

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии

ДОПУЩЕНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ  
Заведующий кафедрой  
канд. геогр. наук, доцент  
С.И. Ларин  
12.06.2016 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

АНАЛИЗ ЗОНЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ УСТЬ-ТЕГУССКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ГИС

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкологические основы устойчивого водопользования»

Выполнил работу  
Студент 2 курса  
очной формы обучения

  
(Подпись)

Буркова  
Анастасия  
Владимировна

Научный руководитель  
канд. геогр. наук, доцент

  
(Подпись)

Добрякова  
Валентина  
Аркадьевна

Рецензент  
Генеральный директор  
ООО «Нижнеобской Научно-  
Исследовательский Проектный  
Институт»

  
(Подпись)

Нечетов  
Илья  
Александрович

## АННОТАЦИЯ

Данная магистерская диссертация посвящена вопросу возможного подтопления поверхностными водами участка территории Усть-Тегусского месторождения.

Проектирование и строительство на территории Тюменской области большого количества нефте- и газоромысловых коммуникаций в сочетании с чрезвычайно густой гидрографической сетью предъявляет особенно высокие требования к качеству инженерно-гидрологического обоснования проектируемых объектов. Следовательно, весьма актуальным является анализ возможной зоны подтопления при уровнях воды разной обеспеченности.

На основе литературных источников был проведён обзор проблемы подтопления и программного обеспечения для решения гидрологических задач. Также изучено современное состояние природной среды Усть-Тегусского месторождения, более подробно изучены гидрологические особенности территории.

Для достижения поставленной цели были построены карты с тематическими слоями зон подтопления и затопления, дан анализ возможных негативных ситуаций.

На основе анализа зон подтопления и затопления даны рекомендации по предупреждению и снижению негативного воздействия вод.

Ключевые слова: зона подтопления, прогнозная модель, геоинформационные системы, цифровая модель рельефа

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ ПОДТОПЛЕНИЯ.....	7
1.1 Проблема подтопления территорий в паводковый период.....	7
1.2 Обзор программного обеспечения для решения гидрологических задач .....	11
1.3 Методика исследования .....	15
Выводы по главе 1.....	18
ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ УСТЬ-ТЕГУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	20
2.1 Климатическая характеристика .....	20
2.2 Краткая инженерно-геологическая и геоморфологическая характеристика .....	24
2.3 Геокриологические условия.....	24
2.4 Почвенный покров .....	25
2.5 Растительность .....	27
2.6 Животный мир.....	29
2.7 Особо охраняемые виды растений и животных.....	33
2.8 Формы современного природопользования .....	33
Выводы к главе 2.....	35
ГЛАВА 3 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
3.1 Поверхностные воды .....	37
3.2 Гидрогеологические условия .....	41
3.3 Гидрохимическая характеристика.....	42
Выводы к главе 3.....	43
ГЛАВА 4 ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ.....	45
4.1 Построение карты горизонталей .....	45
4.2 Цифровая модель рельефа.....	47

4.3 Построение зон подтопления и затопления разной обеспеченности и их анализ .....	48
Выводы к главе 4.....	52
ГЛАВА 5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД .....	54
5.1 Организация работы при угрозе затопления .....	54
5.2 Мероприятия по предупреждения и снижения негативного воздействия вод ..	55
Вывод к главе 5 .....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Диссертационная работа посвящена анализу возможного подтопления поверхностными водами участка территории Усть-Тегусского нефтяного месторождения, расположенного в пойме реки Демьянка.

Подтопление – это подъем уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках при атмосферных осадках, снеготаяния, создании водохранилищ и др.

Подтопление территории относят к наиболее актуальным геоэкологическим проблемам, как при строительном освоении территории, так и при эксплуатации освоенных территорий. Проектирование и строительство на территории Тюменской области большого количества нефте- и газоромысловых коммуникаций в сочетании с чрезвычайно густой гидрографической сетью предьявляет особенно высокие требования к качеству инженерно-гидрологического обоснования проектируемых объектов. Следовательно, весьма актуальным является анализ возможной зоны подтопления при уровнях воды разной обеспеченности.

Слабая гидрологическая изученность Западной Сибири приводит к ошибкам в проектировании и как следствие к многочисленным техногенным авариям. Близость инженерных объектов к водным объектам, делает их зависимыми от чрезвычайных ситуаций, связанных с весенними и дождевыми паводками. В таких случаях, подтопление и затопление территории может инициировать гидрогеологическую чрезвычайную ситуацию, когда на определенной территории или объекте складывается обстановка, которая может повлечь за собой ущерб здоровью людей, окружающей среде, материальным и культурным ценностям.

При изменении естественных условий и инженерно-хозяйственной обстановки, применение информационной системы, основанной на моделировании и ГИС технологиях, позволит получать прогнозные характеристики развития процесса затопления и оценивать его влияние на территорию исследования.

Объект исследования: пойма реки Демьянка в пределах Усть-Тегусского месторождения.

Предмет исследования: анализ возможного подтопления поверхностными водами территории Усть-Тегусского месторождения средствами ГИС.

Цель магистерской диссертационной работы: прогнозирование зон подтопления территории Усть-Тегусского месторождения в пойме реки Демьянка и возможность их предупреждения. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. На основе литературных источников изучить проблему подтопления промышленных территорий в паводковый период;
2. Рассмотреть функциональные возможности ГИС для анализа и прогнозирования подтопления;
3. Провести анализ имеющейся гидрологической информации и сформировать информационную базу на территорию исследования;
4. Построить цифровую модель рельефа территории Усть-Тегусского месторождения, рассчитать и визуализировать зоны подтопления и затопления при различных сценариях развития гидрологической ситуации;
5. Выполнить анализ зон подтопления и затопления территории Усть-Тегусского месторождения.
6. Дать рекомендации по предупреждению и снижению негативного воздействия вод.

Научная новизна работы: Впервые выполнен анализ зоны затопления территории Усть-Тегусского месторождения средствами ГИС.

Практическая значимость работы:

Методика расчета зон подтопления и затопления, представленная в работе, может быть использована для различной территории. Кроме того, полученные результаты могут служить объективной и наглядной информационной основой для принятия решений при разработке мероприятий по предупреждению и снижению негативных последствий подтопления и затопления.

Результаты данной работы могут быть использованы в учебном процессе для проведения практических работ по предметам: «Гидрометеорологические информационные системы», «ГИС в географии», «Математико-картографическое моделирование».

Достоверность результатов исследования обеспечивается применением ранее апробированной методики и использованием достоверной исходной информации о режиме рек в период весеннего половодья.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из аннотации, введения, 5 глав, основных выводов, заключения, 8 рисунков, 3 таблиц, списка литературы, включающего 39 наименований и 9 приложений. Общий объем диссертации 87 страницы.

# ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ ПОДТОПЛЕНИЯ

## 1.1 Проблема подтопления территорий в паводковый период

Частая повторяемость весенних паводков оказывает негативное воздействие на объекты промышленности (предприятия нефтяной, газовой, угольной промышленности и другие объекты). В связи с этим разработка противопаводковых мероприятий для снижения негативного воздействия на объекты промышленности, зависит от достоверного определения характеристик зон подтопления: границ, глубины подтопления, площади и перечня промышленных объектов, попавших в зону подтопления.

Весенние паводки являются опасным природным явлением и одним из основных источников чрезвычайных ситуаций, так как затопление местности причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей, сельскохозяйственных животных и растений.

Из стихийных природных бедствий наводнения по площади распространения, повторяемости явления и ежегодному материальному ущербу занимают первое место. Также, в последние годы по всему миру продолжает расти число и масштаб наводнений и связанные вместе с ними социальные и экономические потери. В настоящее время, согласно данным МПР России и МЧС России, наводнения и паводки наносят ежегодно ущерб в размере 50 млрд. рублей. Как в настоящее время, так и в ближайшем будущем, наводнения и паводки нельзя предотвратить целиком, их можно только снизить, локализовать и при своевременном предупреждении.

По данным Росгидромета самые высокие паводки на территории России наблюдались в 1993, 1998, 2001, 2002, 2004, 2012, 2013 гг. В конце лета 2013 года на Дальний Восток обрушился мощный паводок, который привел к самому масштабному наводнению за последние 115 лет. Наводнение охватило пять субъектов Дальневосточного федерального округа, общая площадь затопленных территорий составила более 8 миллионов квадратных километров.

Существует классификация, где источники и факторы подтопления подразделяются: по генезису на искусственные (техногенные) и естественные (природные), по масштабу воздействия (региональные и локальные), по активности воздействия на формирование гидродинамической обстановки (активные и пассивные), по условиям воздействия во времени (постоянные, сезонные, периодические и эпизодические) и в пространстве (равномерно и неравномерно расположенные) и по характеру действия во времени и пространстве (случайные и детерминированные).

Интенсивность развития процессов подтопления зависит от литологического состава геологического разреза, неоднородности фильтрационных свойств, характера развития водоупоров и их положения в разрезе, что может часто усугубляться наличием естественных и искусственных барьеров для фильтрационных потоков. Этими факторами характеризуется степень дренированности территории, при низких значениях которой наступают благоприятные условия для развития подтопления. С другой стороны, коренная перестройка условий стока и инфильтрации не может происходить без соответствующей техногенной нагрузки. Условия, способствующие аккумуляции вод, определяются интенсивностью дополнительных по отношению к естественным источникам питания подземных вод, ухудшением условий стока и испарения.

Согласно выше указанных факторам, подтоплению в большей степени подвержены территории, расположенные в зонах избыточного увлажнения, характеризующиеся слаборасчлененным рельефом. Эти и многие другие факторы деятельности человека крайне негативно сказывается на гидрогеологических условиях территорий.

Исследуемая территория находится в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья и приурочена к водоразделу рек Малая Ершовая и Демьянка.

Гидрографическая сеть района исследований представлена, кроме вышеуказанной реки, ручьём б/н, а также внутриболотными сточными и бессточными озёрами.

Характерной чертой гидрографической сети исследуемой территории является преобладание малых рек и озер, а также сильная заболоченность их водосборов. Реки обладают небольшими уклонами, характерными для равнинных водотоков.

Весенний паводковый период является одной из фаз водного режима, которая требует строгого контроля и мониторинга. По характеру водного режима река Демьянка принадлежит к типу с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Основные особенности формирования поверхностного стока и режима рек исследуемой территории определяются климатическими условиями, в частности, соотношением тепла и влаги. Значительное влияние на формирование водного режима оказывают особенности подстилающей поверхности. Плоский рельеф, небольшой эрозионный врез обуславливают значительное замедление как поверхностного, так и подземного стока.

Моделирование паводковой ситуации осуществляется на основе гидрологических, метеорологических и картографических данных, получаемых с постов наблюдений на реках, метеостанций и спутниковых данных. Исследуемая река, на данный момент, характеризуется отсутствием гидрологических постов. В таких случаях, при

отсутствии современной гидрологической информации по гидрологическим постам, возникает неопределенность при расчете распространения волны паводка.

Вопрос предотвращения угрозы паводковой ситуации можно рассматривать с двух сторон: с одной стороны, необходимо осуществлять мониторинг гидрологических объектов – увеличивать сеть водомерных постов, оснащать водомерные посты современным оборудованием, которое позволяет выполнять съемку и передачу данных в реальном времени, совершенствовать модели прогнозирования паводковой опасности. С другой стороны, очень важно обеспечивать устойчивость возможных объектов к воздействиям паводковой волны.

Главными методами борьбы с паводковой ситуацией являются, своевременное оповещение о возможности и масштабах наводнения, и реализация комплекса мер по предотвращению или снижению последствий наводнений (создание дамб, строительство гидротехнических сооружений и т.д.). Для реализации мероприятий по предупреждению развития негативных событий и устранения последствий от наводнений, необходимо привлечение больших объемов данных из различных источников (гидрологическая, картографическая, аэрокосмическая и другая информация), оперативная обработка и анализ данной информации, и представление ее в виде, обеспечивающем принятие решений в ограниченном временном интервале.

В соответствии с выделенным негативным воздействием, связанным с прохождением паводков, можно выделить три группы задач, решение которых позволит улучшить управление водными ресурсами в период паводка:

- заблаговременное прогнозирование паводковой ситуации;
- мониторинг прохождения паводковой ситуации;
- оценка ущерба от паводковых разливов.

К задачам заблаговременного прогнозирования чрезвычайных ситуаций относится определение времени, места и мощности прогнозируемых паводков разной временной продолжительности. А также оценка паводковой стойкости потенциальных объектов воздействия: в первую очередь это здания и сооружения (мостов, плотин, трубопроводов, дорог, ЛЭП и других объектов). Данная задача связана с оценкой уязвимости потенциальных объектов воздействия подтопления и оценкой возможных потерь и ущерба при известных прогнозируемых параметрах подтопления в период паводков.

К задачам мониторинга прохождения паводка относят точное определение района разлива, и его фактической мощности, а также своевременный анализ возможных потерь и ущерба при фактических параметрах паводков и, с учетом оперативного прогнозирования, возможных параметров паводков при вероятных заторах и зажорах.

К данным задачам так же относится определение объектов (зданий и сооружений) попавших в зону воздействия паводкового разлива и оценка степени их уязвимости после первичного воздействия паводков. На этом же этапе подразумевается определение необходимых сил и средств, и оптимальных сценариев реагирования для ликвидации последствий паводковых разливов.

К задачам оценки ущерба подтоплений при паводковых разливах относятся оценка степени повреждения промышленных и других объектов, определение фактического ущерба. Помимо этого, к данным задачам относится оценка территории для строительства и ведения народного хозяйства, которые устойчивы к паводковым ситуациям.

Гидрологические и промышленные объекты характеризуются большим объёмом разной пространственной и атрибутивной информации из различных источников (графической, картографической, табличной и другие). Следовательно, анализ взаимосвязи всего набора информации об объектах речной сети и промышленности приводит к необходимости в автоматизации процессов её обработки, с целью последующего определения характеристик зон подтопления. Это, в свою очередь, даст информационную базу для принятия решений по предотвращению негативных воздействия и преодолению последствий паводка в зоне подтопления.

Для определения характеристик подтопления промышленных объектов при паводках, разработаны различные подходы. Они основываются на обработке пространственной информации о рельефе местности и анализе гидрогеологических и гидродинамических характеристик состояния водных объектов. Геоинформационные технологии считаются основным инструментом при автоматизации процессов, которые связаны с определением характеристик подтопления, по причине близкого пространственного расположения объектов речной сети и промышленности. Ряд работ отечественных и зарубежных авторов, в частности работы В.И. Васильева, В.Е. Гвоздева, В.И. Данилова-Данильяна, Б.Г. Ильясова, В.Г. Пряжинской, Д.М. Ярошевского, А. Бисваса, Д. Мэйдмента, В. Халла, М. Хатчинсона, М. Эбота, и другие посвящены различным аспектам разработки методов в данной области. В настоящее время до сих пор является актуальной разработка методов определения характеристик подтопления промышленных объектов при паводках на основе обработки пространственной информации об объектах речной сети и промышленности.

В целях оптимального управления водными объектами в паводковый период необходима система автоматизированной обработки данных, которая позволила бы интегрировать достоверную и качественную информацию о водных объектах и осуществлять поддержку принятия решений по проведению мероприятий, снижающих

последствия паводковых разливов рек и обеспечивающих прогнозирование масштабов разрушительных воздействий в территориальной привязке.

## 1.2 Обзор программного обеспечения для решения гидрологических задач

Выбор программного обеспечения ГИС зависит от решаемых пользователем задач. Для создания модели возможной зоны подтопления и затопления в паводковый период необходимо было выбрать наиболее универсальную, развитую и распространенную ГИС.

В настоящее время на российском рынке существует примерно 20 геоинформационных систем, которые можно отнести к разряду полнофункциональных. Среди данных программ - системы зарубежного производства - MapInfo, WinGIS, ArcGIS, AutodeskMap, GeoMedia и другие, а также порядка десяти отечественных программ GeoDraw/GeoGraph (ЦГИ ИГ АН), ГрафИп (НПО «Сибгеоинформатика»), «ИнГео» (ЦСИ «Интегро», Уфа), GeoLink (АОЗТ «СП «Гсолиик»).

При выборе основной программы были изучены возможности ведущих геоинформационных систем, это такие как: ArcGIS, MapInfo, а также российский продукт «Панорама». Сравнение функциональности и доступности ГИС позволили сделать следующие выводы.

ГИС «Панорама» разработана специалистами топографической службы ВС РФ. Система относится к разряду средних по уровню распространенности в России ГИС. Она включает в себя профессиональную ГИС «Карта 2011», векторизатор электронных карт, инструментальные средства разработки ГИС приложений для различных платформ, конверторы для обмена данными с другими ГИС и специализированные приложения. К достоинствам ГИС «Панорама» можно отнести низкие требования к аппаратному обеспечению. Но при всех достоинствах данной системы стоит отметить, что техническую поддержку к ней получить весьма сложно, а назвать открытой ее затруднительно.

Система MapInfo - географическая информационная система, предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных. Отлично подходит для создания картографического материала и оперативного принятия решений. Среди многих географических информационных систем MapInfo отличается хорошо продуманным интерфейсом, оптимизированным набором функций для пользователя, удобной и понятной концепцией работы, как с картографическими, так и с семантическими данными. Язык MapBasic позволяет каждому пользователю построить свою ГИС, ориентированную на решение конкретных прикладных задач.

