеннего снеготаяния, атмосферных осадков, а также за счет утечек из водопроводной и канализационной сетей. В водообильные годы верховодка может существовать длительное время и сливаться с грунтовыми водами.

Грунтовые воды имеют свободную поверхность, которая широко распространена на территории города и его пригородах. Уровни грунтовых вод, как правило, повторяют рельеф местности, но в сильно нарушенных условиях залегают в виде куполов и депрессий. Это подтверждается при строительстве на свайном основании [22].

В нарушенных условиях формируются и антропогенные водоносные горизонты. Водовмещающей их средой служат разуплотненные и насыпные грунты. Мощность таких

водоносных горизонтов изменяется от 5 до 20 м. Воды залегают близко от поверхности, иногда образуя водоемы глубиной до 1,5 м. Источником питания их, как правило, служат хозяйственно-бытовые стоки, процессы конденсации и искусственные преграды на пути стока.

Межпластовые напорные воды залегают на глубине 3-15 м от поверхности, закономерно уменьшая свой напор от водораздела к руслу р. Тура. Мощность водоносного горизонта — в пределах 30 м.

Межпластовые напорные воды, как правило, имеют гидравлическую связь через литологические окна с грунтовыми и поверхностными водами, куда осуществляется разгрузка напорных вод в виде родников [22].

В геологическом строении территории принимает участие сложно построенный комплекс рыхлых песчано-глинистых отложений, относящихся к осадкам среднего, верхнего и современного отделов четвертичной системы.

В геологическом отношении территория представлена палеогеновыми и четвертичными отложениями, причем последние залегают на размывтой поверхности континентальных отложений. Хорошо выделены озерно-аллювиальные разности четвертой, третьей, второй, первой подпойменных террас. Верхнечетвертичные и современные нерасчлененные отложения представлены делювиальными и озерно-болотными разностями. Первые приурочены к склонам рек, оврагов и сложены супесчаными и суглинистыми почвогрунтами мощностью 1-3 м. Озерно-болотные отложения развиты на всех геоморфологических уровнях, занимают значительные площади, в их состав входят торф, сапропели, илы, супеси и суглинки. Общая мощность их от 1,5 до 5 м. [31].

Почвенный покров в городе и пригородной зоне своеобразен и сложен. Преобладают почвы луговые, лугово-болотные, торфяно-болотные. На долю серых лесных, черноземных тяжелосуглинистых почв приходится немногим более одной пятой части. По берегам рек и лесных массивах почвы в основном дерново-подзолистые супесчаные [31].

Широко распространены рыхлые, легко размываемые песчано-глинистые четвертичные отложения, залегающие с поверхности, определяет интенсивность эрозионных процессов на хорошо дренированных приречных участках и обвально-осыпных и оползневых — на крутых склонах. Широко развиты песчаные породы, обладающие плавунными свойствами при определенных гидродинамических условиях. Эти породы благодаря геолого-гидрогеологическим особенностям территории залегают близко к поверхности [22].

Междуречья, занимающие большую часть территории, представлены довольно плоскими равнинами. При этом в подтайге они ничем не оживляются, плохо дренированы и только благодаря региональному уклону воды в какой-то мере сбрасываются. Поэтому типичные болотные почвы здесь занимают небольшую площадь, но гидроморфные минеральные распространены широко.

В лесостепной части водоразделы хотя и представлены той же спокойной равниной, но рельеф существенно меняется из-за элементов мезо- и микрорельефа. [16]

Сложность гидрогеологического разреза и изменчивость режима подземных вод, обуславливают геодинамические процессы и значительное увлажнение грунтов практически на всей территории города.

В связи с глубоким эрозионным вырезом р. Туры (до 30 м), происходит интенсивная разгрузка подземных вод многочисленными естественными дренами, где проявляются оползневые и обвально-осыпные процессы.

Из-за равнинного характера местности, медленного схода паводковых вод, гидрогеологических условий страдают сельхозугодия. Они становятся переувлажненными [13].

Переслаивающиеся пески и суглинки слагают вторые надпойменные террасы, протягивающиеся широкой полосой по левобережью реки Туры. Поверхность террас в основном плоская, сильнозаболоченная, со слабо выраженными эрозионно-аккумулятивными формами и относительными высотами 15-20 м. Местами встречаются участки с бугристыми эоловыми формами рельефа [27].

Русловой процесс на р. Туре в районе г. Тюмени развивается по типу свободного меандрирования. В пределах городской застройки русло представлено излучиной, вершина которой упирается в правобережную часть четвертой надпойменной террасы долины Туры. В основании склона этой террасы узкой полосой вдоль реки протянулись отложения поймы, которые главным образом и подмываются. В ряде случаев естественная картина строения склона изменена антропогенными факторами: сбросом мусора, отеканием сточных вод, накопившимся за многие десятилетия культурным слоем различной мощности.

Левый берег целиком представлен поймой, которая в многоводные годы затопливается. На поверхности левобережной поймы на незастроенных территориях сохранились озера, болота и старичные понижения, растянувшиеся вдоль существовавшего в прошлом древнего русла р. Туры.

Подмыв и обрушение береговых склонов происходит фактически ежегодно во время спада уровней половодья. Продукты размыва уносятся потоком вниз по течению за пределы излучины.

Геологическим фактором подтопления является плоский, слаборасчлененный рельеф, малые уклоны поверхности приводят к формированию верховодок в депрессиях рельефа, инфильтрации атмосферных осадков в фильтрационные окна, сложенные песчаными грунтами, что является причиной подъема уровня грунтовых вод.

Геологические факторы вызывают малозаметные направленные тенденции к увеличению или уменьшению глубин залегания уровней подземных вод под влиянием подъемов или опускания земной коры [17].

2.3. Антропогенные факторы подтопления городской территории

Естественные, природные факторы — это не единственные причины подтопления городской территории. Помимо них на этот опасный геологический процесс могут влиять и антропогенные факторы.

Так как территория городского округа города Тюмени имеет слабо проницаемые грунты, как, например, суглинки, супеси, рыхлые, легко размываемые песчано-глинистые четвертичные отложения, то в результате строительной и хозяйственной деятельности человека происходит так называемое искусственное подтопление.

Так, например, подтопление антропогенного характера может произойти в связи с не правильной застройкой городской территории, а именно прокладка временных подъездных путей без водовыпусков и водоотводных канав.

В Тюмени активно ведется строительство жилых районов, но многие строительные компании, не предусматривают ливневые стоки, что приводит к подтоплению антропогенного характера. Чрезмерное покрытие территории асфальтом и нагрузка на грунт различными сооружениями и зданиями, нарушает водный баланс грунтовых и подземных вод.

К тому же, износ устаревших водопроводных сетей или их некачественный материал приводит к авариям, то есть утечкам. Из водопроводных сетей происходит утечка воды в небольшом количестве, что мало сказывается на обводнение грунта. Однако, авария на водопроводе приведет к подтоплению. Так как обнаружение аварии часто бывает несвоевременным, то и подтопление, соответственно приводит к тяжким последствиям.

Когда смотровые колодцы, в которых расположена поврежденная водопродная арматура, не имеют надежной гидроизоляции, то это также приводит к обводнению грунтов.

Таким образом, можно заключить, что человеческий фактор является очень важным при рассмотрении причин подтопления территории городского округа города Тюмени.

На практике же, перечисленные выше факторы чаще всего не учитываются и можно сказать, что они, существуя в течение более или менее длительного времени, приведут к интенсивному подтоплению значительных городских территорий и вызовут серьезнейшие осложнения в жизнедеятельности города.

Выводы к главе:

1. Можно заключить, что неблагоприятные гидрогеологические условия территорий, обуславливающие естественное их подтопление, в основном, определяются особенностями геологического строения и климатом района, рельефом самой территории и степенью развития в ее окрестностях гидрографической сети.

2. При рассмотрении причин подтопления городской территории, антропогенный и естественный факторы необходимо учитывать в комплексе.

Глава 3. ПОДТОПЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТЮМЕНИ

3.1. Динамика развития процесса во времени и в пространстве

«Территория города и пригородов отражает естественный рельеф геоморфологических уровней долины р. Туры – водной артерии города. Долина развита в направлении с запада на восток» [9].

В результате течения реки территория города подвергаются различным физико-геологическим процессам. Так, одним из таких процессов является подтопление территории города. Так же «город Тюмень окружен водозаборами. В связи с их деятельностью под самим городом происходит выклинивание депрессионных воронок и образуются купола грунтовых вод, в связи с чем происходит подтопление всей территории города...» [9].

«В мае 2015 года в Тюмени было проведено обследование с целью выявления территорий, подверженных подтоплению. В основном, территории подверженные подтоплению располагаются на территориях города, не охваченных сетями системы ливневой канализации» [1].