Среди недостатков системы можно отметить работу только с одиночными растрами без возможности трансформирования (трансформировать можно только вектор к

растру), создать сплошное покрытие крайне затруднительно, а многослойное - невозможно.

В результате изучения и сопоставления преимуществ и недостатков рассматриваемых программ, можно сделать вывод, что безусловным лидером на рынке картографических программ является компания ESRI (Environmental System Research Institute, Институт исследований систем окружающей среды США) - разработчик и поставщик программного обеспечения ГИС ArcGIS.

Спектр возможных решений программного продукта ArcGIS покрывает потребности как для отдельных пользователей, которым требуется быстро решаемые, относительно простые, стандартные ГИС задачи, так и для крупных организаций и целых отраслей при создании многопользовательских корпоративных систем.

Программное обеспечение компании ESRI и форматы ArcInfo и ArcView являются своеобразными международными эталонами ГИС. В настоящее время сотни организаций в России в системах Минприроды, МЧС, Минатома, РАН, РКА и других ведомств, а также региональные органы и коммерческие организации являются пользователями продукции компании ESRI.

Учитывая вышеперечисленные обстоятельства, в качестве основной среды для разработки компьютерной технологии оценки зон затопления был выбран ГИС-продукт ArcGIS версии 10.0.

ArcGIS является полнофункциональной системой для создания, редактирования, запросов, картирования и анализа географических данных. Система ArcGIS for Desktop включает в себя полный набор инструментов управления данными, анализа и конвертации данных. Применяя эти инструменты, можно выполнять операции конвертации данных, генерализации, агрегирования, построения буферных зон, статистические расчеты, различные виды операций наложения и многое другое. Каждый из этих инструментов управляется через интерфейсы меню и Мастеров.

Программа проста в освоении и может использоваться в разных сферах деятельности для визуализации, запроса и анализа любой пространственной информации. ArcGIS объединяет растровые, векторные, табличные данные в единую аналитическую систему. С помощью этого программного продукта можно создать и поддерживать собственную базу данных: использовать растровые данные для анализа и отображения; связывать документы в режиме горячей связи; управлять картографическими проекциями, создавать высококачественные карты (интерактивные и печатные); использовать данные других организаций, в том числе обращаться к серверным базам данных посредством SQL-запросов; проводить анализ и моделирование пространственных объектов и явлений;

настраивать функциональность системы под решение собственных задач с помощью встроенного языка программирования Avenue (ArcGIS. Руководство пользователя).

Структура пакета состоит из базовой оболочки и набора внешних и внутренних модулей. По мере необходимости модули можно добавлять, тем самым расширяя функциональность основного ядра. В стандартный комплект ArcGIS включены различные модули, среди которых можно выделить такие как Grid and Graticules (Координатная сетка), Report Writer (Генератор отчетов), Geoprocessing (Пространственные операции), Legend Tool (Конструктор легенды), Image Reader (поддерживает форматы IMAGINE, JPEG, MrSID, NITF, TIFF 6.0), CAD Reader (поддержка для файлов AutoCAD (DWG, DXF) и MicroStation (DGN)), Digitizer (позволяет производить ввод данных с дигитайзера), Projection Utility (дает возможность изменения параметров картографических проекции).

В дополнение к базовому комплекту ArcGIS имеется большой спектр дополнительных модулей, которые способны решать сложные аналитические задачи. При оценке зон подтопления были использованы три дополнительных модуля: Spatial Analyst, 3D Analyst, Image Analyst.

Модуль Spatial Analyst представляет собой мощное средство для пространственного анализа, добавляющее специфическую функциональность к ArcGIS. Он объединяет возможности ArcView Spatial Analyst и ARCGRID.

Интерфейс модуля Spatial Analyst добавляется в виде самостоятельной панели инструментов к интерфейсу ArcMap. Его функции могут применяться к слоям, добавляемым к ArcMap, а также к растровым и векторным наборам данных, которые выбираются при помощи браузера файлов, доступного в каждом из диалоговых окон модуля. Функции модуля работают также по выборке, сделанной в слоях по атрибутивным или пространственным критериям.

Дополнительный модуль Spatial Analyst содержит большое количество инструментов и возможностей для выполнения всестороннего пространственного анализа на основе растровых данных. С помощью этого модуля можно использовать широкий диапазон форматов данных для комбинации наборов данных, их интерпретации, а также для выполнения сложных операций над растрами. Примерами анализа, которые можно выполнить с помощью Spatial Analyst, являются: анализ поверхности, её моделирование и интерполяция, построение модели пригодности, гидрологический анализ, статистический анализ и классификация изображений.

Spatial Analyst содержит 170 инструментов геообработки, использующихся для выполнения операций пространственного анализа. В дополнение к чисто аналитическим инструментам основные категории этих инструментов содержат инструменты,

выполняющие базовые математические и логические операции, а также операции создания и обработки наборов растровых данных. Инструменты распределены по 19 группам согласно их функциональности. В данной работе использовались следующие группы инструментов модуля Spatial Analyst: гидрология, интерполяция, переклассификация, поверхность, условия.

Дополнительный модуль ArcGIS 3D Analyst содержит инструменты для создания, визуализации и анализа ГИС-данных в трехмерной (3D) среде. Разработчики ГИС-проектов могут использовать 3D Analyst для моделирования рельефа с целью анализа и изучения таких процессов, как наводнение или формирование грунтового стока. В геофизике и геологии используются возможности 3D Analyst для изучения геологических пластов, например, для построения поперечных разрезов подземных пластов. Местные органы власти, планировщики, а также военные специалисты решают с помощью 3D Analyst сложные 3D задачи. В частности, к таким задачам относится проблема построения линий видимости в городских средах. 3D Analyst обеспечивает доступ к двум средам трехмерной (3D) визуализации: ArcGlobe и ArcScene.

В данной работе использовалась среда ArcScene, которая является приложением 3D визуализации, позволяющая просматривать ГИС-данные в трёхмерном изображении. Существенно, что с помощью ArcScene можно совмещать несколько слоев данных в 3D среде. Для размещения пространственных объектов используются данные о высоте объекта, атрибуты объекта, свойства слоя или заданная 3D поверхность. Каждый слой 3D изображения может обрабатываться отдельно от других. ArcScene полностью интегрирован в среду геообработки, что даёт возможность использовать многочисленные встроенные в него аналитические инструменты и функции.

Модуль Image Analysis разработан в результате сотрудничества ESRI и ERDAS. Данный модуль разработан для работы с данными дистанционного зондирования, которые на данный момент являются одним из главных источников новой информацией для пространственных баз данных в геоинформационных системах.

Используя Image Analysis, возможно подготавливать и создавать корректные изображения путем ортотрансформирования. Снимки, подготовленные для работы с ГИС, могут использоваться для сбора пространственной и качественной информации, которую можно сохранять непосредственно в многопользовательскую базу геоданных. В модуле Image Analysis предусмотрены многочисленные функции обработки изображения, улучшающие его интерпретируемость. В частности, существует три уровня корректировки контраста, начиная от простейшего управления яркостью и контрастом до

средств произвольного преобразования гистограммы яркостей изображения в каждом канале съемки независимо.

Одной из особенностей модуля Image Analysis является инструмент привязки Align. Этот инструмент дает возможность привязать изображение к базовой карте и при необходимости геометрически трансформировать его.

Для того чтобы извлечь важную картографическую и ресурсную информацию из изображений и эффективно её использовать, в Image Analysis введен ряд функций для выполнения основных видов анализа изображений: автоматическое дешифрирование объектов, автоматизированная классификация многозональных изображений, обнаружение изменений во времени.

Применение данного модуля расширяет возможности по использованию целого ряда общепринятых для данных дистанционного зондирования форматов, таких как Landsat, SPOT, IRS-IC, а также форматов ERDAS Imagine \*.IMG и ARC GRID. Таким образом, возникают возможности обмена данными в этих форматах в модуле Image Analysis, а также между Spatial Analyst и ERDAS Imagine.

Таким образом, использование ArcGIS ArcInfo при анализе и прогнозировании зон подтопления дает возможность применения к данным ГИС пространственных операторов для получения новой информации. Эти инструменты представляют основу для пространственного моделирования и геообработки. Три основных типа данных ГИС - растровый, векторный и TIN, позволяют легко получить новую информацию, определить пространственные отношения, а инструменты ArcGIS, такие как Spatial Analysis, 3D Analysis, позволяют провести пространственный анализ, построить 3D модели.

### 1.3 Методика исследования

В данной работе использовалась методология расчета зон подтопления и затопления паводками в пойме рек на основе цифровой модели рельефа местности. При использовании этого метода уклоны водной поверхности при подъеме уровней предполагаются тождественными уклонам водной поверхности, получаемым по картографической информации на главном русле реки.

Суть данной методики заключается в следующем:

1. Создание крупномасштабной ЦРМ;
2. Создание модель водной поверхности со значениями атрибута высоты, равными урезу водной поверхности реки в межень с учетом уклона русла;
3. Построение зон подтопления и затопления исследуемой территории.

Цифровая модель рельефа, создаваемая для оценки зоны подтопления и затопления, имеет ряд особенностей. Во-первых, для ее создания используются относительно крупномасштабные исходные топографические данные. Во-вторых, для построения ЦМР достаточно рассматривать лишь область, непосредственно примыкающую к реке, тем самым значительно сокращая объемы ресурсов, необходимых при решении задачи.

Для определения контуров зоны затопления территории необходимо построить цифровую модель рельефа (ЦМР) на основе данных SRTM.

Корректная ЦМР должна иметь постоянное понижение вдоль русла реки. Простое включение высот урезов воды при построении поверхности не позволяет решить проблему учета продольного уклона реки, поскольку в процессе интерполяции принимают участие и данные о рельефе вне русла реки. Для выхода из этого положения предложен подход, когда для построения гидрологически корректной модели используются дополнительные точки высот вдоль речной сети. Эти точки лежат на поверхности, построенной интерполяцией только точек урезов, при этом надо учитывать некоторые особенности. Во-первых, при интерполяции используются только урезы, принадлежащие реке, на которой расположен пункт гидрологических наблюдений. Урезы, принадлежащие притокам, в процессе интерполяции не используются. Во-вторых, если река имеет несколько русел, то для интерполяции используются урезы на всех руслах.

Рельеф может быть представлен как в векторной, так и в растровой модели данных, а также в триангуляционной модели (TIN, Triangulated Irregular Network), которая строится на основе метода триангуляции Делоне. Модель TIN весьма удобна для отображения рельефа в трехмерном виде, характеризуется высокой точностью. В программном пакете ArcGis для создания TIN используется модуль 3D Analyst. Для создания ЦМР необходимо использовать как изолинии, так и данные об экстремумах рельефа (точки высот). Модель, построенная таким способом, в целом имеет высокую точность и пригодна для решения практических задач. Основным ее недостатком является так называемый «эффект террас», характерный для участков с небольшими уклонами.

Для создания TIN модели рельефа используется утилита ArcToolBox 3D Analyst, подгруппа «Управление данными», «TIN», инструмент «Создать TIN».

Для конвертации TIN в растр используется инструмент «TIN в растр» группа инструментов 3D Analyst (группа инструментов «Конвертация», подгруппа «из TIN»). При этом необходимо задать размер ячейки выходного растра в зависимости от масштаба и сохранить выходной растр с названием DEM1.tif.

Другой способ построения ЦМР – с помощью инструмента «Топо в Растр», основным его преимуществом является возможность использования данных о гидрографии и создания гидрологически корректной ЦМР. В то же время при использовании данного метода возможно появление артефактов на участках со слаборасчлененным рельефом.

Необходимо запустить ArcToolBox, выбрать группу инструментов Spatial Analyst, подгруппу «Интерполяция», инструмент «Топо в Растр». При построении ЦМР возможно использование 4 типов входных данных – высотные отметки, изолинии высот, озера и реки (линии). Выходной файл назовите DEM2.tif. Запустите процесс расчета.

Отображение полученной ЦМР настраивается аналогично слою DEM1.tif.

Для сравнения результатов построения ЦМР двумя разными способами удобно использовать Растровый калькулятор Spatial Analyst, который позволяет выполнять различные математические операции с растрами. Запустите «Растровый калькулятор» Spatial Analyst (группа инструментов «Алгебра Карт»), наберите в окне калькулятора выражение:

$$\text{DEM1.tif} - \text{DEM2.tif} \quad (2)$$

и нажимаем кнопку «Вычислить». Настраиваем классификацию полученного результата на вкладке «Символы» в свойствах слоя. Разбейте изображение на три класса вручную с пороговыми значениями классов –5, 0 и 5. Таким образом, будут выделены в отдельные классы участки со значительными расхождениями между двумя ЦМР, превышающими 5 м.

Для построения границ зон затопления необходимы значения урезов воды. Векторные значения уровней конвертируем в растр. Для конвертации из вектора в растр также выбираем группу инструментов Spatial Analyst, подгруппу «Интерполяция», инструмент «Топо в Растр». Задаем размер ячейки выходного растра 2 м. Сохраняем результат с названием файла Model.tif.

Вычисление зон затопления осуществляется с помощью «Растрового калькулятора». Для этого необходимо знать уровни подъема воды при прохождении половодий и паводков различной обеспеченности воды НР%.

Для выявления затопленной территории используются исходная цифровая модель рельефа и модель секущей плоскости водной поверхности при подъеме уровня воды на заданную высоту. Секущая плоскость должна также учитывать уклон реки, т.е. иметь постоянное понижение вдоль ее русла. В качестве такой модели в данном случае используется растр Model.tif, содержащий данные об урезе воды. Прибавляя с помощью «Растрового калькулятора» к данному растру значение ожидаемого подъема уровня воды

(одинаковое по всей области расчета) и вычитая цифровую модель рельефа, можно определить область затопления (в которой результат вычисления окажется больше нуля).

Для расчета зоны затопления при половодье  $R\%$  обеспеченности вводим в «Растровый калькулятор» соответствующее выражение:

$$(\text{«model.tif»} + \text{HP\%} - \text{«DEM_1.tif»}) > 0, \quad (1)$$

где Model.tif – значения урезов, HP% – заданная высота подъема уровня, DEM1.tif – цифровая модель рельефа.

В результате вычисления будет создан бинарный растр, в котором значение «1» соответствует затопленной территории, а «0» – незатопленной.

Далее необходимо конвертировать полученный бинарный растр в векторное представление данных, чтобы использовать его для выполнения пространственных операций: например, вычислять площади затопления, длину затопленных дорог, количество зданий, попадающих в зону затопления и т.п. Для этого откройте таблицу атрибутов индексного растра и выделите строку, в которой value=1. Затем конвертируйте растр в полигоны, используя инструмент из группы «Конвертация» – «экспорт из растра». Таким образом, конвертированы будут только выбранные значения, которые соответствуют зоне затопления. Сохраните результат в виде шейп-файла с названием Spring\_Flood\_01.shp, тип геометрии – полигон. В результате автоматической векторизации растра будет получен полигон зоны затопления половодьем  $R\%$  обеспеченности.

Слой зоны затопления может содержать 2 или более полигонов. Необходимо объединить их, начав редактирование, выделить в нем все объекты, в меню «Редактор» выберите команду «Слияние», и в открывшемся диалоге нажмите ОК. Все объекты в слое будут слиты в один полигон.

На основе результатов расчета создаем компоновку.

Собственно, модель рельефа может строиться как триангуляционным путем, так и с помощью TopoGrid. Но использование TopoGrid позволяет получать более плавное и “реалистическое” поведение рельефа между горизонталями и является предпочтительным, если используется картооснова относительно мелкого масштаба (Шихов А. Н. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач, 2014).

Выводы по главе 1

На основании рассмотренного теоретического материала по проблеме прогнозирования подтопления и затопления пойменных территорий было установлено следующее.

Для определения характеристик подтопления промышленных объектов при паводках, разработаны различные подходы. Они основываются на обработке пространственной информации о рельефе местности и анализе гидрогеологических и гидродинамических характеристик состояния водных объектов. Геоинформационные технологии считаются основным инструментом при автоматизации процессов, которые связаны с определением характеристик подтопления, по причине близкого пространственного расположения объектов речной сети и промышленности.

Весенний паводковый период является одной из фаз водного режима, которая требует строгого контроля и мониторинга.

Следовательно, вопрос предотвращения угрозы паводковой ситуации можно рассматривать с двух сторон: с одной стороны, необходимо осуществлять мониторинг паводковой опасности – увеличивать сеть водомерных постов, оснащать водомерные посты современным оборудованием, которое позволяет выполнять съемку и передачу данных в реальном времени, совершенствовать модели прогнозирования паводковой опасности. С другой стороны, очень важно обеспечивать устойчивость возможных объектов к воздействиям паводковой волны.

Был проведен анализ программных продуктов для моделирования возможной зоны подтопления и затопления территории месторождения. Изучив достоинства и недостатки каждой среды моделирования, был сделан вывод, что в качестве средства моделирования для анализа и прогноза риска подтопления урбанизированных территорий логичнее всего выбрать ArcGIS, поскольку она отвечает всем предъявляемым требованиям к форматам исходных и результативных данных, интерфейсу и легко взаимодействует с любой современной ГИС. Кроме того, данная программа является самой широко используемой во всем мире, в том числе и в России. Это дает возможность оперативно получать консультации и рекомендации по спорным вопросам в процессе моделирования.