ГУП ТО ТЦ «Тюменьгеомониторинг» на 2016 год спрогнозированы экстремальные и среднегодовые положения уровня грунтовых вод (далее — УГВ) на территории г. Тюмени (см. Таблица 3), (см. Рис.2) [33].

Экстремальные и среднегодовые положения уровня грунтовых вод на территории г. Тюмени на 2016

	УГВ	Район	H _{min}	H _{max}	H _{ср.}	Положение уровней относительно среднеголетней нормы
Зона интенсивного подтопления	0–2 м	Мкр. Мыс (район ул. Гагарина), Велижанский тракт (район ул. Ветеранов Труда), д. Воронина, д. Плеханова, п. Московский, п. Матмасы, Крестьянские места, район ул. 50 лет ВЛКСМ	0,9–2,0 м (на уровне 2015 г. или повышение на 0,1 м)	0,5–1,2 м (повышение на 0,1–0,4 м)	0,9–1,8 м (на уровне 2015 г.)	на уровне 2015 г. или выше на 0,1–0,5 м
	2–3 м	Районы улиц Щербакова, Калинина, 30 лет Победы, Широкая — Монтажников, Мельникайте (район поликлиники «Геолог»), Московский тракт, мкр. Войновка	2,4–3,1 м (на уровне 2015 г. или понижение на 0,1–0,2 м)	1,7–2,4 м (повышение на 0,3–0,5 м)	2,1–2,8 м (на уровне 2015 г. или повышение на 0,1 м)	выше на 0,1–0,3 м
Зона активного подтопления	3–4 м	Мкр. Мыс (район больницы «Водников»), мкр. Тура (район ул. Камчатская), районы улиц Ватутина, Дружбы, район Дома обороны (ул. Ямская-Аккумуляторная), п. Роцино	3,4–4,3 м (на уровне 2015 г. или понижение на 0,1–0,3 м)	2,5–3,5 м (повышение на 0,1–0,5 м)	3,1–3,9 м (на уровне 2015 г.)	выше на 0,1–0,8 м
Зона минимального подтопления	4–6 и более 6 м	Д. Гилева (район ул. Строителей), п. Антипино, ул. Мельникайте (напротив оз. Алебашево), ул. Московский тракт	5,1–11,2 м (повышение на 0,1–0,3 м)	3,6–11,0 м (на уровне 2015 г.)	4,3–10,5 м (на уровне 2015 г.)	ниже на 0,1–0,2 м

Источник: Департамент недропользования и экологии Тюменской области [33]

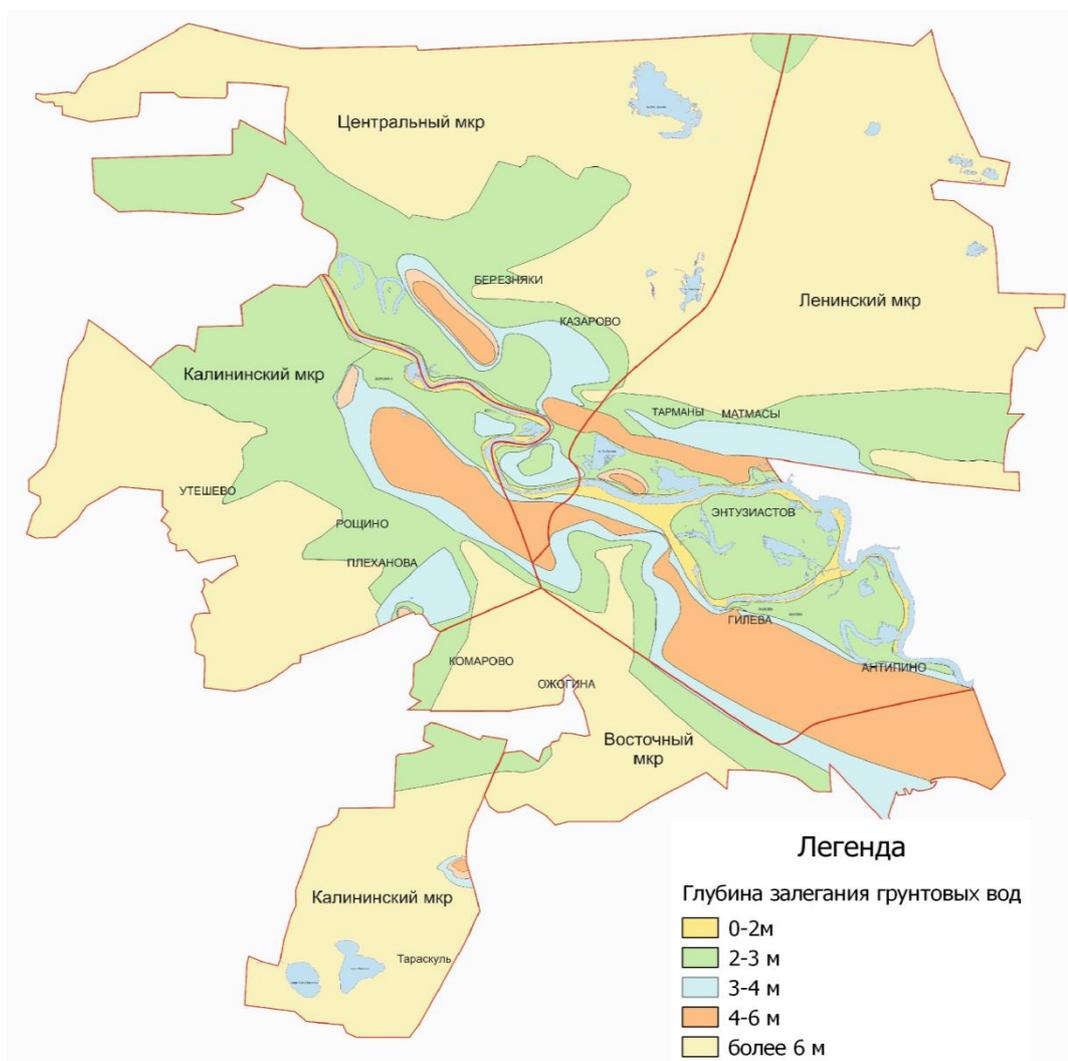


Рис. 2 Карта-схема уровней грунтовых вод г.Тюмени на 2016г

Источник: Департамент недропользования и экологии Тюменской области [33].

Исходя из данных, указанных в таблице и карте-схеме видно, что большие территории города Тюмени подвержены риску подтопления, что говорит об актуальности выбранной нами темы.

Данный факт подтверждается СМИ. Так, например, в одной из статей Тюменского портала Вслух.ru, житель ДОКа Красный Октябрь рассказывает о сложившейся проблеме: «Два года мы стоим в воде – как только стали возводить многоквартирные дома. А проблема с подтоплением началась около четырех лет назад. У нас всегда было влажно — это правда, но в воде по колено мы никогда не жили. В этом году весной и летом такой высокий уровень воды, какого мы не видели никогда. Когда вода подходила к дамбе, у нас в районе все было сухо. А сейчас воды в Туре нет, а у нас она прет и прет. Как из скважины» [35].

Для анализа, мы выбрали три участка подтопления: район Лесобаза, Заречный микрорайон, ДОК Красный Октябрь. Нами были выбраны эти участки, так как по данным СМИ и администрации города эти районы чаще всего подтапливаются. Город Тюмень расположен вдоль реки Тура, соответственно и эти участки находятся вблизи реки, а также они имеют различный тип (высотные здания, частный сектор, парковая зона) (см. Рис. 3).