Дано описание методики расчета зон подтопления и затопления паводками в пойме рек на основе цифровой модели рельефа местности.

## ГЛАВА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ УСТЬ-ТЕГУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Усть-Тегусское нефтяное месторождение расположено в Тюменской области Российской Федерации в 350 км к Востоку от г. Тобольск. Приурочено к одноимённому локальному поднятию, осложняющему Новоютымский вал и входящему в состав Демьянского нефтегазоносного района Каймысовской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

### 2.1 Климатическая характеристика

Климат исследуемой территории определяется её географическим положением. Основными факторами формирования климата на данной территории являются западный перенос воздушных масс, континентальность и солнечная радиация. Взаимодействие этих трех факторов обеспечивает быструю смену циклонов и антициклонов, что способствует частым изменениям погоды и сильным ветрам.

Выположенный равнинный рельеф не обеспечивает достаточного стока поверхностных вод, что создает условия для избыточного увлажнения подстилающей поверхности и атмосферного воздуха. Также на формирование климата влияют длительное промерзание земной поверхности, обилие болот, озер и рек.

Радиационный режим. Одной из основных характеристик радиационного режима является продолжительность солнечного сияния, которая определяется астрономическими факторами и режимом облачности, и составляет 1800-1900 часов в год. Наибольшее число часов солнечного сияния отмечается в июле, наименьшее в декабре, весной в 2,5-3,5 раза больше, чем осенью, что связано с годовым ходом облачности. В целом, в течение всего года продолжительность солнечного сияния в послеполуденные часы больше, чем в дополуночные (Арефьев С.П. Западная Сибирь - проблемы развития. Тюмень, 1994).

Радиационный баланс земной поверхности, представляющий собой сумму потоков радиации входящих в приземную атмосферу и уходящих из нее обратно, за год имеет четко выраженное сезонное изменение. Зимой он отрицательный и варьирует в диапазоне минус 1,5 – минус 0,9 ккал/см<sup>2</sup>, в летние месяцы положительный – плюс 0,3-7,9 ккал/см<sup>2</sup>. Переход радиационного баланса от положительных значений к отрицательным происходит осенью в первой декаде октября, от отрицательных к положительным – весной во второй декаде апреля (Арефьев С.П. Западная Сибирь - проблемы развития. С. 92-116).

Температура воздуха. Изменения температуры воздуха на рассматриваемой территории имеют ярко выраженный годовой ход, характерный для континентального климата.

В течение пяти месяцев средние месячные температуры воздуха имеют отрицательные значения. Наиболее холодный месяц – январь со среднемесячной температурой воздуха минус 19,2°C, абсолютный минимум приходится на декабрь и составляет минус 50°C. Максимальное повышение температуры в июне достигает плюс 35°C. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 0,7°C.

Среднемесячные значения изменяются от минус 19,2°C в январе до плюс 17,6°C в июле; при этом средняя температура зимних месяцев составляет минус 17,7°C, летних – плюс 15,6°C. Разность средних температур воздуха самого холодного и теплого месяцев в году, являющаяся одним из показателей степени континентальности климата, составляет 36,8-38,9°C.

Переход среднесуточной температуры через 0°C, как правило, происходит весной во второй половине апреля, осенью – в середине октября. Продолжительность теплого периода с температурой выше 0°C составляет в среднем 182 дня.

Умеренно теплое лето устанавливается, в основном, в середине июня. Период с температурами выше 10°C (период активной вегетации растений) обычно составляет около 106 дней. Дата первого заморозка на почве в среднем приходится на 8 сентября, наступление устойчивых морозов датируется в среднем 3 ноября.

Колебания температур в течение суток невелики, но имеют выраженный сезонный характер. В холодное время года разность дневных и ночных температур весьма незначительна и находится в пределах 2-4°C. Однако, при быстрой смене циклонов и антициклонов в зимний период времени возможны резкие колебания, достигающие 15-20°C в течение суток. Весной и летом амплитуда суточных температур увеличивается, максимальная амплитуда составляет 8,1°C и наблюдается в июне.

Температура почвы. Средне многолетняя годовая температура поверхности почвы равна минус 1°C. Дата первого заморозка на почве – 8 сентября, последнего – 6 июня. Продолжительность безморозного периода на почве составляет 93 дня.

Расчетная максимальная глубина промерзания грунта на поверхности, оголенной от снега, составляет больше 220 см.

Промерзание болот начинается одновременно с наступлением отрицательных температур воздуха.

Атмосферные осадки. Территория исследования отличается достаточно высоким для Западно-Сибирской равнины количеством осадков, что связано со значительным

развитием циклонической деятельности. Среднегодовое количество осадков в районе исследования составляет 559 мм, однако сезонное распределение их крайне неравномерно.

Зимний сезон отличается относительной сухостью; на холодное время года (ноябрь – март) приходится лишь около 27% годового количества осадков, большая часть которых выпадает в первую половину зимы. Годовой минимум осадков наблюдается в феврале – 24 мм.

Основная масса осадков наблюдается в теплый период года (с апреля по октябрь) при максимуме в июле – августе (75-77 мм).

Следует отметить значительную изменчивость годового количества осадков в данном регионе, колебания которого иногда могут достигать 200-250 мм. Вариабельность месячных сумм осадков из года в год также довольно велика, особенно в теплый период.

На рассматриваемой территории минимальное количество осадков ( $\geq 0,1$  мм/сут) выпадает 177 дней в году, максимальное ( $\geq 20,0-30,0$ ) – не более 3 дней. Обильные осадки, как правило, выпадают в теплый период года (июнь – сентябрь).

Агрегатное состояние выпадающих осадков зависит от времени года. В целом за год преобладают жидкие, их участие в общем объеме составляет 70%, на долю твердых осадков приходится порядка 20%, и около 10% – на долю смешанных.

Влажность воздуха. Климат района месторождения влажный, что обусловлено низкими температурами воздуха и достаточной обводненностью территории.

Относительная влажность воздуха в течение года достаточно высокая, с максимумом в октябре – декабре – 82%; весной происходит плавное снижение относительной влажности, достигая минимума в мае – 64%.

Снежный покров. Устойчивый снежный покров на рассматриваемой территории образуется в среднем в конце октября, при этом сроки его появления и образования из года в год сильно колеблются в зависимости от характера погоды в предзимний период. Число дней с устойчивым снежным покровом составляет 185.

Разрушение устойчивого снежного покрова совпадает с переходом среднесуточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  и происходит, как правило, в конце апреля. Это явление сопровождается интенсивным и быстрым таянием снега и началом половодья на реках. Однако, возможны возвраты холодов (зазимья), обусловленные беспрепятственным проникновением арктических воздушных масс. Зазимье удлиняет период таяния снегов. Иногда этот процесс может затянуться до начала июня. Сроки схода снежного покрова также испытывают значительные межгодовые колебания и приходятся в среднем на первую половину мая.

Наибольшей высоты снежный покров достигает к концу зимы – началу весны. Максимальная высота снежного покрова на защищенных участках может достигать 98 см. Плотность снежного покрова изменяется от 0,15 г/см<sup>3</sup> в октябре до 0,23 г/см<sup>3</sup> в марте.

Ветровой режим. На рассматриваемой территории преобладают ветры южного, юго-западного и юго-восточного направлений. Наибольшее число безветренных дней приходится на июль-август (12–13%), наименьшее – на октябрь (5%) (Агроклиматический справочник Тюменской области (Южная часть). Тюмень, 1960).

Средние показатели скорости ветра возрастают в северном направлении: среднемесячная скорость ветра варьирует в течение года в пределах 2,8-4,3 м/с (при средней величине 3,7 м/с). В зимние и весенние месяцы средняя скорость ветра постепенно увеличивается, достигая максимума в мае, затем следует спад, с минимумом в июле – августе. Осенью скорость ветра вновь увеличивается, доходя до максимума в октябре.

Максимальное число дней в году с сильными ветрами (15 м/с и более) составляет 29. Максимальная повторяемость сильных ветров отмечена в апреле и марте, минимальная – в июле-августе.

Атмосферные явления. Наиболее характерными атмосферными явлениями рассматриваемой территории являются метели, изморози и грозы.

Дни с метелями наблюдаются в зимние месяцы (с ноября по февраль), достигая максимальной величины в феврале. Основные причины большой повторяемости метелей заключаются в частом прохождении циклонов, сильных ветрах и снегопадах.

С октября по май наблюдаются гололедно-изморозные явления. Повторяемость их колеблется в больших пределах. В среднем за год бывает 3 дня с гололедом и 26 дней с изморозью при максимальной встречаемости гололеда в октябре-ноябре, изморози – в декабре-январе.

Возникновение туманов вероятно в течение всего года, но чаще происходит в конце лета и осенью с максимумом в августе (4 дня). Обычно они образуются в ночные часы и рассеиваются с восходом солнца или в первой половине дня. Среднегодовое количество дней с туманом составляет 20. На большей части рассматриваемой территории чаще всего наблюдаются радиационные туманы, возникающие в результате местного выхолаживания воздуха в ночное время, особенно в мелких замкнутых понижениях в ясную безветренную погоду. Адвективные туманы, представляющие собой результат переноса теплого воздуха на холодную поверхность, могут образовываться на реках и озерах в конце лета и осенью, когда вода становится теплее воздуха.

Гроза – достаточно частое явление на рассматриваемой территории. Среднее число дней в году с грозой – 38, из которых максимум (15 дней) приходится на июль. Грозы сопровождаются обильными, но не затяжными ливнями.

Выпадение града в среднем ожидается 1 день в году с наибольшей вероятностью в мае.

## 2.2 Краткая инженерно-геологическая и геоморфологическая характеристика

Территория района расположена в пределах Западно-Сибирской плиты, входящей в состав молодой Урало-Сибирской платформы. В геологическом строении выделяются породы палеозойского складчатого основания и терригенные песчано-глинистые отложения мезозой-кайнозойского осадочного чехла. Палеогеновые отложения представлены осадками верхнезнаменского подгоризонта верхнеолигоценового возраста, которые сложены алевритовыми глинами, песками с линзами бурых углей. Четвертичные отложения в районе исследования представлены позднеплейстоценовыми озерно-аллювиальными и аллювиальными осадками, среди которых преобладают суглинистые и супесчаные отложения (Арефьев С.П. Западная Сибирь - проблемы развития. С. 92-116).

Согласно схеме физико-географического районирования Тюменской области район изучения располагается в Туртаской подпровинции, Тобольской провинции лесной равнинной зональной области Западно-Сибирской страны.

В соответствии с картой геоморфологического районирования исследуемая территория представляет собой приподнятую плоскую равнину времени самаровского оледенения области четвертичных озерно-аллювиальных равнин и террас Западно-Сибирской страны.

Рельеф исследуемой территории представляет собой пологоволнистую равнину с общим уклоном к югу. Абсолютные отметки ненарушенной поверхности земли района исследования варьируют в диапазоне 86,39-88,90 м (Атлас Тюменской области, Ч.1. Москва, 1971).

Территория исследования представляет собой типичную аккумулятивную равнину, сложенную слоистыми легкосуглинистыми и песчаными толщами, перекрытыми покровными суглинками.

В районе исследований преобладают слабо дренированные водораздельные пространства, занятые массивами грядово-мочажинных болот и заболоченными угнетенными лесами. Для дренированных территорий характерно развитие смешанных травянистых лесов.

## 2.3 Геокриологические условия

Рассматриваемая территория по схеме общего геокриологического районирования

расположена за пределами границы распространения современной и вечной мерзлоты. Пространственно она совпадает с зоной распространения сильно увлажненных практически незасоленных пород.

На территории исследования в морозный период развиты сезонномерзлые грунты. Нормативная глубина сезонного промерзания при ненарушенном снежном покрове на залесенных территориях составляет для суглинков – 2,0 м, для супесей – 2,5 м, для торфа – 0,9 м. На открытой местности при нарушении снежного покрова мощность сезонномерзлых пород увеличивается (Атлас Тюменской области, Ч.1. С. 198).

Глинистые грунты при промерзании обладают средне- и сильнопучинистыми свойствами.

#### 2.4 Почвенный покров

Согласно схеме почвенно-географического районирования СССР Усть-Тегусского месторождение находится в Нижнеиртышской провинции фации холодных длительно промерзающих почв подзоны подзолистых почв средней тайги Бореального пояса (Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н. Классификация и диагностика почв СССР. Москва. 1977).

Нижнеиртышская провинция характеризуется наличием глеезёмов оподзоленных, подзолистых глубокоглееватых и глеевых и болотных почв.

Почвенный покров исследуемой территории является сложным и мозаичным и представлен большей частью сочетаниями и комплексами почв суглинистого гранулометрического состава.

*Торфяные болотные верховые почвы* формируются в условиях застойного увлажнения атмосферными водами, преимущественно на водораздельных пространствах, в результате заболачивания суши или развития олиготрофной растительности в процессе зарастания водоемов.

На исследуемой территории встречаются два подтипа торфяных болотных верховых почв – болотные верховые торфяно-глеевые и болотные верховые торфяные.

Болотные верховые торфяно-глеевые почвы распространены в краевых частях плоских, слабо углубленных в рельефе обширных водораздельных депрессий с верховыми болотами, образуя кайму большей или меньшей ширины. Иногда сплошь занимают неглубокие бессточные понижения на равнинных водоразделах таежной зоны. Встречаются также по окраинам верховых болот, на борových песчаных террасах и зандровых равнинах. Растительность – угнетенные, часто разреженные сосново-еловые леса с примесью березы и мохово-кустарничковым надпочвенным покровом.

Болотные верховые торфяные почвы занимают центральные части верховых торфяных болот на водораздельных равнинах и песчаных террасах таежной зоны, под специфической олиготрофной растительностью (сфагновые мхи, редкие угнетенные сосны, пушица, полукустарники).

*Дерново-подзолистые* почвы, в отличие от подзолистых почв, имеют четко обособленный горизонт А1 имеющий различную мощность, но, как правило, не менее 4 см. На основании термических показателей в пределах основных подтипов в соответствии с классификацией диагностики почв СССР 1977 г. выделяются фациальные подтипы.

Дерново-подзолистые целинные почвы, развитые на глинистых и суглинистых почвообразующих породах, встреченных в районе месторождения, относятся к *дерново-подзолистым умеренно холодным длительно промерзающим*.

Они формируются под южнотаежными елово-пихтовыми, сосново-лиственничными лесами с примесью березы с мохово-травяным или травяным наземным покровом. Для таких почв характерно четкое обособление в профиле гумусового горизонта с содержанием гумуса от 2 до 4%. При суглинистом составе в нижних горизонтах профиля на глубине наиболее длительного сохранения сезонной мерзлоты наблюдаются признаки оглеения.

*Болотно-подзолистые* почвы распространены в таежно-лесной зоне среди подзолистых почв на слабодренированных территориях (плоские равнины и неглубокие понижения), для которых характерен временный застой поверхностных (верховодки) или относительно высокий уровень залегания мягких грунтовых вод. Формируются почвы в подзоне южной тайги под смешанными лесами с мохово-травяным напочвенным покровом. Относительно устойчивое сезонное переувлажнение почвенного профиля является причиной образования в нем ржаво-охристых примазок, сизых оглеенных прожилок, пятен и даже глеевых горизонтов. Все эти признаки сочетаются с отчетливой оподзоленностью почв.

*Аллювиальные дерновые* почвы развиваются в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами. Уровень грунтовых вод большую часть года лежит глубоко, и капиллярная кайма находится ниже почвенного профиля, поэтому биогенная аккумуляция в верхних горизонтах почвы идет главным образом за счет веществ, содержащихся в почвенном профиле; отлагающиеся на них наносы имеют легкий гранулометрический состав и обычно очень бедны основаниями и органическим веществом.

## 2.5 Растительность

По геоботаническому районированию месторождение расположено на границе Салымско-Юганского округа верховых болот и кедрово-сосновых и темнохвойно-берёзовых зеленомошных и заболоченных моховых лесов подзоны средней тайги и Туртасского округа темнохвойно-берёзовых и темнохвойно-сосновых травяных и зеленомошных лесов и верховых болот подзоны южной тайги лесной зоны Западно-Сибирской равнины (Арефьев С.П. Западная Сибирь - проблемы развития. С. 92-116).

Распределение растительного покрова определяется геоморфологическим строением и гидрологическим режимом. Основные природные комплексы района исследования представлены болотными, а зоны влияния – лесными, лесоболотными и болотными экосистемами.

Древесная растительность здесь представлена угнетённой сосной обыкновенной высотой до 3 м. В травяном покроведоминирующее положение занимает тростник обыкновенный, который сменяется осокой. В целом напочвенный покров данной территории представлен хвощево-осоково-сфагновыми, осоково-сфагновыми и осоково-кустарничково-сфагновыми растительными сообществами.

В зону влияния объектов месторождения попадают участки темнохвойно-берёзовых и берёзовых кустарничково-травяно-сфагновых заболоченных и сосновых сфагново-кустарничкового-осоковых лесов, а также пихтово-елово-кедровые зеленомошно-мелкотравные и мелкотравно-осоковые леса (на минеральных островах).

В районе Усть-Тегусского месторождения большие площади занимают сосново-кустарничково-сфагновые грядово-мочажинные болота, древесный ярус которых образован угнетёнными сосной обыкновенной и сибирской.

Кустарничковый ярус изрежен, в нем доминируют хамедафна болотная, клюква болотная и багульник болотный. Рассеяно встречаются голубика, брусника обыкновенная, подбел многолистный и берёза карликовая. Травянистый ярус образован морошкой приземистой, пушицей влагалищной, единичными экземплярами росянок крупнолистной или английской. Моховой покров рыхлый, в нем доминирует сфагнумы: бурый; магелланский и балтийский, рассеянные небольшими группами.

На микроповышениях встречаются небольшие куртинки кладин звёздчатой и оленьей.

В южном направлении от исследуемой территории наблюдаются берёзово-осиново-сосновые с примесью ели и кедра разнотравные и мелкотравно-зеленомошные леса на аллювиальных почвах.

Леса с участием березы представляют сообщества разных стадий восстановления. Наиболее распространенные темнохвойно-березовые леса. Верхний ярус образован берёзой пушистой с единичными экземплярами сосны сибирской высотой до 20 м. Обильный подрост образует ель высотой до 5–7 м, присутствует в нем также и кедр. В подлеске встречаются единичные экземпляры рябины сибирской. В кустарничковом ярусе достаточно обильны брусника, черника и багульник. Травянистый ярус обедненный: осока шариковидная, седмичник европейский и линнея северная. Моховой покров достаточно обильный: плевроциум Шребера, дикранум многоножковый, политрихум обыкновенный (Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. Москва, 2004).

При увеличении увлажнения развиваются березовые кустарничково-травяно-сфагновые заболоченные леса. Древостой имеет довольно угнетенный вид: берёза пушистая высотой 5–7 м, единично встречается сосна обыкновенная, в т.ч. сухостой.

Из кустарников присутствует ива пепельная. Кустарничковый ярус образован берёзой карликовой, багульником болотным и клюквой болотной. Из видов болотной флоры в районе исследования встречаются сабельник болотный, вех ядовитый, кипрей болотный, пушица многоколосая и осока топяная. Моховой покров представлен сфагновыми мхами.

На дренированных местообитаниях встречаются сосновые леса, являющиеся длительно-производными стадиями восстановления коренных елово-кедровых фитоценозов. Они встречаются по возвышенным участкам речных долин с крупнохолмистым и гривистым рельефом. Вершины и верхние части пологих склонов, как правило, заняты бруснично-зеленомошными лесами. На более низких участках грив, подверженных периодическому переувлажнению распространены сосновые чернично-зеленомошные леса с большим или меньшим участием багульника. Древесный ярус таких лесов довольно однородный, представлен сосной обыкновенной с единичным участием других пород – березы, кедра или ели. Наиболее распространены одноярусные разновозрастные насаждения. Производительность древостоев V, реже IV класса бонитета. В подросте преобладает сосна. Кустарничковый подлесок слабо выражен. Встречаются отдельные экземпляры рябины сибирской и шиповника иглистого. Травяно-кустарничковый покров беден флористически, на разных участках встречается от 5 до 15 видов. На хорошо дренированных местоположениях доминирующее значение имеют бореально-таежные кустарнички – брусника или черника, при возрастании увлажнения и ухудшении дренажа господство переходит к багульнику. Участие трав незначительно. Обычными спутниками служат хвощ лесной, осока шаровидная, майник двулистный и

линнея северная. В напочвенном покрове доминирует плевроциум Шребера, единичное распространение имеют другие таежные мхи. По понижениям разрастаются сфагны. Доля их участия в покрове зависит от общей степени увлажненности участка леса.

Растительный покров «минеральных островов» представлен пихтово-елово-кедровыми зеленомошно-мелкотравными и мелкотравно-осоковыми лесами. Зеленомошно-мелкотравные леса имеют полидоминантный разновозрастный состав древостоя, средняя высота 23–25 м (III класс бонитета). В подросте доминирует пихта, в меньшей степени представлены – ель, кедр и береза. Подлесок выражен слабо, представлен рябиной сибирской и бузиной. Среди кустарников доминируют жимолость обыкновенная, шиповник иглистый и спирея средняя, встречается малина обыкновенная. Хорошо развиты травяной ярус и моховой покров, неоднородные по горизонтальному сложению. Микрогруппировки разного состава: из осоки, видов крупнотравья – воронца красноплодного, кочедыжника женского, щитовника картузианского и зеленых мхов. Доминируют в мелкотравных группировках, кислица обыкновенная, линнея северная, звездчатка Бунге, седмичник европейский, присутствуют также майник двулистный и цирцея альпийская. На осветленных участках – осока большехвостая, вейник тупокосолоковый, василистник малый и борец северный. Зеленые мхи покрывают до 15 % территории. Доминирует гилокомиум блестящий, встречаются спорадически ритидиадельфус трехгранный, птилиум гребенчатый, плевроциум Шребера, климациум древовидный и пельтигера пупырчатая. На ветках рябины отмечена лобария лёгочная – вид, занесенный в Красную книгу Тюменской области (Гынгазов А.М., Миловидов С.П. Орнитофауна Западно-Сибирской равнины. Томск, 1977).

На затемненных участках травостой достаточно разрежен и образован в основном хвощами луговым и лесным, а также представителями мелкотравья – кислицей обыкновенной, звездчаткой Бунге, ортилией однобокой, майником двулистным и др. В увлажненных микропонижениях встречаются разнотравно-папоротниковые ассоциации – щитовник картузианский, диплазиум сибирский, страусник обыкновенный, таволга вязолистная и сныть обыкновенная (Гашев С.Н., Сорокина Н.В., Хританько О.А., Вестник Тюменского государственного университета. Тюмень, 2010; Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. С. 460).

## 2.6 Животный мир

Согласно зоогеографическому районированию Тюменской области, территория исследований относится к Демьянской провинции подзоны южной тайги Бореальной подобласти Голарктической области Западно-Сибирской равнинной страны. В районе исследования доминируют лесные и озеро-болотные местообитания.

Данные по видовому разнообразию фауны и ее численности в районе проведения исследований отсутствуют, поэтому подобную оценку в основных типах местообитаний можно осуществить лишь ориентировочно на основании информации из литературных источников по территориям-аналогам. Тем не менее, поскольку район исследования входит в ареал обитания нижеперечисленных представителей фауны, вероятность встречи тех или иных видов на исследуемой территории существует.

Герпетофауна исследуемой территории представлена 3 видами земноводных, из них повсеместно встречается остромордая лягушка, в лесах серая жаба, изредка – сибирский углозуб. Пресмыкающиеся представлены 3-мя видами: гадюкой обыкновенной и живородящей ящерицей, а также, вероятно, редким в этом районе ужом обыкновенным.

На исследуемой территории наибольшее число видов млекопитающих составляют мелкие мышевидные грызуны и насекомоядные. Из насекомоядных обычны кутора, бурозубки – малая, крупнозубая, средняя и обыкновенная. Из полевок наиболее многочисленна красная – мохоядный вид, широко распространенный по всей таежной зоне; на водоемах обычна водяная полевка. Редко встречаются полевая и лесная мыши, мышь-малютка и лесная мышовка.

В районе исследования в долинах рек может встречаться редкий вид, занесенный в Красную книгу Тюменской области – ёж обыкновенный.

Из беличьих многочисленны типичные представители таежной фауны – обыкновенная белка, в высокоствольных лесах встречается летяга.

Из рукокрылых встречается северный кожанок, возможно обитание усатой и прудовой ночницы.

Среди хищных наиболее разнообразны: колонок, горноста́й, ласка, американская норка, выдра, росомаха и барсук, эпизодически встречаются рысь и волк.

Выдра – типичный представитель млекопитающих, местообитанием которых являются околородные биотопы. К ним также прослеживается тяготение и у горноста́я. Росомаха, соболь и барсук – обитатели леса.

Для территории исследования характерны такие обычные виды животных, как заяц-беляк, обыкновенная лисица. Основные местообитания зайца-беляка, избегающего сплошных лесных массивов, приурочены к опушкам леса, вырубкам и гарям, к долинам и поймам рек, поросшим кустарником.

Представителем семейства оленьих на территории исследования является лось, который распространен повсеместно, за исключением болотистых мест. Семейство медвежьих представлено одним видом, являющимся обычным для данной территории – бурый медведь, копытные представлены косулей, встречающейся вдоль рек и по

задернённым гарям, по поймам рек отмечается и проникновение реакклиматизированного в последние годы кабана (Стариков В.П. Млекопитающие Ханты-Мансийского автономного округа (распространение, экология, практическое значение). Сургут, 2003).

Территория исследования по орнитогеографическому районированию А.М. Гынгазова и С.П. Миловидова входит в состав Тоболо-Иртышской провинции Тобольского участка Урманного округа Урало-Сибирской подпровинции таежной провинции северной подобласти гомарктической области (ГОСТ 17.5.3.04-83 Земли. Общие требования к рекультивации земель. Москва, 1983).

Наибольшее разнообразие из позвоночных животных представляет класс птиц. Орнитофауна района исследования разнообразна и многочисленна – здесь может быть встречено до 200 видов птиц, из которых более 100 – гнездящиеся.

На территории исследования в лесных местообитаниях большинство птиц принадлежит к отряду воробьинообразных – преимущественно мелких лесных и кустарниковых форм. Сравнительно хорошо представлены лесные формы из отрядов дятлообразных, совообразных, курообразныептицы и ястребы.

В лесах территории исследования наибольшим числом видов (49) и плотностью населения (274 особи/км<sup>2</sup>) характеризуются темнохвойные леса, меньшим – лиственные (20 видов, 164 особи/км<sup>2</sup>). В них преобладают типично лесные виды воробьинообразных – юрок, москковка, гаичка буроголовая, конек лесной, славка-завирушка, пеночка-теньковка, зяблик, горихвостка; в близких к ним приречных ельниках многочисленна синехвостка. Довольно обычны в них лесные формы из других отрядов: дятлы трехпалый и большой пестрый, сычи мохноногий и воробьиный, кукушки обыкновенная и глухая, кулик-черныш, вальдшнеп и рябчик. В лесах можно встретить представителей Красных книг различного уровня – филина, большого подорлика.

Довольно богаты видами и заболоченные леса, особенно сосняки (56 видов), но плотность птичьего населения в них меньше (121 ос./км<sup>2</sup> в сосняках и 154 в кедровниках). Видовой состав птиц в заболоченных сосняках и кедровниках существенно различается. В первых преобладают юрок, овсянки – крошка и белошапочная, конек луговой, горихвостка; в кедровниках – гаичка буроголовая, клест-еловик, синехвостка, зарянка, славка-завирушка, кедровка, а также тетеревиные. Весьма обычны здесь кукушка обыкновенная, дятлы черный, трехпалый, большой пестрый. Довольно широко в заболоченных разреженных лесах представлены дневные хищники: чеглок, канюк, лунь полевой, орлан-белохвост, беркут, на водоемах в них отмечены гусь-гуменник, свиязь,

морянка, улит большой, кроншнеп средний, довольно редкий в Западной Сибири песочник длиннопалый.

Болота, в целом, характеризуются наименьшим разнообразием и обилием птиц. Для переходных осоково-сфагновых болот зафиксированы сравнительно высокие показатели (34 вида, 373 особи / км<sup>2</sup>), в более распространенных грядово-мочажинных типах болот насчитывается всего 10 видов птиц при плотности их населения 79 особей/км<sup>2</sup>. Промежуточное положение с заболоченными сосновыми лесами по этим показателям занимают очень характерные для данной территории сосновые болота (рямы). В целом на болотах преобладают такие виды птиц, как желтая трясогузка, чекан черноголовый, овсянка крошка, дубровник, конек лесной. Довольно обычны, особенно на болотах переходного типа кулики – турухтан, веретенник большой, кулик-фифи, дупель, длиннопалый песочник, кроншнеп средний, бекас обыкновенный. На озерах среди болот отмечена чернозобая гагара и гусеобразные – гуменник, лебедь кликун, чирок-свистунок, хохлатая чернеть, шилохвость, широконоска. Из хищников на них могут встречаться характерные для открытых местообитаний канюк, коршун, полевой лунь, скопа и чеглок. На болотах наиболее полно представлены журавлеобразные – серый журавль, погоньш малый и коростель. Из куриных на сосновых болотах обычны глухарь и тетерев, на кустарниковых – белая куропатка, на переходных – перепел.

В районе болот можно встретить таких краснокнижных видов, как черный аист, турпан, большой крошнеп, а в долинах рек – кулика-сороку.

Наибольшее число видов птиц и плотность их населения характерна для долин таежных рек, особенно для приречных комплексов, включающих русло реки, старицы, луговины, опушечно-кустарниковую растительность и прибрежные темнохвойные леса. В таких местообитаниях отмечается 80 видов птиц с общей плотностью их населения 484 особи/ км<sup>2</sup> (Стариков В.П. Млекопитающие Ханты-Мансийского автономного округа (распространение, экология, практическое значение). С. 127).

Среди многочисленных воробьинообразных доминируют мухоловка-пеструшка, славка садовая, пеночка-весничка, юрок, гаичка буроголовая, московка, длиннохвостая синица, славка-завирушка, камышовка садовая, зяблик. Также здесь встречается ряд водных и околоводных видов (гусеобразные, кулик – перевозчик, бекас обыкновенный, веретенник большой, улит большой, многочислен лесной кулик-черныш). Здесь же можно встретить соколообразных (канюк, коршун, осоед, орлан-белохвост, скопа, ястребы: перепелятник и тетеревиатник), из куриных многочислен рябчик. В поймах рек можно встретить такие краснокнижные виды, как сапсан и серый (большой) сорокопуд.

Территория исследования расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья. Приурочена она к бассейну р. Демьянка – правобережному притоку Иртыша.

Ихтиофауна р. Демьянка может быть представлена в основном туводными видами рыб: язем, ельцом, окунем обыкновенным, плотвой обыкновенной, ершом обыкновенным и щукой, распространенной повсеместно. Промышленный лов на реках не ведётся.

#### 2.7 Особо охраняемые виды растений и животных

Рассматриваемая территория, согласно литературным данным Гынгазова А.М., Миловидова С.П. входит в область распространения 13 видов животных, включенных в Красную книгу Тюменской области, 11 из которых – птицы. Из 11 видов птиц лишь один вид – филин – является зимующим. Остальные относятся к перелетным или кочующим и в районе исследования не обитают:

К видам, сокращающимся в численности, относятся большой подорлик, сапсан и филин.

Редкими видами являются ёж обыкновенный, уж обыкновенный, черный аист, турпан, кулик-сорока, большой крошнеп и серый (большой) сорокопут, орлан-белохвост скопа, беркут. При выполнении ИЭИ данные виды животных и птиц на исследуемой территории встречены не были.

На ветках рябины отмечена лобария лёгочная – вид, занесенный в Красную книгу Тюменской области (Гынгазов А.М., Миловидов С.П. Орнитофауна Западно-Сибирской равнины. С. 350).

#### 2.8 Формы современного природопользования

В административном отношении Усть-Тегусское месторождение расположено в Уватском районе Тюменской области, в пределах Урненского и Усть-Тегусского лицензионных участков. Недропользователь ООО «ТНК-Уват». Ближайшие населенные пункты – д. Нефедова, расположенная в 50 км к западу от участков и д. Тайлакова, в 50 км к северу (Приложение А). Административный центр территории – пос. Уват расположен в 280 км западнее от месторождения. Ближайшие месторождения – Урненское, Гавриковское и Тайлаковское. Основными магистралями района являются: автомобильная дорога Тобольск – Южный Балык и железная дорога – Тюмень – Сургут – Нижневартовск. Параллельно магистралям проложены нефтепроводы Усть-Балык – Омск, Усть-Балык - Курган, Нижневартовск – Курган, Сургут – Нижний Новгород; два газовых магистральных газопровода и продуктопровод Южный Балык – Тобольск. Для транспортировки нефти с Усть-Тегусского месторождения на запад до центральной

магистрала нефтепровода проложена «ветка» протяжённостью 319 км, размеры трубы 530x9 мм.

#### *Промышленность*

Усть-Тегусское месторождение было открыто в 1993 году скважиной № 100 объединения «Новосибирскнефтегазгеология». Платформенный чехол представлен песчано-алевритоглинистыми и опоковидными отложениями мезозойско-кайнозойского возраста суммарной толщиной около 2700 м. По кровле тюменской свиты Усть-Тегусская структура и примыкающее к ней с Юго-Востока Васюнинское поднятие оконтуриваются изогипсой - 2400 м.

На месторождении пробурены 6 поисковых скважин глубиной 2443- 2681 м. Промышленная нефтеносность связана с пластами, залегающими на глубине 2473- 2496 м, 2471-2546 м и 2549-2570 м.

Данное месторождение находится в распределённом фонде недр и относится к классу средних, а по степени промышленной освоенности к разведываемым. Лицензия была выдана нефтяной компании «ТНК – Уват».

Общий объем запасов углеводородного сырья на территории района оценивается в 1,2 млрд. тонн нефти. ООО «РН-Уватнефтегаз» разрабатывает Урненское и Усть-Тегусское месторождения Уватского проекта. Разработка месторождений Увата входит в число приоритетных проектов Роснефти.

Вблизи территории открыты месторождения строительных материалов, которые широко используются при промышленном обустройстве месторождения. Также в районе действует деревообрабатывающая промышленность, производство стройматериалов, пищевая промышленность (хлебобулочные, кондитерские изделия).