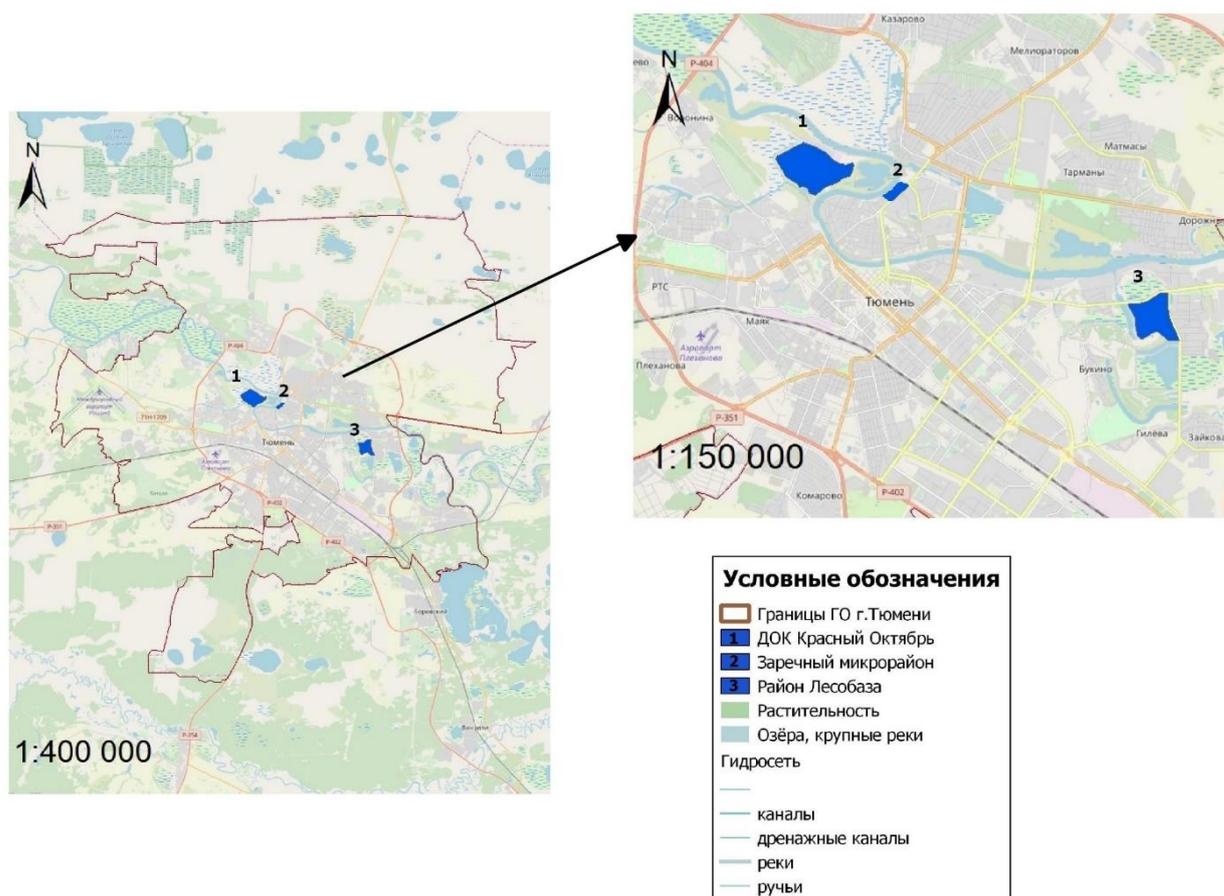


Рис. 3 Зоны подтопления городского округа г. Тюмени
(составлено автором)

Для анализа эффектов от подтопления нами в период с 24.02.19 по настоящее время на территории городского округа города Тюмени: район Лесобаза, Заречный микрорайон, ДОК Красный Октябрь проводился еженедельный мониторинг (см. Рис. 4,5,6).

Наблюдение за данными участками нам показало, что одной из основных причин подтопления в г. Тюмени являются осадки. В зимний период это снег. Каждую неделю мы измеряли высоту снежного покрова (см. Таблица 4), для того чтобы понять насколько сильна или мала будет инфильтрация талого снега в толщу почвы. Исходя из наших

наблюдений, можно сделать вывод, что таяние снега привело к так называемой продуктивной влаге — то есть к влаге в верхнем слое почвы. Это означает, что если в мае, предположим, будет засушливая погода, этой влаги будет вполне достаточно, чтобы питать корни деревьев. Но как правило, в мае на территории города Тюмени погода дождливая, что вызовет, с учетом таяния снега, чрезмерное увлажнение грунта. В свою очередь, это негативно повлияет на почвенный покров и растительность. Из-за атмосферных осадков происходит выщелачивание почвы, а так же увеличение агрессивности подземных вод [24].

Таблица 4

Высота снежного покрова (см)

Дата	Район Лесобаза	ДОК Красный Октябрь	Заречный микрорайон
24.02.19	49	54,5	45
3.03.19	51,3	56	46
10.03.19	53	56	47
17.03.19	49	52	44
24.03.19	44	48	40
31.03.19	27	29	25
7.04.19	0	1	0



Рис. 4 ДОК Красный Октябрь (24.02.19)
(составлено автором)



Рис. 5 Заречный микрорайон (24.02.19)
(составлено автором)



Рис. 6 Район Лесобаза (24.02.19)
(составлено автором)



Рис. 7 ДОК Красный
Октябрь (14.04.19)
(составлено автором)



Рис. 8 Заречный
микрорайон (14.04.19)
(составлено автором)



Рис. 9 Район
Лесобаза (14.04.19)
(составлено автором)

Жизнедеятельность современного человека приводит к различного рода отходам. Большая часть твердых бытовых отходов (ТБО) четвертого класса опасности захоранивается на территории полигона ТБО. В процессе перегнивания и разложения ТБО проникают в почву, а затем попадают в грунтовые воды. При эксплуатации транспортных средств, оборудования для добычи полезных ископаемых и проложения трубопроводов происходят различного рода утечки углеводородного сырья и других опасных химических веществ. В некоторых районах загрязнение грунтовых вод поднимается до критического уровня, что оказывает негативное влияние на органическую составляющую почвы, продуктивность флоры, ставит под угрозу благополучие и здоровье человека и животных.

В деревянных конструкциях замачивание приводит к возникновению грибка, а следовательно, к опасности пребывания людей в помещении из-за возможности различных заболеваний. Так же происходит повышение коррозионной активности грунтов по отношению к металлу и бетону заглублённых конструкций и коммуникаций, засоление благоустроенных территорий. Именно это мы и зафиксировали в районе ДОК Красный Октябрь (см. Рис. 7,10,11,12), [24, 3].



Рис. 10 ДОК Красный
Октябрь (14.04.19)
(составлено автором)



Рис. 11 ДОК Красный
Октябрь (14.04.19)
(составлено автором)



Рис. 12 ДОК Красный
Октябрь (14.04.19)
(составлено автором)

Большая часть территории города относится к территориям наиболее подверженным подтоплению, в связи с высоким залеганием грунтовых вод. Исходя из этого, происходит переувлажнение территорий парков, скверов, газонов, заболачивание территории, активизация карстовых, суффозионных, оползневых и других опасных геологических процессов, а так же повышение сейсмичности территорий [3].

Как мы можем видеть на примере микрорайона Заречный, что после таяния снега загрязненные воды сойдут в реку Тура. Необходимо обратить внимание, что следствием подтпления является подмывание берега (см. Рис. 8) [15].

Все вышесказанное усугублено отсутствием единой системы ливневой канализации.

В городе Тюмени функционируют канализационные насосные станции (КНС) для предотвращения подтопления, но их работа осуществляется лишь в центральной части города. На выбранных нами участках КНС отсутствует (см. Рис. 13), [1].

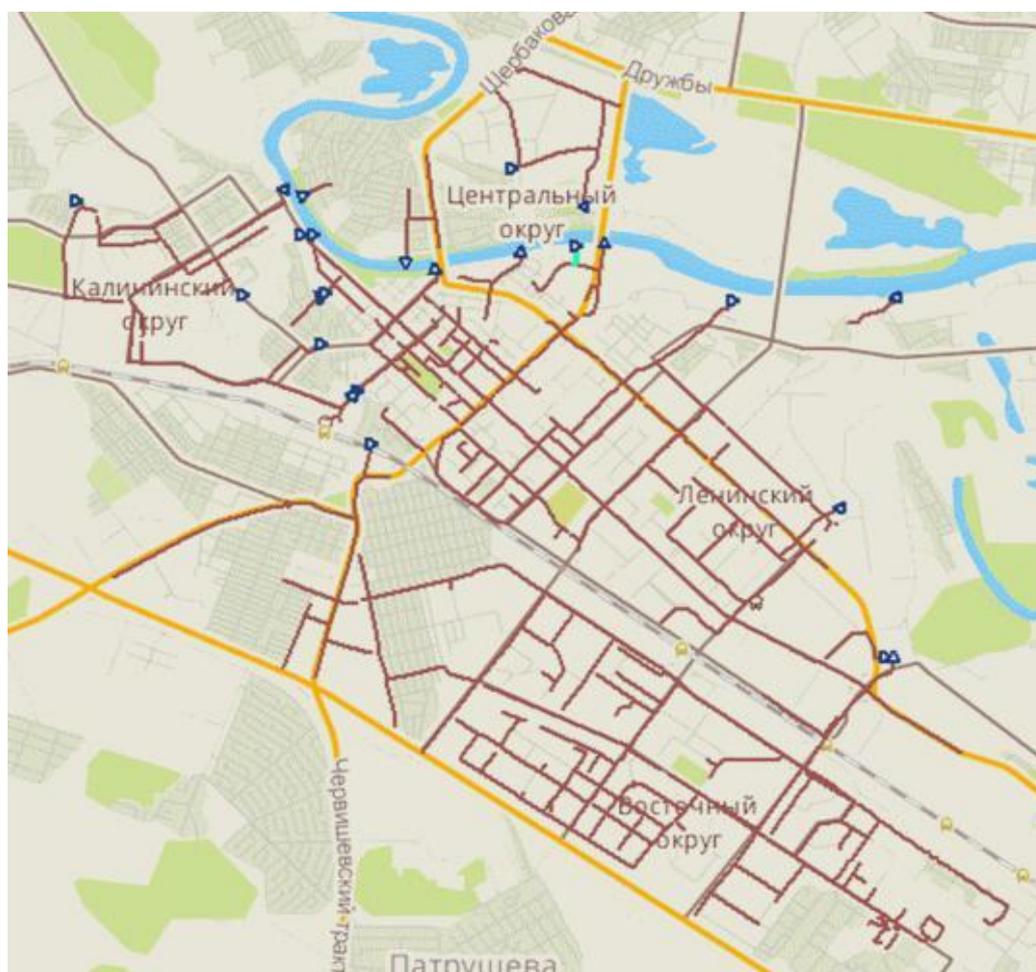


Рис. 13 Схема расположения территорий города Тюмени, охваченных централизованной системой канализации [1]

В районе Лесобаза на 14.04.19 подтоплений не наблюдалось (см. Рис. 9), но из-за отсутствия системы ливневой канализации мы предположили, что в скором времени начнутся подтопления из-за атмосферных осадков в виде дождей. Именно это мы и наблюдали последующие недели (см. Рис. 14, 15, 16, 17,18).