#### *Сельское хозяйство*

Уватский муниципальный район в силу природно-климатических условий имеет свою сельскохозяйственную специфику. Производственные сельскохозяйственные предприятия района представлены 6 обществами с ограниченной ответственностью. Основное направление деятельности этих хозяйств - молочно-мясное производство и кормопроизводство. За основное направление в деятельности сельхозкооперативов взято развитие личных подсобных хозяйств населения, организация закупа и переработки сельскохозяйственной продукции.

#### *Транспорт, связь*

Дорожная сеть практически отсутствует, передвижение по площади работ и перевозка грузов возможны по снежному покрову (зимники). Доставка грузов производится по железной дороге, автотранспортом, либо баржами в период летней

навигации. В редких случаях используются вертолеты для доставки небольших партий грузов, а также иногда – рабочих вахт. Промышленная инфраструктура на участках работ отсутствует. Ближайшие аэропорты расположены в г. Тобольске и пос. Уват. Условия производства работ на площади относятся к V категории трудности.

В составе Уватского района 12 сельских поселений, которые включают 38 населенных пункта, разбросанных по территории района. Есть поселения, удаленность которых от центра составляет более 300 км. Транспортная доступность к ним ограничена и возможна только вертолетом, весной – речным транспортом.

Большая часть населения исторически расселена по берегам реки Иртыш; остальные районы практически не заселены. Количество жителей в населенных пунктах колеблется от 1 до 5500 человек. Около 70% населения сосредоточено в п. Туртас, с. Уват, с. Демьянское, ст. Демьянка.

Территория месторождения находится вне границ особо охраняемых природных территорий.

Вблизи района изучения имеются земли традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, а также данная территория закреплена за МУП «ПОХ «Кедровый» на основе долгосрочной лицензии на право пользования животным миром для нужд охотничьего хозяйства. Территории традиционного природопользования отсутствуют.

В районе расположения Усть-Тегусского месторождения памятники истории и культуры не располагаются. Ограничения, связанные с обеспечением сохранности объектов культурного наследия, отсутствуют.

## Выводы к главе 2

Усть-Тегусское нефтяное месторождение расположено в Тюменской области Российской Федерации в 350 км к Востоку от г. Тобольск. Приурочено к одноимённому локальному поднятию, осложняющему Новоютымский вал и входящему в состав Демьянского нефтегазоносного района Каймысовской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Особенности климата рассматриваемой территории обусловлены ее географическим положением и связанным с этим незначительным притоком солнечной радиации. Наиболее важными факторами формирования климата являются западный перенос воздушных масс и континентальность. Взаимодействие этих двух факторов обеспечивает быструю смену циклонов и антициклонов, способствует частым изменениям погоды и сильным ветрам. Выположенный равнинный рельеф не обеспечивает

достаточного стока поверхностных вод, что создает условия для избыточного увлажнения подстилающей поверхности и атмосферного воздуха. Влияют на формирование климата длительное промерзание земной поверхности, обилие болот, озер и рек.

Рельеф исследуемой территории представляет собой пологоволнистую равнину с общим уклоном к югу. Абсолютные отметки ненарушенной поверхности земли района варьируют в диапазоне 82,39-88,90 м.

Территория исследования представляет собой типичную аккумулятивную равнину, сложенную слоистыми легкосуглинистыми и песчаными толщами, перекрытыми покровными суглинками.

В районе исследований преобладают слабо дренированные водораздельные пространства, занятые массивами грядово-мочажинных болот и заболоченными угнетенными лесами. Для дренированных территорий характерно развитие смешанных травянистых лесов.

Распределение растительного покрова определяется геоморфологическим строением и гидрологическим режимом. Основные природные комплексы района исследования представлены болотными, а зоны влияния – лесными, лесоболотными и болотными экосистемами.

В районе Усть-Тегусского месторождения преобладают типичные таежные виды животного мира: лось, соболь, белка, лесная куница, речной бобр, выдра, бурый медведь, колонок, рысь, глухарь, рябчик, белая куропатка, тетерев. Встречаются ондатра, американская норка, заяц-беляк, лисица, волк, росомаха, барсук, обширная группа водоплавающих околоводных птиц: кряква, шилохвость, свиязь, серая утка, широконожка и другие.

## ГЛАВА 3 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Поверхностные воды

Исследуемая территория расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья и приурочена к водоразделу реки Демьянка.

Объекты размещаются на водосборной площади р. Демьянка, которая является ближайшим к ним водным объектом и находится на расстоянии примерно 1,5 км в восточном направлении от района работ.

Река Демьянка берёт начало в Омской области, протекает с востока-юго-востока на запад-северо-запад и впадает в р. Иртыш на 318 км от устья. Общая длина реки 1159 км, площадь водосбора 340800 км<sup>2</sup>, принимает 50 притоков, длиной более 10 км. Коэффициент густоты речной сети составляет 0,31 км/км<sup>2</sup>. Средневзвешенный уклон реки составляет 0,07‰, что указывает на спокойное течение, умеренные деформационные процессы и мелкофракционный состав донных отложений. Долина реки, как в верхнем, так и в среднем течении имеет трапецеидальную форму. Склоны долины реки относительно крутые, местами обрывистые, покрыты разнообразной таежной растительностью. Русло реки неразветвленное, сильноизвилистое, на мелководье захламлено поваленными деревьями, кустарником. Тип руслового процесса свободное меандрирование. Меженный продольный уклон незначительный и составляет 0,034‰. Ширина поймы составляет 15-17 м. Оба берега реки довольно высокие, правый берег намного выше, сложен суглинком тугопластичным с прослойками песка и круче левого, сложенного песком, с линзами супеси. Ширина реки на рассматриваемой территории около 75 м.

Русло на мелководье захламлено поваленными деревьями, топляком, в верховьях и среднем течении – карчеход и многочисленные заломы. Характерен мелкофракционный илисто-тонкопесчаный состав донных наносов; среднегодовые расходы взвешенных наносов небольшие – 0,8–2,3 кг/с, в половодье до 65 кг/с.

Для рек таежной зоны характерно сильно растянутое половодье, пониженная пропускная способность и, следовательно, пониженная дренирующая роль, что является одним из важных факторов переувлажнения и заболачивания территории. Сильный подпор притоков главных рек Оби и Иртыша в половодье вызывает дополнительное обводнение водораздельных территорий. Высота подъема воды колеблется от 4,5 до 7,5 м, иногда достигая 8-10 м. Реки, выходя из берегов, затапливают огромные пространства.

Гидрографическая сеть района исследований представлена, кроме вышеуказанной

реки, ручьём б/н, а также внутриболотными сточными и бессточными озёрами.

Характерной чертой гидрографической сети исследуемой территории является преобладание малых рек и озер, а также сильная заболоченность их водосборов. Реки обладают небольшими уклонами, типичными для равнинных водотоков.

Основные особенности формирования поверхностного стока и режима рек исследуемой территории определяются климатическими условиями, в частности, соотношением тепла и влаги. Значительное влияние на формирование водного режима оказывают особенности подстилающей поверхности. Плоский рельеф, небольшой эрозионный врез обуславливают значительное замедление как поверхностного, так и подземного стока.

Реки данной территории относятся к типу со смешанным питанием, в котором участвуют талые воды сезонных снегов, жидкие осадки и подземные воды. Повсеместно основным источником питания являются зимние осадки, доля которых в годовом стоке составляет 51%, на долю дождевого питания приходится от 20%, подземного – 29% (Агроклиматический справочник Тюменской области (Южная часть). С. 163).

По характеру водного режима реки рассматриваемой территории относятся к рекам с весенне-летним половодьем, паводками в теплое время года и летне-осенней меженью.

Для рек таежной зоны характерно сильно растянутое половодье, пониженная пропускная способность и, следовательно, пониженная дренирующая роль, что является одним из важных факторов переувлажнения и заболачивания территории. Основные водные артерии Тюменской области - Обь, Иртыш и Енисей - текут с юга, где раньше начинается половодье. В результате эти многоводные реки вызывают подпоры на притоках из среднего и нижнего течения. Длительное весеннее - летнее половодье сильно ослабляют дренирующую роль рек и даже превращает их из фактора дренажа в фактор застоя и временного накопления вод. Высота подъема воды колеблется от 4,5 до 7,5 м, иногда достигая 8-10 м. Реки, выходя из берегов, затапливают огромные пространства.

Половодье начинается в первой половине апреля. Максимум проходит в конце мая. Заканчивается в среднем в конце июня – середине июля, а в отдельные годы в начале августа (Таблица 3.1) из-за дождевых паводков и замедленного процесса стока с заболоченных водосборов. Форма половодья рек одновершинная, большей частью сглаженная, растянутая, что объясняется замедленным таянием снегов и регулирующим влиянием болот и озер.

В некоторые годы, вследствие значительной естественной зарегулированности рек данной территории, весенний сток сливается с летними паводками и образует общий продолжительный подъем, который правильней называть весенне-летним половодьем.

Средняя продолжительность – 75–90 дней.

На реках рассматриваемого района подъем воды во время половодья происходит с большой интенсивностью – 60-110 см/сутки при высоком и не более 60 см/сутки при низком уровне половодья.

Летне-осенняя межень обычно продолжается с середины июля – начала августа до конца сентября – начала октября. Средняя продолжительность её 80-90 дней. Почти ежегодно межень нарушается дождевыми паводками, количество которых доходит до 10. Средняя высота подъема паводков 100-150 см. Осенние ледовые явления на реках иногда сопровождаются кратковременными повышениями уровня. Чаще всего летне-осенняя межень плавно переходит в зимнюю.

Средняя годовая амплитуда колебаний уровня воды на реке 530—550 см. Наибольшие подъемы уровня в период половодья наблюдаются от 790 до 1010 см, на реке Демьянка – сразу же после очищения от льда.

Первые осенние ледяные образования на реках появляются вскоре после перехода температуры воздуха через 0°C (конец октября) в виде заберегов, шуги, реже сала и сопровождаются кратковременными повышениями уровня.

Зимняя межень устанавливается в конце октября, начале ноября и продолжается до начала подъема воды, продолжительность зимней межени – 150-160 дней.

Зимний режим рек характеризуется устойчивым ледоставом, который образуется путем срастания берегов. Ледостав устанавливается в третьей декаде ноября. Интенсивное нарастание толщины льда наблюдается в первые дни после замерзания рек при незначительном слое снега. В начале периода скорость нарастания достигает 3,5 см/сутки, затем интенсивность снижается и не превышает 0,5 см/сутки. Средняя продолжительность – 170 дней. Наибольшей толщины лед достигает в конце марта – начале апреля. Там, где позволяет глубина, максимальная толщина льда может достигать 90 см.

Процесс весеннего разрушения льда начинается с появлением талой воды на его поверхности непосредственно после перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C. Освобождение рек ото льда происходит под действием тепловых и механических факторов. Среднегодовая дата начала весеннего ледохода – 25 апреля, полное очищение рек ото льда происходит на неделю позже.

Средние модули стока за зимнюю межень изменяются от 0,30 до 1,20 л/сек, км<sup>2</sup>. Средний годовой модуль стока 2,00 - 4,60 л/сек, км<sup>2</sup>, слой стока равен 15-175 мм. Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,50. Значение коэффициентов вариации и асимметрии, характеризующие изменчивость стока рек, равны  $C_v=0.27$ ,  $C_s=0,50$ .

После очищения рек ото льда температура воды начинает интенсивно повышаться, переход через  $0,2^{\circ}\text{C}$  (показатель устойчивого повышения) отмечается в последней декаде апреля. Прогрев водоемов продолжается до конца июля. Наибольшая температура воды наблюдается в июле, и ее среднемноголетнее значение равно  $19^{\circ}\text{C}$ . Средняя многолетняя температура в целом за теплый период (май-октябрь) составляет  $12^{\circ}\text{C}$ . Амплитуда суточных колебаний температуры воды определяется водностью реки.

Русловой процесс Демьянки представляет собой постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текучей воды.

Ежегодно, в связи с сезонным изменением расходов воды, чередованием половодий, паводков, межени – наблюдается циклические повышения и понижения участков дна русла водотока. В половодье и высокие паводки плесовая лощина размывается, и наносы из нее переносятся нижележащий пережат. На спаде уровня воды и в межень, наоборот, происходит размыв пережата и перенос наносов в ниже расположенный плес.

На пересекаемых водотоках берега и пойма достаточно хорошо закреплены растительностью, что препятствует их размыву во время прохождения максимальных расходов. Поймы, поросшие хвойными и лиственными деревьями, кустарником и густым разнотравьем, имеют значительную шероховатость. Вследствие этого, при выходе воды на пойму во время прохождения паводков, скорости течения сильно замедляются, что препятствует размыву пойменных массивов.

Рассматриваемая территория характеризуется невысокой озерностью, в среднем 1-2 %. По генезису котловин озера подразделяются на три основные группы:

1. пойменные озера, которые образуются в расширенных речных поймах в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности рек или заполнения полыми водами пониженных участков поймы; к этому типу относятся старичные озера и озера-соры;
2. торфяно-болотные озера представляют собой группы небольших водоемов, бессистемно разбросанных среди болотных массивов по бассейнам рек;
3. озера древних ложбин стока располагаются в определенной последовательности, в виде цепочки.

Район характеризуется особо крупными олиготрофными болотами, которые расположены на водоразделах первого порядка и отдельными языками заходят на водоразделы рек второго порядка. Сильная заболоченность исследуемой территории связана с плоским рельефом, затрудненным поверхностным стоком, малой испаряемостью, достаточным количеством осадков, близким залеганием к поверхности

водоупорных горизонтов.

В распределении болотных ландшафтов наблюдается определенная закономерность. На склонах массивов преобладают грядово-мочажинные комплексы (33%), в центральной более плоской части - грядово-озерковые (23 %). Окраины болотных массивов занимают рямовые верховые болота с сосной. На более крутых склонах болотных массивов и на хорошо дренируемых участках, расположенных вблизи рек и озер, развиты лесные и мохово-лесные ландшафты, которые занимают 44% площади болот.

Процессы водной эрозии, такие как оползание склонов, осыпи, обвалы берегов и как следствие - рост промоин и оврагов, наиболее интенсивны в период прохождения половодья, а масштабы проявления этих процессов зависят от мощности реки, водности года, характера развития весенне-летнего половодья и от гидрогеологических условий. (Московченко, 2003).

### 3.2 Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении рассматриваемая территория находится в южной части Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ), представляющего собой сложно построенную гидродинамическую систему. В его составе выделяются три гидрогеологических бассейна (палеозойский, мезозойский и кайнозойский) разделенных на шесть самостоятельных гидрогеологических комплексов: олигоцен-четвертичный, турон-олигоценый, апт-альб-сеноманский, неокомский, юрский и триас-палеозойский.

По условиям формирования, химическому составу, водообмену и ресурсам бассейн делится на два гидрогеологических комплекса: олигоцен-четвертичный и турон-олигоценый.

Первый объединяет песчано-алевритовые и глинистые отложения, в гидродинамическом отношении он представляет собой единую водонасыщенную толщу, грунтовые воды которой гидравлически связаны между собой. Подземные воды формируются в зонах активного и слегка затрудненного водообмена, характеризуются небольшой минерализацией и используются, в основном, для целей водоснабжения.

Второй комплекс сложен мощной (750-880 м) толщей глин и является региональным водоупором на большей части территории ЗСМБ.

Верхний гидрогеологический комплекс включает водоносные горизонты, и спорадически обводненные толщи, приуроченные к четвертичным и верхнепалеогеновым отложениям. Верхний комплекс характеризуется наличием пресных вод (гидрокарбонатного состава) и отсутствием регионально выдержанных водоупоров.

Гидрогеологические условия исследуемого участка характеризуются наличием

подземных вод грунтового типа на глубине 0,2–1,5 м. (Атлас Тюменской области, Ч.1. С. 198).

Грунтовые воды данного района безнапорные, приурочены к современным аллювиальным, озерно-аллювиальным и флювиогляциальным, в основном песчаным и супесчаным отложениям. Водовмещающими грунтами являются торф среднеразложившиеся, песок пылеватый и мелкий, насыщенный водой, супесь пластичная, суглинок текучий и мягкопластичный.

Основным источником питания грунтовых вод являются атмосферные осадки: весной талые снеговые воды и летне-осенние дожди. Разгрузка грунтовых вод осуществляется в нижележащие грунты, в понижения рельефа в сторону общего уклона местности и далее в русло реки Демьянка.

Установившиеся уровни грунтовых вод на суходольных участках зафиксированы на глубине от 1,3 м, на пониженных участках и в пределах болота – на глубине 0,2-0,3 м. Уровни зависят от сезонных колебаний. Во время интенсивного снеготаяния и обильного выпадения дождей происходит подъем вод к поверхности, на некоторых участках возможен их выход на поверхность воды. Режим грунтовых вод находится в тесной зависимости от режима р. Демьянка.

Согласно данным залегания грунтовых вод территория месторождения относится к подзоне сильного подтопления характеризуется полным изменением режима увлажнения, изменением почвенного покрова, сменой типа почв и их морфологических и химических свойств, заметно меняется температура и влажность приземного слоя воздуха.

По химическому составу подземные воды относятся к гидрокарбонатно-кальциево-калиево-натриевым.

### 3.3 Гидрохимическая характеристика

Характерной особенностью воды реки Демьянка является резко выраженное преобладание ионов  $\text{HCO}_3^-$  в течение года.