Рис. 14 Район Лесобаза (12.05.19)
(составлено автором)



Рис. 15 Район Лесобаза (12.05.19)
(составлено автором)



Рис. 16 Район Лесобаза (12.05.19)
(составлено автором)



Рис. 17 Район Лесобаза (17.05.19)
(составлено автором)



Рис. 18 Район Лесобаза (17.05.19)
(составлено автором)

Из-за увлажнения грунтов возможна деформация фундаментов зданий. Так, по данным СМИ, на улице Домостроителей 34 проводилось обследование и техническая оценка. Был выявлен крен дома на 55 см. Поперечное изменение дома составило 36 см. Одной из причин крена могло стать движение грунтовых вод, из-за чего сваи не дотянули до твердых слоев грунта (см. Рис. 19), [36].



Рис. 19 Район Лесобаза (26.05.19)
(составлено автором)

Экологические последствия от подтопления тесно связаны с экономическими, так как тратятся денежные средства на устранение последствий подтопления, как бюджетные, так и личные сбережения граждан [15].

Нами была рассчитана величина годового ущерба. Для это мы воспользовались методикой, которая изложена в ГОСТе Р 22.8.09-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий [2].

Для начала, для территории подверженной подтоплению производится сбор информации по показателям опасности, таких как:

α_1 - положение уровня грунтовых вод (УГВ) (см. Приложение А);

α_2 - загрязнение грунтов и грунтовых вод (см. Приложение Б);

α_3 - возможное изменение прочностных и коррозионных свойств грунтов (см. Приложение В);

α_4 - данные об активизации наведенных опасных процессов (см. Приложение Г).

Так, для каждого показателя опасности подтопления могут быть присвоены четырёхзначные коды опасности и определена степень опасности по каждому из четырёх показателей (см. Таблица 5).

Результаты исследования по показателям опасности

Площадь подтопления, S, га	$S_{\text{ДОК Красный Октябрь}}$	$S_{\text{Заречный}}$	$S_{\text{Лесобаза}}$
		129	19
Код опасности подтопления	3222	2222	3222
Баллы по показателям опасности	$\alpha_1 = 2$ $\alpha_2 = 10-100$ $\alpha_3 = 0,035-0,07$ $\alpha_4 = 0,5$	$\alpha_1 = 3,5$ $\alpha_2 = 10-100$ $\alpha_3 = 0,035-0,07$ $\alpha_4 = 0,5$	$\alpha_1 = 2,5$ $\alpha_2 = 10-100$ $\alpha_3 = 0,035-0,07$ $\alpha_4 = 0,5$
Коэффициент опасности подтопления	0,7663	0,6667	0,7663

Оценка в баллах того или иного показателя опасности должна соответствовать кодовой записи опасности подтопления на данной территории, например, $\alpha_1 = 2$ м, что соответствует большой степени опасности (код 3) подтопления (см. Приложение Д).

Аналогичным образом производится сбор информации по показателям уязвимости территории и коду опасности (см. Приложение Л), (см. Таблица 6).

β_1 - урбанистическая характеристика территории (см. Приложение Е);

β_2 - геотехническая характеристика объектов (см. Приложение Ж);

β_3 - характеристика экологической обстановки (см. Приложение И);

β_4 - характеристика надежности эксплуатационных служб (см. Приложение К).

Результаты исследования по показателям уязвимости

Площадь подтопления, S, га	$S_{\text{ДОК Красный Октябрь}}$	$S_{\text{Заречный}}$	$S_{\text{Лесобаза}}$
		129	19
Код уязвимости территории	2323	2222	2223
Баллы по показателям уязвимости территории	$\beta_1 = 180-370$ $\beta_2 = \text{простая}$ $\beta_3 = \text{напряженная}$ $\beta_4 = \text{весьма уязвимая}$	$\beta_1 = 180-370$ $\beta_2 = \text{средней сложности}$ $\beta_3 = \text{напряженная}$ $\beta_4 = \text{уязвимая}$	$\beta_1 = 180-370$ $\beta_2 = \text{средней сложности}$ $\beta_3 = \text{напряженная}$ $\beta_4 = \text{весьма уязвимая}$
Коэффициент уязвимости территории	0,8467	0,6667	0,7434

Расчеты ущерба от подтопления производятся по формуле:

$$Y_k = 0,535 * \operatorname{erfc}(-2,38 \ln D - 3) \sum_{i=1}^3 S_{k_i} * R_{6i} \quad (1),$$

где D - доза вредного воздействия на территорию при её подтоплении;

S_{k_i} - площадь участка;

R_{6i} - базовая величина ущерба = 6878 тыс. руб/га. год (см. Приложение М);

Значение функции $\operatorname{erfc} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-x^2} dx$ (см. Приложение Н).

$$D = \lambda_{\text{оп}} * \gamma_{\text{уязв}} \quad (2),$$

где $\gamma_{\text{уязв}}$ - коэффициент уязвимости этой территории вследствие её подтопления;

$\lambda_{\text{оп}}$ - коэффициент опасности подтопления данной территории.

Таким образом, зная все показатели, подставим их в формулу (1) и рассчитаем величину ущерба от подтопления для каждого района:

$$Y_{\text{ДОК}} = 0,535 \operatorname{erfc}(-2.38 \ln 0.6488 - 3) \sum_{i=1}^3 129 * 6878 = 10253,1997 \text{ тыс. руб/год}$$

$$Y_{\text{Зарека}} = 0,535 \operatorname{erfc}(-2.38 \ln 0.4445 - 3) \sum_{i=1}^3 19 * 6878 = 32992,8271 \text{ тыс. руб/год}$$

$$Y_{\text{Лесобаза}} = 0,535 \operatorname{erfc}(-2.38 \ln 0.5696 - 3) \sum_{i=1}^3 100 * 6878 = 26162,8803 \text{ тыс. руб/год}$$

Нами была использована именно эта методика [2] исчисления годового ущерба территории от подтопления, так как на наш взгляд она является наиболее приемлемой, точной, эффективной и является новейшей из всех нами рассмотренных.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что на подтопленных территориях степень риска имеет повышенный уровень (см. Приложение П). Этот факт требует принятия немедленных мер по защите территории от подтопления, так как это отражается на экологическое и экономическое состояние территории города Тюмени.

3.2. Существующие мероприятия инженерной и неинженерной защиты: нормативное регулирование и практика правоприменения

Согласно СНиП 22-02-2003. «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения», инженерная защита территорий, зданий и сооружений – это комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий [4].

В РФ действуют определенные правила по защите территорий, зданий и сооружений от подтопления, регламентирующие инженерную защиту территории [2,3,4,5].

Согласно нормативным документам, «при необходимости инженерной защиты от подтопления следует предусматривать комплекс мероприятий, обеспечивающих предотвращение подтопления территорий и отдельных объектов в зависимости от требований строительства, функционального использования и особенностей эксплуатации, охраны окружающей среды и/или устранения отрицательных воздействий подтопления» [4].

Так же в СНиП 22-02-2003 сказано, что «защита от подтопления должна включать:

- локальную защиту зданий, сооружений, грунтов оснований и защиту застроенной территории в целом;
- водоотведение;
- утилизацию (при необходимости очистки) дренажных вод;
- систему мониторинга за режимом подземных и поверхностных вод, за расходами (утечками) и напорами в водонесущих коммуникациях, за деформациями оснований, зданий и сооружений, а также за работой сооружений инженерной защиты» [4].

Чтобы защитить территорию от подтоплений следует применять:

- дренажные системы;
- противодиффузионные экраны и завесы, проектируемые по СП 22.13330;
- вертикальную планировку территории с организацией поверхностного стока, прочистку открытых водотоков и других элементов естественного дренирования и регулирование уровня водных объектов [5].

Сологаев В.И. в своей работе делит методы защиты от подтопления на две группы:

- предупредительные мероприятия (пассивные методы);
- защитные дренажи (активные методы) [26].

Предупредительные мероприятия он подразделяет на 9 типов (см. Таблица 7):

Предупредительные мероприятия по В.И. Сологаеву

Мероприятие	Описание мероприятия
<i>вертикальная планировка</i>	это комплексное преобразование естественного или существующего рельефа территории города для размещения зданий, сооружений, дорожно-транспортных коммуникаций и организации поверхностного стока атмосферных вод;
<i>дождевая канализация</i>	предназначена для отведения поверхностных атмосферных и талых вод с городской территории и выпуска их в водоём
<i>гидронамыв и подсыпка территорий</i>	применяется как средство ухода от высокого УГВ, а также при строительстве на поймах рек, подверженных затоплению
<i>гидроизоляция зданий и сооружений</i>	В отличие от предыдущих, это локальное мероприятие для отдельного здания или сооружения. Она подразделяется на два класса: противofильтрационная и антикоррозионная
<i>противofильтрационные завесы («стены в грунте»)</i>	предназначены как для защиты от подтопления отдельных площадок, зданий и сооружений, так и для строительства несущих и ограждающих конструкций и фундаментов
<i>профилактические дренажи сетей и сооружений</i>	предназначены перехватывать распространение утечек воды из водонесущих сетей и сооружений при фильтрации в грунты застройки
<i>сохранение естественного подземного стока</i>	Естественные подземные потоки могут перекрываться зданиями и сооружениями, как плотинами. Возникает подпор потоков, то есть повышение УПВ с верховой стороны. Мероприятия по сохранению естественного подземного стока аналогичны устройству водопропускных труб на дорогах с целью не допустить скопления воды
<i>вентиляция подземных частей зданий и сооружений</i>	профилактическое мероприятие не столько от подтопления, сколько от сырости зданий и сооружений

«Мероприятия имеют разную степень влияния на защиту от подтопления. Некоторые являются общими по территории (1-3), другие — локальными для отдельных зданий и сооружений (4-9)» [26].

«Защитные дренажи (активные методы) отличаются от рассмотренных предупредительных мероприятий тем, что они надёжно понижают уровень поверхностных вод (далее УПВ) и обеспечивают норму осушения на территории застройки, для отдельного здания или сооружения. Таким образом, дренажи представляют собой активные методы защиты от подтопления» [26].

Сологаев В.И. даёт определение: «дренаж — это инженерная система из дрен (труб с отверстиями), фильтрующих обсыпок, слоёв и других элементов, предназначенная для понижения УПВ не менее нормы осушения или не менее 0,5 метра ниже пола подвала, основания сооружения со сбросом дренажных вод:

- в дождевую канализацию К2;
- близлежащий водоём или водоток;
- нижележащий подземный пласт» [26].

Администрация г. Тюмени приняла ряд постановлений. Одним из таких является план «Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ город Тюмень до 2040 год».

На данный момент наиболее существенными мероприятиями по защите городской территории от подтопления является инженерные способы.

Так как большая часть городской территории, подвергающаяся периодическими подтоплениями, не обеспечена инженерными системами защиты, то следует использовать неинженерные методы. Они являются не менее важными.

Все перечисленные ранее экологические проблемы сопровождаются так же и экономическими последствиями. Для того чтобы компенсировать понесенные потери (как личные (частные земельные участки), так и на муниципальном и предпринимательском уровне (парковые зоны, застройки)) следует использовать экологическое страхование.

«Цель экологического страхования – образование страховых фондов для предупреждения экологических аварий и катастроф; возмещения убытков, причиненных юридическим и физическим лицам вследствие загрязнения окружающей среды» [21].

Надо сказать, что в нашей стране экологическое страхование существует относительно недавно и слабо развито.

Виды экологического страхования:

1. страхование ответственности на случай аварийного загрязнения окружающей среды;
2. имущественное страхование финансовых убытков, обусловленных аварийным загрязнением окружающей среды;

3. личное страхование жизни, здоровья, трудоспособности и пенсионного обеспечения граждан на случай наступления аварийного загрязнения окружающей среды [12].

Так же, страхование требует принятия превентивных (предупредительных) мероприятий. Так, для экологического страхования при подтоплении можно реализовать такие мероприятия, как участие в финансировании строительства новых коллекторов ливневой канализации и устройство резервуаров, а так же строительства локальных очистных сооружений, финансировании аварийных и ремонтных служб и их подготовки к действиям в чрезвычайных ситуациях и др.

Следует отметить, что в экологическом страховании превентивная функция связана не только с использованием финансирования. Так, например, страховая компания, проведя оценку риска, может отказать предприятию в предоставлении страхового покрытия в связи с тем, что вероятность наступления страхового случая у данного страхователя слишком велика. Такие действия стимулируют предприятие, обязанное застраховать данный риск по закону, провести мероприятия, снижающие степень риска, с тем чтобы объект все же был принят на страхование.

Кроме экологического страхования следует периодически проводить мониторинг и прогноз уровня грунтовых вод с целью своевременного получения информации об УГВ и предусмотрения необходимых мероприятий для предотвращения последствий при подтоплении.

Мониторинг опасных природных процессов и явлений – это система регулярных наблюдений и контроля за развитием опасных природных процессов и явлений в окружающей природной среде, факторами, обуславливающими их формирование и развитие, проводимых по определенной программе, выполняемых с целью своевременной разработки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными природными процессами и явлениями, или снижению наносимого их воздействием ущерба [3].

Прогнозирование опасных гидрологических процессов и явлений – определение вероятности возникновения и динамики развития опасных гидрологических процессов и явлений, оценка их масштабов и риска возникновения чрезвычайных ситуаций [3].

Следует отметить, что в городе Тюмени существует ряд компаний, которые следят за уровнем грунтовых вод. Одной из таких компаний является территориальный центр «Тюменьгеомониторинг», который составляет ежегодный прогноз экстремальных и среднегодовых положений уровня грунтовых вод на территории г.Тюмени и

предоставляет информацию в Департамент недропользования и экологии Тюменской области.

Также проводится государственный контроль за использованием и охраной объектов питьевого водоснабжения, рационального использования водных ресурсов. Департаментом недропользования и экологии Тюменской области проводились работы по инвентаризации и определению состояния скважин на пресную и минеральную воду.

Изучив рекомендации и правила по защите территории от подтопления, можно сказать, что комплекс мероприятий применяется на территории г.Тюмени, но не в полной мере. Например, изучаемые нами районы ежегодно подтопляются, вследствие непосредственной близости к р.Тура и выпадения осадков [14].

Таким образом, неинженерные методы защиты являются одними из важнейших звеньев обеспечения безопасности людей и объектов, позволяющие смягчить экономические и экологические последствия при подтоплении городской территории.

3.3. Рекомендации по внедрению мероприятий защиты территории от подтопления

Для того чтобы снизить или вовсе предотвратить экологический вред окружающей среде и людям, наносимый подтоплениями, предлагаем мероприятия по защите территории.

Так, на территории Заречного микрорайона необходимо укрепить береговую часть реки Тура, во избежание процессов загрязнения и дальнейшего разрушения берега, оползневых процессов.

На территории ДОК Красный Октябрь предлагается жителям частного сектора устанавливать дренажные системы, а также управляющей компанией проводить своевременную очистку сточных канав вдоль дорог и жилого сектора, для уменьшения риска подтопления.

В связи с активной застройкой района Лесобаза, рекомендуется более ответственно подходить к планированию строительства многоэтажных домов. При строительстве учитывать необходимость развития системы ливневой канализации.

Помимо сказанных мероприятий для изучаемых нами участков, предлагаем также мероприятия необходимые к применению на территории всего города.

Для улучшения экологической ситуации и ликвидации территорий подтопления на территории города Тюмени следует предусмотреть развитие системы ливневой канализации:

1. развитие сети коллекторов;
2. строительство очистных сооружений;
3. строительство регулирующих резервуаров и насосных станций [1].

Необходимо производить своевременный вывоз снега управляющей компанией, во избежание подтопления в результате таяния снега.

Среди населения города, а также муниципальных и частных предприятий следует активнее развивать экологическое страхование при подтоплении территории.

Тюменцам предлагается принимать более активное участие в жизни города. А именно сообщать обо всех нарушениях экологического характера на сайте "Тюмень - наш город ", для более своевременного устранения или предупреждения проблем, в том числе и подтопления. Тем самым, на ответственные лица будут возлагаться штрафные санкции.

Следует систематически проводить мониторинг и прогноз подтопляемых территорий. Данная информация должна находиться в свободном доступе, для использования юридическими и физическими лицами с целью заблаговременного принятия мер по устранению риска подтопления.