Минерализация воды в многоводные годы в период половодья составляет 27 мг/л, в маловодные годы она повышается до 47 мг/л. В летне-осеннюю межень минерализация изменяется соответственно от 116 до 167 мг/л. В зимнюю межень она резко увеличивается, достигая 350 мг/л в многоводные годы.

Ионный состав незначительно меняется в течение года. Относительное содержание ионов  $\text{HCO}_3^-$  составляет 37—45% экв. Ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  имеют подчиненное значение, содержание их изменяется от 1 до 2 и от 4 до 9% экв.

Хорошо и резко выражено преобладание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  (31—39% экв.) при содержании

ионов  $Mg^{2+}$  от 10 до 19% экв., ионов щелочных элементов — от 0 до 3% экв. В многоводные годы иногда ионы  $Na^{+}+K^{+}$  отсутствуют.

Вода реки Демьянки очень мягкая в половодье и мягкая в летне-осеннюю межень. Жесткость ее составляет 0,4—2 мг-экв/л. В зимнюю межень жесткость воды повышается до 4 мг-экв/л.

Цветность воды высокая, особенно в период половодья (150—190°), в межень она составляет 66—218°. Окисляемость изменяется в пределах 19—30 мгО/л.

Содержание железа колеблется в широких пределах (0,45—5 мг/л). Кремний содержится от 3 до 7 мгSi/л.

Высокая цветность, окисляемость, повышенное содержание железа не позволяют широко использовать воды реки для питьевых нужд и технического водоснабжения без соответствующей обработки.

### Выводы к главе 3

Объекты размещаются на водосборной площади р. Демьянка, которая является ближайшим к ним водным объектом и находится на расстоянии примерно 1,5 км в восточном направлении от района работ.

Исследуемая территория расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья и приурочена к водоразделу реки Демьянка.

Для рек таежной зоны характерно сильно растянутое половодье, пониженная пропускная способность и, следовательно, пониженная дренирующая роль, что является одним из важных факторов переувлажнения и заболачивания территории. Сильный подпор притоков главных рек Оби и Иртыша в половодье вызывает дополнительное обводнение водораздельных территорий.

Район характеризуется особо крупными олиготрофными болотами, которые расположены на водоразделах первого порядка и отдельными языками заходят на водоразделы рек второго порядка. Сильная заболоченность исследуемой территории связана с плоским рельефом, затрудненным поверхностным стоком, малой испаряемостью, достаточным количеством осадков, близким залеганием к поверхности водоупорных горизонтов.

Характерной особенностью воды реки Демьянка является резко выраженное преобладание ионов  $HCO_3^{-}$  в течение года. Высокая цветность, окисляемость, повышенное содержание железа не позволяют широко использовать воды реки для питьевых нужд и технического водоснабжения без соответствующей обработки.

В гидрогеологическом отношении рассматриваемая территория находится в южной части Западно-Сибирского мегабассейна, представляющего собой сложно построенную гидродинамическую систему. В его составе выделяются три гидрогеологических бассейна (палеозойский, мезозойский и кайнозойский) разделенных на шесть самостоятельных гидрогеологических комплексов: олигоцен-четвертичный, турон-олигоценый, апт-альб-сеноманский, неокомский, юрский и триас-палеозойский.

По условиям формирования, химическому составу, водообмену и ресурсам бассейн делится на два гидрогеологических комплекса: олигоцен-четвертичный и турон-олигоценый.

Гидрогеологические условия исследуемого участка характеризуются наличием подземных вод грунтового типа на глубине 0,2–1,5 м. По химическому составу подземные воды относятся к гидрокарбонатно-кальциево-калиево-натриевым.

## ГЛАВА 4 ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ

Технологический процесс оценки прогнозируемых зон затопления состоит из следующих этапов:

1. создание трехмерной цифровой модели местности;
2. создание модели водной поверхности со значениями атрибута высоты, равными урезу водной поверхности реки в межень с учетом уклона русла,
3. построить границы зоны возможного затопления Усть-Тегусского месторождения разной обеспеченности;
4. визуальный анализ зон затопления.

Для решения поставленной задачи визуализации, фактически сложившейся прогнозируемой гидрологической обстановки на территории исследования, а также картирования зон затоплений при прохождении паводков и половодий была организована ГИС-инфраструктура.

В качестве информационной основы использованы государственные топографические карты ГосГисЦентра (ГГЦ) масштаба 1:50000 (6 листов), а также данные глобальной топографической съемки (SRTM).

Для решения задачи отображения гидрологической обстановки на реках использованы данные о высотных отметках «0» графика гидрологических постов на р. Демьянке, а также значения критических отметок уровня воды. Источником такой информации послужили данные монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР».

Основной рабочий инструмент – ПК ArcGIS 10.0.4.1

### 4.1 Построение карты горизонталей

В качестве базовой информации для построения горизонталей использовались данные SRTM (Shuttle radar topographic mission). Эти данные представлены в виде матрицы абсолютных значений высот рельефа с дискретностью 1 м при пространственном разрешении 90x90 м. Абсолютная погрешность данных по высоте составляет 8 м в среднем для глобального массива данных. Для описания выбранного региона были выбраны сцены N58E073 и N58E074. Выбор данных SRTM для решения задачи получения цифровой модели рельефа в районе Усть-Тегусского месторождения обусловлен тем, что данные полностью отвечают требованиям точности для картографических масштабов от 1:25000 и мельче и могут быть использованы для определения характеристик рельефа речных бассейнов для последующего определения расчетных гидрологических

характеристик, а также использованием этого набора данных для решения задачи картирования подтопления в других регионах.

Для построения горизонталей земной поверхности при помощи данных SRTM, для последующего создания карт морфометрических показателей в ArcGIS потребуются использование программного обеспечения Global Mapper — универсальная программа с помощью, которой можно просматривать, конвертировать, преобразовывать, редактировать, распечатывать различные карты и векторные наборы данных. Открываем наши \*.dat файлы. File -> Open Data File, потом GeoTIFF. Открытые файлы имеют проекцию WGS84, она нам не подходит. Меняем проекцию на Gauss Krueger (6 degree zones) Tools -> Configure -> Projection -> Gauss Krueger (6 degree zones) (Рисунок 4.1).

Создаем контуры. File -> Generate Contours. Тут важно правильно выбрать шаг во вкладке Contour Options, чтобы количество интервалов в среднем было около десяти. Так, если в наличии высоты от -188 м до 3659 м, интервальный шаг следует около 350 м, для черно-белых карт можно выбрать 500 м. В данном случае был выбран шаг в 5 м. Вкладка Simplification — степень упрощения изолиний, от чего зависит размер файла (выбираем 0, здесь не стоит экономить) -> ОК (Рисунок 4.2).

Открываем вкладку Tools -> Control Center. Выбираем появившийся слой контурами Generated Contours -> Line Styles -> Use Same Style for All Features -> Style -> Null -> ОК. Удаляем слой с тифом (Рисунок 4.3).

Экспорт Shapefile. File -> Export Shapefile. Вкладка Export Bounds, мышкой выбираем нужную область -> ОК.

Учитывая, что изучаемая территория разбита на четыре топографические карты, то, для удобства дальнейшего использования, их необходимо соединить. Для соединения топографических карт также использовалась программа Global Mapper.

Открываем наши \*.dat файлы. File -> Open Data File. Файлы открываем в формате GMW так, как данный формат уже содержит привязку карты. В итоге получаем соединенные привязанные без полей карты (Рисунок 4.4).

Так как карты уже имели географическую привязку, программа автоматически перепроецировала проекцию итоговой карты. Карта имеет проекцию Pulkovo 1942/Gauss-Kruger Zone 13.

Далее необходимо сохранить карту в необходимом формате, для этого используем экспорт растров. В меню File выбираем "Export Raster/Image Format", в открывшемся окне выбираем формат GeoTIFF.

Выбор формата GeoTIFF обусловлен тем, что он является открытым форматом представления растровых данных в формате TIFF совместно с метаданными о географической привязке (геореференцированный растр). Данный формат содержит несколько видов гео-тегов, которые определяют вид картографической проекции, систему географических координат, модель геоида, датум и любую другую информацию, необходимую для точного пространственного ориентирования.

В результате использования программного обеспечения Global Mapper мы получили модель структурных линий земной поверхности изучаемой территории в формате Shapefile и соединенные перепроцирированные топографические карты ГГЦ масштаба 1:50000, в формате GeoTIFF, для дальнейшей работы с ними в программном обеспечении ArcGIS.

Так как данные SRTM охватывают гораздо большую территорию, чем нам необходимо для изучения, то завершающим этапом обработки картографического материала становится обрезка карты рельефа по топографической карте ГГЦ масштаба 1:50000. Данный этап производится в программе ArcGIS с помощью утилиты ArcToolbox «Вырезание». После отработки получили новый обрезанный по рамке shape-файл (Рисунок 4.5).

#### 4.2 Цифровая модель рельефа

Цифровая модель рельефа (ЦМР) является одним из наиболее важных информационных слоев при разработке методики картографирования зон затопления. В качестве основы для построения ЦМР использованы использовались горизонталы, полученные по данным глобальной топографической съемки (SRTM), установленного на спутнике TERRA.

Для построения интерполированного растра по этому параметру выбираем инструмент Topo To Raster из набора инструментов Interpolation (Интерполяция) модуля Spatial Analyst. В основе инструмента построения ЦМР Topo to Raster модуля ArcGIS Spatial Analyst положен алгоритм М. Хатчинсона, который преобразует исходные данные слоев «рельеф» и «гидрография» в набор точечных высот с последующей интерполяцией на регулярную сетку посредством мультисеточных сплайнов с натяжением. При этом точками становятся узлы исходных линий и полигонов (горизонталей, гидрографического строения русловой сети, границы области моделирования). Алгоритм М. Хатчинсона позволяет учесть возможность пересечения линий водотоков, а также ареалов гидрографической информации и гидрологических депрессий при построении ЦМР. Эти данные являются вспомогательными и используются для определения морфологии

поверхности между горизонталями: плоскость (озеро), наклонная ложбина (водоток) или впадина (бессточная депрессия). Таким образом, обеспечивается гидрологическая корректность ЦМР и достоверность проводимых по ней расчетов. ЦМР бассейна р. Демьянка построена с шагом сетки 5 м. Растровая модель соответствует точности исходных топографических данных. ЦМР была трансформирована в проекцию Гаусса-Крюгера, с целью проведения измерения масштабов линейных и площадных объектов с минимальными искажениями (Приложение Б).

Для отображения этой поверхности в трехмерном пространстве используется приложение ArcScene, в которое загружается полученная растровая модель. В свойствах слоя указываются базовые высоты, подбирается цветовая схема и т.д. После чего в окне ArcScene появляется пространственная трехмерная модель, показанная на рисунке 4.6.

#### 4.3 Построение зон подтопления и затопления разной обеспеченности и их анализ

Область применения геоинформационной системы анализа и прогноза риска подтопления территорий поверхностными водами весьма широка и во многом совпадает с областью интересов практической гидрогеологии.

Представленная в 3 главе методика расчета зон затопления и подтопления паводками в пойме рек на основе цифровой модели рельефа местности легко интегрируется в действующую систему гидрогеологического мониторинга

Величина зон затопления определяется с одной стороны уровнем поднятия грунтовых вод и воды в реке, а с другой - особенностями рельефа местности в окрестностях русла реки.

Для решения задачи отображения возможной зоны подтопления поверхностными водами территории Усть-Тегусского месторождения использованы данные о высотных отметках «0» графика гидрологического поста на р. Демьянка, а также значения критических отметок уровня воды (отметка выхода на пойму, отметки неблагоприятного и опасного явлений). Источником такой информации послужили данные монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР».

В ходе изучения гидрологических особенностей реки Демьянка было установлено, что исследуемая река, на данный момент, характеризуется отсутствием гидрологических постов. На Демьянке существовало 3 гидрологических поста (Таблица 4.1), первый был открыт в 1936 году, а последний был закрыт в 1997 году. В таких случаях, при отсутствии современной гидрологической информации по гидрологическим постам, возникает неопределенность при расчете распространения волны затопления.

Составлено по: Ресурсы поверхностных вод рек СССР. Алтай и Западная Сибирь. Том 15. Выпуск 3. Ленинград, 1973 г.

Нами было принято решение об использовании данных ближайшего гидрологического поста с целью создания условного поста на территории месторождения. Данное решение обусловлено тем, что река Демьянка протекает в пределах одной природной зоны, однородностью климатических и гидрологических условий, а также однородностью условий формирования стока (однотипность рельефа, почво-грунтов, растительного покрова, гидрогеологических условий, руслового процесса, равной и однородной степени залесенности, заболоченности и др.).

Ближайшим к Усть-Тегусскому месторождению, гидрологический пост р. Демьянка – Юрты-Лымкоевские. Перепад высот между гидрологическим постом и изучаемой территорией составил: 30,54 м и 78,5 м соответственно. Разница между высотами равна 47,96 м, согласно этой разнице, отметка нуля поста на территории исследования будет равна 79,4 м.

Построение возможных зон затопления территории в районе Усть-Тегусского месторождения осуществляется по данным об уровнях воды, полученным на основе наблюдений на гидрологическом посту с использованием средств модуля Spatial Analyst, согласно применяемой методики.

Согласно данным монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» критическое значение уровня воды, выше которого происходит выход на пойму и ее затопление, равно 11,6 м. Данные о уровнях воды на реке Демьянка использовались равные 1%, 5%, 50%, 95% и 99% обеспеченности. В таблице 4.2 приведены данные для поста р. Демьянка – Юрты-Лымкоевские, которые в свою очередь были адаптированы на территорию исследования.

Составлено по: Ресурсы поверхностных вод рек СССР. Алтай и Западная Сибирь. Том 15. Выпуск 3. Ленинград, 1973 г.

Река Демьянка являясь притоком реки Иртыш оказывается в подпоре - это, в свою очередь, вызывает дополнительное обводнение водораздельных территорий. Подпоры возникают при образовании в нижнем течении заторов или зажоров.

К сожалению, данное явление в гидрологии изучено слабо по причине сложности его образования, большой стоимости и небезопасности полевых работ. Поэтому методов расчета максимального подпорного уровня различной повторяемости при отсутствии наблюдений пока в гидрологии не существует. Для оценки максимального подпорного уровня воды по существующим официальным рекомендациям, к рассчитанному максимальному уровню весеннего половодья прибавляют 3-5 м в случае особо мощных

заторов, 2-3 м - средних заторов, 1-2 м - слабых заторов. В нашем случае, для территории месторождения была взята величина равная 1,2 м, потому что данная территория находится на значительном расстоянии от устья.

Согласно методики исследования, описанной в 3 главе, были построены зоны прогнозного затопления равные 1%, 5%, 50%, 95% и 99% обеспеченности уровня воды реки Демьянка.

При составлении прогноза о возможной обстановке были определены следующие показатели: площадь затопления; число промышленных площадок, попавших в зону подтопления; протяженность попавших в зону затопления коммунально-энергетических сетей; протяженность попавших в зону затопления мостов.

В таблице не были учтены данные о количестве населенных пунктов, попавших в зону затопления, так как на территории месторождения населенные пункты отсутствуют.

Территория месторождения находится вне границ особо охраняемых природных территорий. Также в районе расположения Усть-Тегусского месторождения памятники истории и культуры не располагаются. Ограничения, связанные с обеспечением сохранности объектов культурного наследия, отсутствуют.

При анализе космоснимка на территорию месторождения, были выделены 9 промышленных площадок, 44,82 км дорог и 19,1 км линий электропередачи, которые могут оказаться под влиянием гидрологических особенностей территории.

Путем обработки полученных данных были рассчитаны количественные характеристики о размерах затапливаемой территории Усть-Тегусского месторождения, а именно: при 1%-й обеспеченности затапливается 703,54 км<sup>2</sup> земель, при 25%-й обеспеченности – 672,87 км<sup>2</sup>; при 50%-й обеспеченности – 626,18 км<sup>2</sup>; а для 95%-й и 99%-й обеспеченности данные показатели соответственно равны 347,19 км<sup>2</sup> и 168,57 км<sup>2</sup> (Приложение В).

В результате исследования было выявлено, что при уровнях воды в реке при 95% и 99% обеспеченности происходит подтопление территории месторождения, так как в среднем глубина русла составляет 3-6 м и при подъеме уровня воды она практически не выходит за пределы русла, но в связи с этим образуется подпор грунтовых вод и происходит подтопление территорий. При уровне воды реки 50%, 25% и 1% происходит в совокупности с разливом поверхностных вод и подъемом уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках.

Из рассчитанных зон возможного подтопления территории (Приложения Г, Д) видно, что значительная часть берегов в долине реки Демьянка в пределах Усть-Тегусского месторождения как на правой, так и на левой сторонах реки имеет достаточно большую

высоту над уровнем реки и не затопливалась при 95% и 99% обеспеченностях, территории промышленных площадок, при данных обеспеченностях не подтапливаются. Возможно подтопление небольших участков вдоль дорог, которые имеют наиболее близкое расположение к руслу реки.

Подтопление близлежащей территории происходит в связи с подъем уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках. Данное подтопление, в отдельных случаях, может характеризоваться выходом грунтовых вод на дневную поверхность. Это обосновывается сильной заболоченностью исследуемой территории, связанной с плоским рельефом, затрудненным поверхностным стоком, малой испаряемостью, достаточным количеством осадков и близким залеганием к поверхности водоупорных горизонтов.