Выводы к главе:

1. Расчет экономического ущерба показал, что на подтопляемых территориях степень риска имеет повышенный уровень.

2. В процессе изучения проблемы подтопления, мы пришли к выводу, что инженерные и неинженерные мероприятия могут дать существенный результат только при использовании в комплексе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Подтопление и переувлажнение земель - крайне негативные явления, которые отрицательно сказываются на всех видах хозяйственной деятельности человека» [20].

Экологические и экономические проблемы подтопления города Тюмени, в связи с интенсивным урбанистическим развитием городского округа, имеют приоритетное значение так как являются неблагоприятными факторами жизнедеятельности человека, а кроме того, несут угрозу жизни и здоровью людей. В некоторых случаях последствия от подтопления достигают критического уровня. Данный вопрос требует комплекс неотложных мероприятий для решения сложившихся проблем.

В ходе исследования мы достигли поставленной цели – изучили экологические риски при подтоплении городской территории и разработали рекомендации по внедрению механизмов экологической защиты.

Для достижения цели мы выполнили все, поставленные нами, задачи.

Анализ нормативных документов и учебно-методической литературы по исследуемой проблеме показал, что при подтоплении территории г. Тюмени проявляются множество экологических рисков, сказывающиеся на человеке и на окружающей среде, такие как, загрязнение грунта, нарушение рекреационных зон, заболевание людей из-за сырости в жилых помещениях и т.д.

Исследовав существующую ситуацию подтопления на территории г. Тюмени можно сказать, что проблема возникает ежегодно и причинами этого являются как антропогенный, так и естественный факторы.

В процессе исследования существующих мероприятий по защите территории от подтопления были разработаны рекомендации по защите городской территории, которые включают как инженерные, так и неинженерные мероприятия, так как лучшего результата можно достичь лишь при комплексном подходе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные правовые акты

1. Постановление Администрации города Тюмени от 20.09.2016 № 295-пк "Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ город Тюмень до 2040 года".
2. ГОСТ Р 22.8.09-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий.
3. ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения.
4. СНиП 22.02.2003 "Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения".
5. СП 104.13330.2016 Инженерная защита территории от затопления и подтопления.

Методическая литература

6. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа - Человек - Техника: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
7. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области: Учеб. пособие. — Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд., 1996. — 240 с.
8. Безуглая-Анненкова И.Н. Изучение гидрогеологических условий и обоснование мероприятий по берегоукреплению реки Туры в районе города Тюмени: диссертация кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.06.- Тюмень, 2000.- 170 с.
9. Безуглая-Анненкова И.Н., Матусевич В.М. «Гидрогеологические условия береговой зоны р.Туры в г.Тюмени» // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. ТюмГНГУ, №3 1998. – с. 8-15.
10. Ваганов П. А., Ман-Сунг Им Экологические риски: учеб. пособие. Изд-е 2-е. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 152 с.
11. Гвоздецкий Н.А. (ред.) Физико-географическое районирование Тюменской области: М.: МГУ, 1973. — 248 с.
12. Гребенкин С.С., Костенко В.К., Матлак Е.С. [и др.] Системно-экономические аспекты экологизации производства и управления предприятием: монография; под общ. ред. С. С. Гребенкина и В. К. Костенко. – Донецк: ВИК, 2010. – 401 с.

13. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2017 году. - Тюмень: Департамент недропользования и экологии Тюменской области, 2018. – 239 с.
14. Ермоленко А.А. Практические аспекты страхования экологических рисков при подтоплении территории г.Тюмени // Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды: сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых. Том I. Студенты, аспиранты и молодые ученые – Красноярск: филиал СибГУ в г.Лесосибирске, 2018. с. 115-118.
15. Ермоленко А.А., Петров Ю.В. Анализ экологических/экономических эффектов от подтопления территории городского округа г. Тюмени // сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. С. 214-216.
16. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области: Монография - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - 286 с.
17. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. -М.: Наука, 1994. 138 с.
18. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Изд. 5-е, доп. и переработ. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2003. – 576 с.
19. Криулин К.Н., Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве, ООО «Студия НП-Принт» ОДО «Гриния», СПб, 2014. – 120с.
20. Малышев Б.Н., Актуальность проблемы защиты территории Краснодарского края от подтопления и переувлажнения земель // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного аграрного университета, 2010. – с.175-182.
21. Матусевич В.М. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия урбанизированной территории г.Тюмени: Учебное пособие / В.М. Матусевич, И.Н. Бузуглая-Анненкова. Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 1999. 101 с.
22. Мусиенко А.И. Тюмень. Градостроительная экология. Анализ состояния, проблемы, пути решения: Монография. — Челябинск: Изд-во «АРБИС», 2001. — 256 с.
23. Писарев А.Е. Эколого-гидрогеологические условия территории г. Тюмени и обоснование методов защиты ее от подтопления: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.06 / А.Е. Писарев; ТюмГНГУ. – Тюмень, 1998.- 22 с.

24. Салимгариева Н.И., Калошина С.В. Негативное влияние подтопления территории городской застройки на состояние зданий и сооружений // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. №1., 2012. –с.95-100.
25. Сибриков, С. Г. Техногенные системы и экологический риск: учебное пособие / С. Г. Сибриков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2009 – 156 с.
26. Сологаев В.И. Защита от подтопления в городском строительстве. Устройство и работа: Конспекты лекций. – Омск: Изд-во СибАДИ, 1999. – 56 с.
27. Схема размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Тюменской области Том 1. - Тюмень: ООО "Сибирский научно-исследовательский и проектный институт рационального природопользования -Тюмень", 2013. - 217 с.
28. Терентьева А.М. Влияние урбанизации на гидрогеоэкологические условия города Тюмени // Записки Горного института. 2003. №2. 51-52 с.
29. Тюменцева О.В. Экологическая опасность подтопления территории города Омска// Вестник СибАДИ №19, 2011. – с. 40-44.
30. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. А.И. Спиридонова. М.: Советская энциклопедия, 1980. – 703 с.
31. Швер Ц.А., Ковба С.А. Климат Тюмени: Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 184 с.
32. Шмаль А.Г. Факторы экологической опасности & экологические риски – г. Бронницы: Изд-во МП «ИКЦ БНТВ», 2010. — 192 с.
33. Интернет-ресурс:
https://admtumen.ru/ogv_ru/gov/administrative/ecology_department.htm
34. Интернет-ресурс: <http://www.tyumen-city.ru>
35. Интернет-ресурс: <http://www.vsluh.ru/news/realty/330951>
36. Интернет-ресурс: <https://www.nakanune.ru/news/2016/12/14/22455906/>

Оценка степени опасности подтопления ГПТ по положению УГВ (α_1)

Категория ГПТ*	Степень опасности		
	большая	средняя	малая
	положение УГВ от поверхности земли, м		
1	до 3,5	3,5-5,0	5,0-8,0
2	до 3,0	3,0-4,0	4,0-6,0
3	до 2,5	2,5-3,5	3,5-5,5
4	до 2,2	2,2-3,2	3,2-5,2
5	до 2,0	2,0-3,0	3,0-5,0
6	до 1,5	1,5-2,5	2,5-4,5
7	до 1,2	1,2-2,2	2,2-4,2
8	до 1,0	1,0-1,8	1,8-3,4
9	до 0,8	0,8-1,5	1,5-3,1
10	до 0,7	0,7-1,4	1,4-2,8
11	до 2,0	2,0-3,0	3,0-5,0
12	до 1,5	1,5-3,0	3,0-6,0
13	до 5,0	5,0-8,0	8,0-14,0
14	до 4,0	4,0-6,0	6,0-10,6
15	до 0,8	0,8-1,5	1,5-3,1

* Категории ГПТ, выделенные в соответствии с [3]: 1 - сверхкрупные города (более 3 млн. чел.); 2 - крупнейшие города (1-3 млн. чел.); 3 - крупные города (250 тыс. - 1 млн. чел.); 4 - большие города (100-250 тыс. чел.); 5 - средние города (50 тыс. - 100 тыс. чел.); 6 - малые города и посёлки (менее 50 тыс. чел.); 7 - крупные сельские поселения (более 5 тыс. чел.); 8 - большие сельские поселения (1-5 тыс. чел.); 9 - средние сельские поселения (200 чел. - 1 тыс. чел.); 10 - мелкие сельские поселения (менее 200 чел.); 11 - линейные инженерные сооружения; 12 - склады, фермы, хранилища; 13 - территориальные промышленные комплексы; 14 - городские промзоны, центры сверхкрупных, крупнейших, крупных и больших городов; 15 - территории зон рекреационного и защитного назначения, спортивно-оздоровительных объектов, учреждений обслуживания зон отдыха.

Оценка степени опасности подтопления по загрязнению грунтов и грунтовых вод (α_2)

Значение	Степень опасности и подтопления	Загрязнение грунтовых вод*				Загрязнение грунтов*			
		нитраты, фенолы, тяжелые металлы, СПАВ, нефть, (ПДК)	хлор-органические соединения, канцерогенные - бенз(а)-пирен, (ПДК)	минерализация, г/л	растворимый кислород, мг/л	неорганические вещества		органические вещества	
						класс опасности соединений			
						1-2	3	1-2	3
3	Большая	более 100	более 3	более 100	менее 1,0	более ПДК	более K_{max}	более 5 ПДК	более 10 ПДК
2	Средняя	10-100	1,5-3	10-100	4-1	от 2 фоновых значений до ПДК	от ПДК до K_{max}	от 2 до 5 ПДК	от 5 до 10 ПДК
1	Слабая	1-10	1-1,5	1-10	6-4	от 2 основных значений до 2 фоновых значений	от 2 фоновых значений до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от 1 до 5 ПДК

* В соответствии с СП 11-102-97; K_{max} - показатель вредности веществ (определяется по одному из четырех критериев эколого-токсикологического состояния: K_1, K_2, K_3, K_4)

Оценка степени опасности подтопления по возможному изменению прочностных и коррозионных свойств грунтов (α_3)

Значение	Степень опасности	Снижение несущей способности грунтов	Наличие особых пород		
			просадочные лессовидные грунты	набухающие глинистые грунты	пучинистые глинистые или пылеватые песчаные грунты
3	Большая	>30%	Величина просадки от собственного веса более 5 см (II тип)	Сильно-набухающие грунты ($\epsilon_{fn}^* > 12$)	Сильно-пучинистые грунты ($\epsilon_{fn}^* > 0,07$)
2	Средняя	10-30%	Величина просадки от собственного веса до 5 см (I тип)	Средне-набухающие грунты ($\epsilon_{sw} = 0,084-0,12$)	Средне-пучинистые грунты ($\epsilon_{fn} = 0,035-0,07$)
1	Малая	<10%	Лессовидные породы, склонные к неравномерным деформациям	Слабо-набухающие грунты ($\epsilon_{sw} = 0,04-0,08$)	Слабо-пучинистые грунты ($\epsilon_{fn} = 0,01-0,035$)
* ϵ_{sw} и ϵ_{fn} - значение относительной деформации набухания и пучения соответственно.					

Оценка степени опасности подтопления ГПТ по данным об активизации наведенных опасных процессов (α_4)

Степень опасности и подтопления	Значение	Опасные процессы, активизирующиеся при подтоплении				
		сейсмичность (при землетрясениях более 3 баллов)	карст	суффозия	разжижение пород	оползни
Большая	3	Увеличение сейсмичности территории на 1-2 балла	Техногенное воздействие подтопления (гидродинамическое, гидрохимическое, тепловое), вызывающее опасный или весьма опасный тип карста	Химическая поровая суффозия, фильтрационное разрушение, подземная эрозия, характеризующие совокупное воздействие на территорию с категорией устойчивости I, II ($A > 0,1$)*	Вероятность разрушения грунтов при техногенных динамических нагрузках, более 5%	Снижение коэффициента устойчивости при подтоплении до величины K^{**}
Средняя	2	Увеличение сейсмичности территории на 0,5-1 балл	Техногенное воздействие подтопления (гидродинамическое, гидрохимическое, тепловое), вызывающее умеренно опасный тип карста	Химическая поровая суффозия, фильтрационное разрушение, подземная эрозия, характеризующие совокупное воздействие на территорию с категорией устойчивости III ($0,05 < A < 0,1$)*	Вероятность разжижения грунтов при техногенных динамических нагрузках, 0,5%-5%	Снижение коэффициента устойчивости при подтоплении до величины* $K_{st} \leq K < 1,1$
Малая	1	Увеличение сейсмичности территории до 0,5 балла	Техногенное воздействие подтопления (гидродинамическое, гидрохимическое, тепловое),	Химическая поровая суффозия, фильтрационное разрушение, подземная эрозия, характе-	Вероятность разжижения грунтов при техногенных динамических нагрузках меньше 0,5%	Снижение коэффициента устойчивости при подтоплении до величины $K \geq 1,1 \cdot K_{st}$

			вызывающ е малоопасны й тип карста	ризующие совокупное воздействие на территорию с категорией устойчивости IV ($0,01 < A < 0,05$)* <small>случай</small> <small>год · км²</small>		
<p>* A - показатель интенсивности провалообразований, <small>случай</small> <small>год · км²</small>.</p> <p>** K - коэффициент устойчивости склона.</p> <p>K_{st} - нормированное значение: iК; $1,1 \leq K_{st} \leq 1,25$ - для основного сочетания нагрузок; $1,05 \leq K_{st} \leq 1,2$ - для особого сочетания нагрузок, в зависимости от уровня ответственности инженерной защиты и состояния склона по <u>СНиП 22-02-2003</u>.</p>						

Интегральная оценка коэффициента опасности $\lambda_{оп}$ подтопления градопромышленной территории

Код	$\lambda_{оп}$
1111	0,3334
1112	0,4334
1113	0,5334
1121	0,4000
1122	0,5000
1123	0,6000
1131	0,4668
1132	0,5668
1133	0,6668
1211	0,4000
1212	0,5000
1213	0,6000
1221	0,4668
1222	0,5668
1223	0,6668
1231	0,5335
1232	0,6335
1233	0,7335
1311	0,4668
1312	0,5668
1313	0,6668
1321	0,5335
1322	0,6335
1323	0,7335
1331	0,6002
1332	0,7002
1333	0,8002
2111	0,4334
2112	0,5334
2113	0,6334
2121	0,5000
2122	0,6000
2123	0,7000
2131	0,5668
2132	0,6668
2133	0,7668
2211	0,5000
2212	0,6000
2213	0,7000
2221	0,5668
2222	0,6668
2223	0,7668
2231	0,6335
2232	0,7335
2233	0,8335
2311	0,5668

2312	0,6668
2313	0,7668
2321	0,6335
2322	0,7335
2323	0,8335
2331	0,7000
2332	0,8000
2333	0,9000
3111	0,5334
3112	0,6333
3113	0,7333
3121	0,6000
3122	0,7000
3123	0,8000
3131	0,6668
3132	0,7668
3133	0,8668
3211	0,6000
3212	0,7000
3213	0,8000
3221	0,6663
3222	0,7663
3223	0,8663
3231	0,7335
3232	0,8335
3233	0,9335
3311	0,6668
3312	0,7668
3313	0,8668
3321	0,7335
3322	0,8335
3323	0,9335
3331	0,8000
3332	0,9000
3333	1,0000

Оценка степени уязвимости подтапливаемой ГПТ по урбанистическому показателю (β_1)

Степень уязвимости	Значение	Урбанистическая характеристика территории										
		плотность населения, чел/га								степень (глубин) освоения подземного пространства, м	совокупная плотность сети коммуникаций, м/га	
		микро-районная застройка	жилой район для групп городов с числом жителей, тыс. чел									
			до 20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	свыше 1000			
Весьма уязвимая (большая)	3	свыше 370	100-130	160-165	165-185	185-200	200-210	210-220	св. 220	более 4,0	более 500	более 600
Уязвимая (средняя)	2	180-370	70-115	115-160	160-165	165-180	180-185	185-200	св. 200	2,5-4,0	400-500	500-600
Слабо-уязвимая (малая)	1	до 180	до 70	до 115	до 160	до 165	до 180	до 185	до 200	до 2,5	менее 400	менее 500

Оценка степени уязвимости подтапливаемых ГПТ по геотехническому показателю (β_2)

Степень уязвимости	Значение	Геотехническая характеристика объектов					
		геотехническая категория сложности объектов	основные типы фундаментов	категория состояния объекта при обследовании	степень износа объектов	степень износа водонесущих коммуникаций	соответствие проектных и строительных решений современным нормативным требованиям
Весьма уязвимая (большая)	3	Категория III (сложная)	Фундаменты мелкозаложенные	IV категория (предаварийное или аварийное состояние)	более 40%	более 50%	Большая степень несоответствия (значительные отклонения от современных нормативных требований, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям при подтоплении)
Уязвимая (средняя)	2	Категория II (средней сложности)	Свайные фундаменты	III категория (неудовлетворительное состояние)	15-40%	35-50%	Средняя степень несоответствия (существенные отклонения от современных нормативных требований, которые могут привести к нарушению нормативного режима эксплуатации при подтоплении)
Слабоуязвимая (малая)	1	Категория I (простая)	Комбинированный свайно-плитный фундамент	II категория (удовлетворительное состояние)	до 15%	до 35%	Малая степень несоответствия (незначительные отклонения от современных нормативных требований)

Оценка степени уязвимости подтапливаемых ГПТ по экологическому показателю (β_3)