Наибольшие площади затопляются при уровнях редкой (малообеспеченной) повторяемости.

При затоплении при уровнях воды 50%-й обеспеченности (Приложение Е), территории 5 промышленных площадок оказались в зоне воздействия затопления. Возможно подтопление 1 моста, значительной части дорог и линий электропередачи.

В случае затопления территории при уровнях воды малой обеспеченности (Приложения Ж, И), в зону возможного риска попадают значительные площади Усть-Тегусского месторождения. Затопленными будут 8 площадок месторождения, 1 подтоплена частично. В зоне затопления также окажутся 2 моста, 70% дорог и все линии электропередачи.

Затопления при уровне воды реки 95% и 99% происходит также в связи с подъем уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках. Прирусловые территории реки уже затопливаются поверхностными водами Демьянки.

Основные риски при подтоплении связаны с разливами рек вследствие повышения уровня воды и подпора грунтовых вод, которое может привести к разрушению дорог, оборудования, зданий, сооружений.

Подтопление промышленных территорий отрицательно влияет на:

- физико-механические свойства грунтов в основании инженерных сооружений;
- надежность конструкций зданий и сооружений, в том числе возводимых на подрабатываемых и ранее подработанных территориях;
- устойчивость и прочность подземных сооружений при изменении гидростатического давления грунтовой воды;

— подземные части металлических конструкций, трубопроводных систем, систем водоснабжения и теплофикации за счет агрессивности грунтовых вод приводит их к коррозии;

— надежность функционирования инженерных коммуникаций, сооружений и оборудования вследствие проникания воды в подземные помещения;

— проявление суффозии и эрозии;

— загрязнение водных объектов и почвогрунтов;

— санитарно-гигиеническое состояние территории.

При оценке отрицательных воздействий подтопления территории следует учитывать глубину залегания грунтовых вод, продолжительность и интенсивность проявления процесса, гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические, медико-санитарные, геоботанические, зоологические, почвенные, хозяйственно-экономические особенности района защищаемой территории.

Величина ущерба от наводнений определяется, с одной стороны, природными условиями района формирования наводнения, гидрологическими характеристиками наводнения (высота подъема уровней, повторяемость, скорость поднятия воды, продолжительность затопления, состав и количество твердых наносов, время наступления наводнения и т.п.) и морфологией долины, а с другой стороны - социально-экономическими факторами: степенью и видом хозяйственного освоения и заселения территории. Кроме этого, значительное влияние на величину ущерба оказывают проводимые противопаводковые мероприятия и своевременный прогноз паводка.

#### Выводы к главе 4

Рассмотрена методика расчета площадей затопления пойменных территорий в районе Усть-Тегусского месторождения на основе использования модуля Spatial Analyst ArcGIS.

Рассмотрена технология построения цифровой модели рельефа на основе данных о рельефе территории исследования и глубинах русловой части, полученных с использованием ЦМР SRTM. На основе высотных отметок SRTM получена гибридная цифровая модель рельефа, которая использована для создания возможных зон затопления в районе исследования.

В результате применения методики исследования были рассчитаны и визуализированы зоны возможного подтопления и затопления при подъеме уровня воды разной обеспеченности, посчитаны площади и объекты, попадающие под возможную зону влияния.

В результате исследования было выявлено, что при уровнях воды в реке при 95% и 99% обеспеченности происходит подтопление территории месторождения, так как в среднем глубина русла составляет 3-6 м и при подъеме уровня воды она практически не выходит за пределы русла, но в связи с этим образуются подпор грунтовых вод и происходит подтопление территорий. При уровне воды реки 50%, 25% и 1% происходит в совокупности с разливом поверхностных вод и подъемом уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках.

Исходя из проделанной работы, можно сделать вывод, что при затоплении низкой обеспеченности затопливается значительная часть территории месторождения, что может привести к значительному материальному ущербу.

Использование информации по рельефу поймы позволяет провести оценку зон подтопления и затопления в ГИС при наличии данных о расчетных уровнях водной поверхности. Применение такого подхода позволяет полностью автоматизировать расчеты данных зон с использованием функций ArcGIS, не снижая при этом точность расчета.

Проведенное исследование доказывает целесообразность использования геоинформационной системы анализа и прогноза возможного подтопления территорий Усть-Тегусского месторождения в системе гидрогеологического мониторинга региона.

## ГЛАВА 5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД

### 5.1 Организация работы при угрозе затопления

Основными направлениями действий органов местного самоуправления и управлений по делам ГО и ЧС при угрозе затопления являются:

- а) анализ обстановки, выявление источников и возможных сроков затопления;
- б) прогнозирование видов (типов), сроков и масштабов возможного затопления;
- в) планирование и подготовка комплекса типовых мероприятий по предупреждению затоплений;
- г) планирование и подготовка к проведению аварийно-спасательных работ в зонах возможного затопления.

В период угрозы затопления в режиме повышенной готовности функционируют органы управления ГО и ЧС органов местного самоуправления. Как правило, на всех указанных уровнях решением руководителей органов местного самоуправления создаются противопоаводковые комиссии, председателями которых обычно назначаются первые заместители глав администраций.

Противопаводковые комиссии при угрозе возникновения затопления работают в дежурном режиме и проводят следующие мероприятия:

- а) организуют круглосуточный контроль за паводковой обстановкой в зоне своей ответственности, используя посты Росгидромета и своих наблюдателей;
- б) поддерживают постоянную связь и обмениваются информацией с комиссиями по чрезвычайным ситуациям и оперативными дежурными органов управления ГО ЧС;
- в) проводят учения (тренировки) по противопоаводковой тематике и организуют обучение правилам поведения и действиям во время наводнений;
- г) отправляют донесения в вышестоящие органы управления;
- д) уточняют и корректируют планы противопоаводковых мероприятий с учетом складывающейся обстановки;
- д) решением руководителя органа местного самоуправления организуют круглосуточные дежурства спасательных сил и средств;
- е) уточняют (предусматривают) места (районы) временного отселения пострадавших жителей из подтопленных (разрушенных) домов и сооружений, организуют подготовку общественных зданий или палаточных городков к размещению эвакуируемых;
- ж) предусматривают обеспечение эвакуируемого населения всем необходимым для жизни;

з) согласуют с территориальными органами МВД России и органами местного самоуправления порядок охраны имущества, оказавшегося в зоне затопления;

и) организуют круглосуточные дежурства по наблюдению за изменением уровня воды в источниках наводнения;

к) участвуют в организации и оборудовании объездных маршрутов транспорта взамен подтопленных участков дорог;

л) организуют (контролируют) укрепление имеющихся и сооружение новых дамб и обвалований.

В период весеннего половодья и паводков на реках противопаводковые комиссии должны обеспечить определение границ и размеров (площади) зон затопления (подтопления), количества административных районов, населенных пунктов, объектов экономики, площадей сельскохозяйственных угодий, дорог, мостов, линий связи и электропередач, попадающих в зоны подтоплений и затоплений.

В подготовительный период важную роль играет анализ обстановки и прогнозирование возможного затопления населенных пунктов.

Анализ обстановки предусматривает выявление возможных сценариев половодья и паводков, а также факторов, способствующих их возникновению.

По выявленным факторам, способствующим возникновению ЧС, а также вторичным факторам, представляющим угрозу населению и объектам экономики, производятся:

- а) оценка вероятности возникновения ЧС;
- б) оценка масштабов возможной ЧС.

## 5.2 Мероприятия по предупреждению и снижения негативного воздействия вод

Рекомендации по инженерно-техническим мероприятиям, для предупреждения и снижения негативных воздействий при подтоплении и затоплении территории Усть-Тегусского месторождения, разработаны на основании СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления», Федерального закона № 68-ФЗ от 21 декабря 1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и других нормативных документов.

Противопаводковые мероприятия в бассейнах малых рек разрабатываются на основе прогнозирования площадей затопления и подтопления земель общего, сельскохозяйственного назначения и определения ущерба, наносимого вредным воздействием вод. Прогнозирование площадей затопления и подтопления земель в бассейнах малых рек необходимо осуществлять с учётом снижения объёмов стока под влиянием антропогенных факторов.

Инженерно-технические мероприятия представляют собой комплекс мероприятий по изменению и улучшению природных условий и исключению воздействия физико-геологических процессов. В соответствии с этими основными задачами инженерной подготовки являются создание условий для полноценного и эффективного промышленного использования неудобных и непригодных для строительства и эксплуатации территорий с отрицательными природными факторами, обеспечение стабильности поверхности земли, зданий и сооружений на участках, подверженных физико-геологическим процессам.

В инженерно-геологическом и гидрологическом отношении осложняющими факторами эксплуатации месторождения являются:

- гидрогеологические условия территории;
- неудовлетворительное состояние водотоков и водоемов;
- недостаточная организация поверхностного стока.

Инженерно-технические мероприятия включают:

1. Строительные (предупредительные) мероприятия:

- искусственное повышение планировочных отметок земной поверхности;
- устройство дренажных систем на затопляемых землях;
- регулирование рек;
- строительное водопонижение.

2. Эксплуатационные мероприятия:

— строительство дамб обвалования для защиты от затопления жилых и промышленных объектов;

- проведение периодических дноуглубительных работ;
- спрямление излучин русла;
- отвод поверхностного стока с территории промышленных площадок;
- расчистка русел малых рек и водотоков;
- взламывание льда;
- строительство водохранилищ противопаводкового назначения.

Опыт осуществления указанных мероприятий по уменьшению последствий наводнений в России показывает, что наибольший экономический эффект и надежная защита пойменных территорий от наводнений могут быть достигнуты при использовании обширного комплекса мероприятий, сочетании активных методов защиты (регулирование водостока) с пассивными методами (обвалование, руслоуглубление и т.д.).

При разработке проектов инженерной защиты от подтопления учитывают следующие источники подтопления:

- распространение подпора подземных вод от водохранилищ, каналов и других гидротехнических сооружений;
- подпор грунтовых вод за счет фильтрации с прилегающих территории;
- утечка воды из водонесущих коммуникаций и сооружений на защищаемых территориях;
- атмосферные осадки.

При этом учитывают возможность одновременного проявления отдельных источников подтопления или их сочетаний.

Зону подтопления на прибрежной территории водного объекта определяют по прогнозу распространения подпора подземных вод при расчетном уровне воды в водном объекте на базе геологических и гидрогеологических исследования, а на существующих водных объектах — на основании гидрогеологических исследований.

При этом следует учитывать: степень атмосферного увлажнения защищаемых территорий; потери воды из водонесущих коммуникаций и емкостей.

Инженерная защита эксплуатационных территорий должна предусматривать образование единой комплексной территориальной системы, включающей локальные объектные защитные сооружения, обеспечивающие эффективную защиту территорий от наводнений, затопления и подтопления, повышения уровня грунтовых вод, вызываемого строительством и эксплуатацией зданий, сооружений и сетей. Единые комплексные территориальные системы инженерной защиты проектируют независимо от ведомственной принадлежности защищаемых территорий и объектов.

При проектировании инженерной защиты от затопления и подтопления следует определять целесообразность и возможность одновременного использования сооружений и систем инженерной защиты. В целях улучшения водообеспечения и водоснабжения и эксплуатации промышленных, коммунальных энергетических и сельскохозяйственных объектов, повышения культурно-бытовых условий жизни населения в проектах необходимо предусматривать возможность создания вариантов инженерной защиты многофункционального назначения.

Проект сооружений инженерной защиты должен обеспечивать:

- надежность защитных сооружений, бесперебойность их эксплуатации при наименьших эксплуатационных затратах;
- возможность проведения систематических наблюдений за работой и состоянием сооружений и оборудования;

- оптимальные режимы эксплуатации водосбросных сооружений;
- максимальное использование местных строительных материалов и природных ресурсов.

Выбор вариантов сооружений инженерной защиты должен производиться на основании технико-экономического сопоставления показателей сравниваемых вариантов.

При проектировании инженерной защиты территорий следует соблюдать требования «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Согласно данным изучения территории Усть-Тегусского месторождения, преобладающие абсолютные отметки рельефа территории составляют 84-90 м, наибольшая высота — 102 м. Наименьшие отметки наблюдаются вблизи русла Демьянка, и равны 78,6 м. Средняя глубина залегания уровней грунтовых вод составляет 0,8 м.

Для обеспечения нормативных глубин залегания уровня грунтовых вод на участках перспективных промышленных сооружений требуется повышение планировочных отметки строительство системы инженерной защиты от подтопления, обеспечивающей снижение уровней грунтовых вод до необходимых отметок.

При повышении планировочных отметок земной поверхности перспективных промышленных территории происходит изменение питания грунтовых вод. При проектировании и осуществлении искусственного повышения отметок территории необходимо соблюдать условия естественного и искусственного дренирования подземных вод и не создавать их подпора. В противном случае искусственное повышение отметок территории приведет к подтоплению прилегающих территорий, а также может вызвать существенное ухудшение условий при производстве работ.

В результате проведения мероприятий по подсыпке и последующей застройки территории возможен подъем уровней грунтовых вод относительно их естественных отметок. Это определяется как изменением балансовых составляющих питания и разгрузки верхнего водоносного горизонта, связанных с увеличением глубины залегания уровней грунтовых вод, так и дополнительной подпиткой верхнего горизонта, возникающей на эксплуатационных участках и связанной с потерями воды, направляемой на водоснабжение, используемой в водоотведении, и другими техногенными потерями.

Для обеспечения нормативных глубин залегания уровня грунтовых вод после подсыпки территории необходимо разработать дренажную систему. Определение участков, где необходимо строительство дренажа, производится с помощью прогнозирования изменения уровня грунтовых вод на территории после подсыпки.

Для понижения уровня грунтовых вод на территориях, защищаемых от подтопления, в зависимости от геологических условий и характера движения подземных вод со стороны

водораздела и водоема применяются следующие основные схемы защитных дренажей: однолинейная, двухлинейная, многолинейная, кольцевая и комбинированная. Тип дренажа зависит в основном от его заглубления относительно поверхности земли, фильтрационных параметров территории.

В нашем случае целесообразно использовать схему однолинейного дренажа.

Однолинейная схема дренажа выполняется в виде одиночной дрены, устраиваемой вдоль берега. В зависимости от места расположения этой дрены по отношению к защищаемой территории и роли, которую она выполняет, ее называют либо береговой, либо головной дренажем.

Первая из них располагается вблизи водоема, у нижней границы защищаемой территории, и предназначена для захвата как грунтовых вод, поступающих со стороны водораздела, так и вод, фильтрующихся из водоема в сторону этой территории. Схема расположения однолинейной береговой дрены показана на рисунке -5.1.

Вторая из этих дренажей располагается у верхней границы защищаемой территории и имеет своей основной задачей полный или частичный перехват грунтовых вод, поступающих со стороны водораздела. Схема расположения однолинейной головной дрены показана на рисунке - 5.2.

Однолинейные системы в виде отсечного головного дренажа используют при источнике питания «сбоку», когда явно выражен грунтовый поток, поступающий с вышележащей территории. Дренаж закладывают по верхней границе защищаемой территории со стороны притока грунтового потока.

Эти системы дренажа относят к общим, так как они обеспечивают общее понижение уровня подземных вод на территории застройки. Такие дренажи чаще проектируют в рамках инженерной подготовки для освоения новых территорий, сочетая их при необходимости с местными.

Защита территории от подтопления подземными водами состоит из двух линий — придамбовой и головной, представляющих собой систему линейного вертикального дренажа, состоящего из ряда самоизливающихся скважин, соединенных с горизонтальным коллектором, отводящим дренажные воды к насосным станциям.

При большой длине горизонтального дренажа смотровые колодцы устанавливаются с шагом 50 м.

Местные дренажи решают локальные задачи, поэтому их располагают по контуру защищаемых объектов. В зависимости от конкретных условий проектируют кольцевой, прифундаментный (пристенный) и пластовый дренаж.

Одним из эффективных мероприятий, по ликвидации причин возможного подтопления и затопления территории, является создание в речном бассейне условий, благоприятствующих выравниванию процессов стекания воды по поверхности водосбора и притокам в главную реку. таккак изменение одного компонента природной системы приводит к изменению других, это требует комплексного научного подхода. Поэтому при проведении данных мероприятий следует учитывать, как положительные, так и негативные последствия, и принимать меры по их устранению. В то же время возрастающая степень освоения пойменных территории, является с одной стороны и угроза, создаваемая наводнениями с другой, вызывает необходимость разработки мероприятий по борьбе с наводнениями, предотвратить которые пока невозможно. К числу данных мероприятий можно отнести следующее: изменение русла; сооружение защитных дамб; создание противопаводковых запруд.

Дамбы - это один из распространенные и довольно дешевые гидротехнические сооружения для защиты от наводнений и подтоплений. Они располагаются на склонах долины, которые не затопляются при самом высоком уровне половодья. В наиболее опасных местах воздействия потока они должны быть укреплены основательнее. Территория обваловывания должна дренироваться. Расстояние между дамбами должно быть рассчитано в соответствии с количественными характеристиками наводнения и структурой потока.

Для защиты территории от затопления применяются два типа дамб обвалования: незатопляемые и затопляемые.

Незатопляемые дамбы следует применять для постоянной защиты от затопления городских и промышленных территорий, прилегающих к водохранилищам, рекам и другим водным объектам. СНиП 2.06.15-8517.