Степень уязвимости	Значение	Характеристики экологической обстановки		Степень пожаровзрывоопасности
		Изменение среды обитания и здоровья человека	Изменение природной среды и загрязнения естественных экосистем	
		Экологическая обстановка по загрязнению атмосферного воздуха, загрязнению источников питьевого и рекреационного назначения, загрязнению почв оценивается как:	Экологическая обстановка деградации почв, истощение ресурсов растительного и животного мира, загрязнение водных ресурсов оценивается как:	
Весьма уязвимая	3	Критическая, кризисная или катастрофическая	Критическая, кризисная или катастрофическая	Высокая
Уязвимая	2	Напряженная	Напряженная	Средняя
Слабоуязвимая	1	Относительно удовлетворительная	Относительно удовлетворительная	Низкая

Оценка степени уязвимости подтапливаемых ГПТ по эксплуатационному показателю (β_4)

Степень уязвимости	Значение	Характеристика надёжности эксплуатационных служб					
		Укомплектованность штатами и их квалификация	Техническая укомплектованность службы	Уровень финансового обеспечения	Аварийность на водонесущих коммуникациях (шт./100 км сетей в год)	Утечки на водонесущих коммуникациях (% от забираемой воды)	Организация учёта и контроля расхода воды
Весьма уязвимая (большая)	3	Низкий уровень квалификации и и значительная недоукомплектованность штатов	Низкий уровень укомплектованности техникой, инструментами, материалами	Низкий	более 60	более 20	Низкий
Уязвимая (средняя)	2	Недостаточный уровень квалификации, недостаточная укомплектованность штатов	Недостаточный уровень укомплектованности техникой, инструментами, материалами	Недостаточный	45-60	15-20	Недостаточный
Слабоуязвимая (малая)	1	Временная недоукомплектованность службы квалифицированными кадрами	Временная недоукомплектованность техникой, инструментами, материалами	Средний	до 45	до 15	Средний

Интегральная оценка коэффициента уязвимости $\nu_{\text{уязв}}$ ГПТ при подтоплении

Код	$\nu_{\text{уязв}}$
1111	0,3333
1112	0,4100
1113	0,4867
1121	0,4100
1122	0,4867
1123	0,5634
1131	0,4867
1132	0,5634
1133	0,6400
1211	0,4367
1212	0,5133
1213	0,5900
1221	0,5133
1222	0,5900
1223	0,6667
1231	0,5900
1232	0,6667
1233	0,7434
1311	0,5400
1312	0,6167
1313	0,6934
1321	0,6167
1322	0,6934
1323	0,7700
1331	0,6934
1332	0,7700
1333	0,8467
2111	0,4100
2112	0,4867
2113	0,5634
2121	0,4867
2122	0,5634
2123	0,6400
2131	0,5634
2132	0,6400
2133	0,7167
2211	0,5133
2212	0,5900
2213	0,6667
2221	0,5900
2222	0,6667
2223	0,7434
2231	0,6667
2232	0,7434

2233	0,8200
2311	0,6167
2312	0,6934
2313	0,7700
2321	0,6934
2322	0,7700
2323	0,8467
2331	0,7700
2332	0,8467
2333	0,9234
3111	0,4867
3112	0,5634
3113	0,6400
3121	0,5634
3122	0,6400
3123	0,7167
3131	0,6400
3132	0,7167
3133	0,7934
3211	0,5900
3212	0,6667
3213	0,7434
3221	0,6667
3222	0,7434
3223	0,8200
3231	0,7434
3232	0,8200
3233	0,8967
3311	0,6934
3312	0,7700
3313	0,8467
3321	0,7700
3322	0,8467
3323	0,9234
3331	0,8467
3332	0,9234
3333	1,0000

Базовая величина R_6 ежегодного ущерба, наносимого подтоплением, из расчета на 1 га территории (в ценах 2006 г.)

Федеральные округа	Ущерб, наносимый населенным пунктам, промышленным предприятиям, линейным инженерным сооружениям, тыс. руб./га·год	Ущерб, наносимый объектам сельского хозяйства:	
		складам, фермам, хранилищам, предприятиям (цехам) и другим производственным зданиям и сооружениям, тыс. руб./га·год	сельскохозяйственным угодьям, тыс. руб./га·год
Центральный	5475	1643	118
Северо-Западный	6114	1898	116
Южный	5475	1656	119
Приволжский	5522	1670	118
Уральский	6878	2144	131
Сибирский	7110	2062	148
Дальневосточный	7738	2597	159
В среднем по Российской Федерации	6330	1953	130

Значение функции $erfc x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-x^2} dx$

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
<i>erfc x</i>	1,0000	0,9887	0,9774	0,9662	0,9549	0,9436	0,9324	0,9211	0,9099	0,8987
x	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
<i>erfc x</i>	0,8875	0,8764	0,8652	0,8541	0,8431	0,8320	0,8210	0,8100	0,7991	0,7882
x	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
<i>erfc x</i>	0,7773	0,7665	0,7557	0,7450	0,7343	0,7237	0,7131	0,7026	0,6921	0,6817
x	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
<i>erfc x</i>	0,6714	0,6611	0,6509	0,6407	0,6306	0,6206	0,6107	0,6008	0,5910	0,5813
x	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49
<i>erfc x</i>	0,5716	0,5620	0,5525	0,5431	0,5338	0,5245	0,5153	0,5062	0,4973	0,4883
x	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68
<i>erfc x</i>	0,4795	0,4621	0,4451	0,4284	0,4121	0,3961	0,3806	0,3654	0,3506	0,3362
x	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88
<i>erfc x</i>	0,3218	0,3086	0,2953	0,2825	0,2700	0,2579	0,2462	0,2349	0,2239	0,2133
x	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,1	1,2	1,3	1,4
<i>erfc x</i>	0,2031	0,1932	0,1837	0,1746	0,1658	0,1573	0,1198	0,0897	0,0660	0,0477
x	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6
<i>erfc x</i>	0,0339	0,0237	0,0162	0,0109	0,0072	0,0047	0,0029	0,0016	0,0007	0,0002

Оценка уровней риска от подтопления ГПТ для различных поселений

Вид поселения	Уровень ответственности территории	Риск (ущерб) от подтопления, млн. руб./год га в ценах 2006 г.			
		приемлемый уровень	условно-приемлемый уровень	повышенный уровень	недопустимый уровень
Сверхкрупные города (более 3 млн. чел.)	I (повышенный)	менее 0,076	0,076-25,04	25,04-70,17	более 70,17
	II (нормальный)	менее 0,006	0,006-3,43	3,43-9,55	более 9,55
	III (пониженный)	менее 0,003	0,003-1,06	0,06-2,94	более 2,94
Крупнейшие города (1-3 млн. чел.)	I (повышенный)	менее 0,069	0,069-22,88	22,88-64,13	более 64,13
	II (нормальный)	менее 0,006	0,006-3,13	3,13-8,73	более 8,73
	III (пониженный)	менее 0,002	0,002-0,97	0,97-2,69	более 2,69
Крупные города (250 тыс. - 1 млн. чел.)	I (повышенный)	менее 0,065	0,065-21,55	21,55-60,41	более 60,41
	II (нормальный)	менее 0,005	0,005-2,95	2,95-8,26	более 8,26
	III (пониженный)	менее 0,002	0,002-0,91	0,91-2,54	более 2,54
Большие города (100-250 тыс. чел.)	I (повышенный)	менее 0,064	0,064-21,22	21,22-59,48	более 59,48
	II (нормальный)	менее 0,005	0,005-2,90	2,90-8,10	более 8,10
	III (пониженный)	менее 0,002	0,002-0,90	0,90-2,50	более 2,50
Средние города (50-100 тыс. чел.)	I (повышенный)	менее 0,058	0,058-19,07	19,07-53,44	более 53,44
	II (нормальный)	менее 0,004	0,004-2,61	2,61-7,28	более 6,87
	III (пониженный)	менее 0,001	0,001-0,80	0,80-2,24	более 2,24
Малые города и посёлки гор. типа (менее 50 тыс. чел.)	I (повышенный)	менее 0,042	0,042-14,09	14,09-39,50	более 39,50
	II (нормальный)	менее 0,003	0,003-1,93	1,93-5,38	более 5,38
	III (пониженный)	менее 0,001	0,001-0,60	0,60-1,66	более 1,66
Сельские поселения	I (повышенный)	менее 0,008	0,008-2,52	2,52-7,06	более 7,06
	II (нормальный)	менее 0,001	0,001-0,34	0,34-0,96	более 0,96
	III (пониженный)	менее 0,001	0,001-0,11	0,11-0,30	более 0,30

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные мной материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в 1 экземпляре

Библиография содержит 36 наименований

На кафедру сдан 1 экземпляр

" _ " _____

(дата)

(подпись)

(Ф.И.О.)