Незатопляемые дамбы следует применять для постоянной защиты от затопления городских и промышленных территорий, прилегающих к водохранилищам, рекам и другим водным объектам. СНиП 2.06.15-8517.

Затопляемые дамбы допускается применять для временной защиты от затопления:

- для формирования и стабилизации русел и берегов рек;
- регулирования и перераспределения водных потоков и поверхностного стока.

Согласно СНиП 2.06.05-84 расположение дамбы по отношению к берегу определяется устойчивостью русла, условиями подмыва и размыва береговых склонов и уклоном территории. При положительных значениях перечисленных факторов дамбы обвалования могут располагаться относительно близко к берегу. Обычно дамбы имеют

форму трапеции. Ее ширина поверху зависит от использования, однако она должна быть не менее 4,5 м, для обеспечения проезда обслуживающего транспорта при ремонте и в аварийных случаях. Дамба может использоваться для движения транспорта, входя в общую транспортно-планировочную структуру города, в частности, как скоростная дорога или общегородская магистраль. Нередко хорошо озелененная дамба служит местом отдыха городского населения. В этом случае ширина дамбы поверху устанавливается соответствующими расчетами.

Уклоны откосов со стороны воды (верховой откос) в зависимости от типа крепления, как правило, принимаются 1:2 - 1:4, со стороны берега (низовой откос) 1:1,5 - 1:2, но могут применяться и пологие откосы крутизной 1:20—1:50. На откосах возможно устройство берм шириной 1,5 - 2 м при высоте дамбы более 10 м. Основой определения размеров поперечного сечения дамбы являются условия устойчивости гребня, откосов и дамбы в целом при переработке берегов водоема, воздействии течения воды, волн и льда, а также условия ограничения фильтрации воды через тело дамбы.

Так как верховой откос подвержен отрицательным факторам воздействия воды и льда и должен быть защищен от них посредством соответствующего укрепления. Низовой откос не подвергается таким воздействиям, поэтому может иметь укрепление простейшего типа, например, одерновку поверхности откоса. Типы крепления откосов дамб обвалования такие же, как и при сплошной подсыпке; одерновка, облицовка бетонными плитами, мощение камнем и др. В период подъема уровня воды в теле дамбы создается фильтрационный поток. В связи с этим для уменьшения фильтрации в дамбе предусматриваются водонепроницаемые ядра: экраны и диафрагмы. Со стороны берега вдоль дамбы прокладывается горизонтальный дренаж(Приложение К).

При выборе типа ограждающих дамб следует предусматривать использование местных строительных материалов и грунтов из полезных выемок и отходов производства, если они пригодны для этих целей. Проектирование дамб обвалования следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.06.05-84.

К отрицательным факторам при строительстве дамб относят изменения на нижележащих участках, например, размыв берегов и углубление русла.

На меандрирующих реках в качестве средств инженерной защиты территории от затопления следует предусматривать руслорегулирующие сооружения: продольные дамбы, располагаемые по течению или под углом к нему и ограничивающие ширину водного потока реки; струенаправляющие дамбы - продольные, прямолинейные или криволинейные, обеспечивающие плавный подход потока к отверстиям моста, плотины, водоприемника и другим гидротехническим сооружениям; затопляемые запруды,

перекрывающие русло от берега до берега, предназначенные для полного или частичного преграждения течения воды по рукавам и протокам; полузапруды - поперечные выправительные сооружения русла, обеспечивающие выправление течения.

Регулирование стока реки является мощным оружием в борьбе с наводнениями и может обеспечить снижение частоты, продолжительности и мощности наводнений 1% и 25% обеспеченности. Проектируемый водный режим должен включать оптимальные варианты как по созданию регулирующей противопаводковой емкости, так и по максимальной срезке уровней в периоды наводнений.

Создаваемые для борьбы с наводнениями специальные запруды образуются при помощи плотин различной высоты и протяженности. Для их устройства также могут использоваться естественные котловины и другие понижения местности, находящиеся на некотором удалении от реки. Между рекой и котловиной сооружается канал, по которому воды реки в половодье направляются в водохранилище, а в межень - обратно. На канале должны быть сооружения регулирующие его пропускной способности. На реках с широкими затопляемыми долинами создаются противопаводочные водохранилища - речного или озерно-речного типа, или ряд запруд - на главной реке и ее притоках. При их проектировании обязательна разработка различных вариантов их расположения, отметок горизонтов воды режимов эксплуатации для определения наиболее оптимального варианта, при котором достигается эффект уменьшения наводнений. А отрицательные последствия создания водохранилищ - наименьшие.

При всей эффективности запруд они могут стать причиной новых негативных процессов - карстовых, гидрохимических, эрозионных, гидробиологических, изменяющих естественно развивающуюся природную систему. Поэтому в этом случае необходима тщательная проработка полного комплекса вопросов формирования и развития природного комплекса всего бассейна.

Основными целями регулирования водоемов и водотоков, исходя из мелиоративных требований, являются понижение уровней воды в них и увеличение водопроемной способности в расчетные (критические) периоды работы осушительной системы. Эти цели могут быть достигнуты двумя путями: регулированием русла водопроемника и разгрузкой водопроемника от излишней воды.

Мероприятия по регулированию русла водопроемника:

- увеличение поперечного сечения русла углублением и уширением;
- увеличение уклона и скоростей движения воды путем спрямления реки;
- увеличение пропускной способности реки с помощью очистки русла от растительности и мусора;

- придание речному потоку равномерного движения с помощью выправительных работ;
- устранение местных подпоров на реке ликвидацией мелких плотин и заколов или переводом режима работы водо-хранилищ на благоприятный для мелиорации график;
- снижение уровня воды в озере за счет частичного спуска;
- ограждение водоприемника от нагонных течений моря дамбами со шлюзами, оборудованными автоматическими водовыпусками.

Наиболее распространенные способы регулирования являются: углубление, расширение, спрямление, выправление и очистка русла.

Очистка русла водоприемника — наиболее простая операция. Каждый закол или яз, выполненный в виде плетня в русле реки, вызывает подъем уровня воды по крайней мере на 10...20 см. При массовом их сооружении уровень воды в реке может подтопить каналы и прилегающие пойменные земли. Заращение русла кустарниково-древесной растительностью, засорение древесиной (особенно на лесосплавных реках), хворостом и корягами не только уменьшает поперечное сечение русла, но и во много раз увеличивает его коэффициент шероховатости. В результате уровень воды в реке повышается.

Для очистки водоприемников от растительности применяют смонтированные на моторных лодках и понтонах косилки, а для удаления хлама используют экскаваторы со специальными ковшами, крупные камни дробят взрывами. Иногда одной очистки русла, включая устранение подпоров, достаточно для регулирования реки. При недостатке проводят углубление и расширение русла, а также его спрямление.

Углубление и расширение русла проводят на реках со слабо выраженной извилистостью, когда необходимо не-большое понижение уровней воды.

Углубление предпочтительнее уширения русла, так как оно приближает его к гидравлически выгоднейшему сечению. Однако это не всегда удается, так как углубление лимитируется положением местного базиса эрозии: нельзя заглублять реку ниже дна реки, в которую она впадает.

При углублении и расширении русла исходят из существующего поперечного сечения с максимальным сохранением устойчивых задернованных откосов. Если русло распластанное и есть возможность углубить его, то обязательно сохраняют устойчивые откосы. Если такой возможности нет, русло уширяют с двух сторон или с одного берега. Наиболее распространен способ регулирования, основанный на одновременном углублении и уширении русла.

В зависимости от размеров реки и объемов работы выполняют сухопутными плавучими экскаваторами или с помощью средств гидромеханизации (землесосные установки, землечерпалки).

Спрявление русла проводят на извилистых участках реки с недостаточными уклонами и скоростями движения воды. Все реки, особенно протекающие на равнинах, имеют сильно извилистое русло. Коэффициент их извилистости (под ним понимают отношение длины реки к расстоянию между началом и концом участка реки по прямой) нередко достигает 3-5. Если бы реку удалось полностью спрямить, то значительно (в данном случае в 3-5 раз) увеличился бы ее уклон.

Существуют разные способы спрявления реки, которые применяют в зависимости от извилистости и размеров естественного и проектного русла, характера его слагающих грунтов.

Если русло образует много мелких излучин и размеры его небольшие, то новое русло проектируют по возможности прямолинейным с минимальным числом поворотов, не считаясь с положением существующего.

Если русло сильно извилистое и отдельные участки его имеют значительные размеры, спрямляют наиболее крупные излучины, устраивая короткие прокопы. В этом случае уменьшается объем земляных работ по регулированию. Однако это не всегда дает ожидаемый эффект, так как уклоны увеличиваются только на отдельных участках, а ниже их происходит заиление русла. Более эффективны решительные спрямления. В этом случае сразу удастся исключить из реки крупные излучины.

Спрямления сопрягают с участками старого русла одной плавно изогнутой кривой с радиусом не менее  $(3-5)B$ , где  $B$  — средняя ширина русла поверху.

Спрямления проводят только в устойчивых грунтах, при этом по возможности не пересекают прирусловые валы, сложенные песками. Спрямления не должны выходить за пределы притеррасной поймы, сложенной малоустойчивыми грунтами (сильно разложившийся торф, сапропель) и тем более за пределы поймы. Трассы спрямлений рек не должны пересекать озер. Если невозможно провести спрямление в обход озера, то в целях защиты примыкающих к озеру участков реки от заиления и образования баров предусматривают специальные мероприятия.

При спрямлении рек участки старого русла, исключенные из реки, засыпают, если они не нужны для хозяйственных целей. При недостатке местного грунта засыпку проводят на 0,3-0,5 м выше бытового уровня, а с верховой стороны старого русла устраивают перемычку. С низовой стороны перемычку не делают, в результате исключенное русло превращается в своеобразный отстойник и постепенно оно заилится.

Спрявление рек проводят экскаваторами, скреперами и землесосными установками. Вынимаемый грунт используют для отсыпки насыпей дорог, защитных дамб, перемычек и засыпки староречий.

Наиболее оптимальным методом защиты территории Усть-Тегусского месторождения от затопления малой обеспеченности, является выборочная подсыпка территории до незатопляемых отметок. Она характеризуется значительными объемами земляными работами, но с учетом планировочных требований является более целесообразной, чем устройство дамб обвалования, поскольку обеспечивает свободный доступ к водной поверхности и возможность разработки других перспективных участков месторождения. Целесообразно использовать гидромеханизацию, то есть намыв грунта из реки, что снижает стоимость земляных работ, а также способствует дноуглублению, что, в свою очередь, приводит к регулированию русла реки.

В данном случае отсыпанная часть будет служить дамбой от подтопления паводковыми водами прилегающих территорий. Отметка бровки подсыпанной территории принята на 0,5м и выше расчетного горизонта высоких вод с учетом высоты волны при ветровом нагоне СНиП2.07.01-89\* П.8.6

За расчетный горизонт высоких вод принята отметка наивысшего уровня воды повторяемостью один раз в 100 лет - для территории Усть-Тегусского месторождения (левый берег реки Демьянка).

Вывод к главе 5

На основании полученных результатов исследования были предложены мероприятия рекомендательного характера по предупреждению и снижению негативного воздействия вод на территорию исследования

Главными методами борьбы с паводковой ситуацией являются, своевременное оповещение о возможности и масштабах наводнения и реализация комплекса мер по предотвращению или снижению последствий наводнений (создание дамб, строительство гидротехнических сооружений и т.д.).

Для реализации мероприятий по предупреждению развития негативных событий и устранения последствий от наводнений, необходимо привлечение больших объемов данных из различных источников (гидрологическая, картографическая, аэрокосмическая и другая информация), оперативная обработка и анализ данной информации, и представление ее в виде, обеспечивающем принятие решений в ограниченном временном интервале.

В качестве рекомендательных мер были выделены действия органов местного самоуправления и управлений по делам ГО и ЧС при угрозе затопления, а также мероприятия противопаводковых комиссий.

Также были предложены и подробно описаны мероприятия по предупреждению и снижению негативного воздействия вод на территорию исследования. Инженерно-технические мероприятия включают в себя строительные и эксплуатационные мероприятия.

Противопаводковые мероприятия в бассейнах малых рек разрабатываются на основе прогнозирования площадей затопления и подтопления земель общего, сельскохозяйственного назначения и определения ущерба, наносимого вредным воздействием вод.

Наиболее оптимальными методами защиты территории Усть-Тегусского месторождения от подтопления и затопления земель являются выборочная подсыпка территории до незатопляемых отметок, устройство прируслового дренажа и рекультивация самого русла реки, повышающая его пропускную и дренирующую способность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор и анализ существующих отечественных методик оценки ущербов от наводнений показал, что в настоящее время необходимо использовать различные методы, в зависимости от наличия исходной информации, с учетом географических особенностей территории. Наиболее подходящим является метод определения зон возможного затопления и подтопления при прохождении паводков разной обеспеченности на основе цифровой модели рельефа.

Геоинформационные технологии считаются основным инструментом при автоматизации процессов, которые связаны с определением характеристик подтопления, по причине близкого пространственного расположения объектов речной сети и промышленности.

Был проведен анализ программных продуктов для моделирования возможной зоны подтопления и затопления территории месторождения. Изучив достоинства и недостатки каждой среды моделирования, был сделан вывод, что в качестве средства моделирования для анализа и прогноза возможной зоны подтопления исследуемой территории территорий логичнее всего выбрать ArcGIS, поскольку она отвечает всем предъявляемым требованиям к форматам исходных и результативных данных, интерфейсу и легко взаимодействует с любой современной ГИС.

Реки обладают небольшими уклонами, типичными для равнинных водотоков. По характеру водного режима реки относятся к рекам с весенне-летним половодьем, паводками в теплое время года и летне-осенней меженью.

Основные особенности формирования поверхностного стока и режима рек исследуемой территории определяются климатическими условиями, в частности, соотношением тепла и влаги. Значительное влияние на формирование водного режима оказывают особенности подстилающей поверхности. Плоский рельеф, небольшой эрозионный врез обуславливают значительное замедление как поверхностного, так и подземного стока.

Использование информации по рельефу поймы позволяет провести оценку зон подтопления и затопления в ГИС при наличии данных о расчетных уровнях водной поверхности. Применение такого подхода позволяет полностью автоматизировать расчеты данных зон с использованием функций ArcGIS, не снижая при этом точность расчета.

Построенная карта с тематическими слоями зон подтопления и затопления при уровнях воды разной обеспеченности имеет практическое значение и позволяет произвести оценку возможных негативных ситуаций.

В результате исследования было выявлено, что при уровнях воды в реке при 95% и 99% обеспеченности происходит подтопление территории месторождения, так как в среднем глубина русла составляет 3-6 м и при подъеме уровня воды она практически не выходит за пределы русла, но в связи с этим образуется подпор грунтовых вод и происходит подтопление территорий. При уровне воды реки 50%, 25% и 1% происходит в совокупности с разливом поверхностных вод и подъемом уровня грунтовых вод, вызванный повышением горизонта вод в реках.

Проведенное исследование доказывает целесообразность использования геоинформационной системы анализа и прогноза возможного подтопления территорий Усть-Тегусского месторождения в системе гидрогеологического мониторинга региона.

Противопаводковые мероприятия в бассейнах малых рек разрабатываются на основе прогнозирования площадей затопления и подтопления земель общего и промышленного назначения и определения ущерба, наносимого вредным воздействием вод.

Наиболее оптимальными методами защиты территории Усть-Тегусского месторождения от подтопления и затопления земель являются выборочная подсыпка территории до незатопляемых отметок, устройство прируслового дренажа и рекультивация самого русла реки, повышающая его пропускную и дренирующую способность.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агроклиматический справочник Тюменской области (Южная часть) - Л: Гидрометеорологическое изд-во. 1960, 163 с.;
2. Арефьев С.П. Биологическое разнообразие и географическое распространение позвоночных животных Тюменской области. В кн. Западная Сибирь - проблемы развития. – Тюмень, 1994;
3. Arctur D., Zeiler M. Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling. ESRI, Inc., 2004;
4. Атлас Тюменской области. М. - Тюмень, ГУГК, Ч.1, 1971;
5. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области: Учеб. пособие. - Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд., 1996. - 240 с.;
6. Беляков А.А. О принципах борьбы с наводнениями // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Вып. 9. Проблемы русловедения. М. 2003. С. 23-30;
7. Берлянт А.М. Виртуальные геоизображения. М.: Научный мир, 2001. - 56с.;
8. Гашев С.Н., Сорокина Н.В., Хританько О.А. Динамические процессы в фауне позвоночных западной Сибири и их причины Вестник Тюменского государственного университета, № 3, 2010 г.;
9. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под. ред. А.М. Берляпта и А.В. Кошкарева. М.: ГИС-Ассоциация, 1999;
10. ГОСТ Р 51608-2000, Карты цифровые топографические. Требования к качеству;
11. ГОСТ 17.5.3.04-83 Земли. Общие требования к рекультивации земель;
12. Гречищев А.В., Кузнецов О.В. Применение российских космических снимков высокого разрешения для изучения Земли и в геоинформатике //Геодезия и картография №4 2002, с.23-29;
13. Гынгазов А.М., Миловидов С.П. Орнитофауна Западно-Сибирской равнины. Томск, 1977 г.;
14. Даниленко А.Б. Применение на предприятиях нефтегазовой отрасли геоинформационных систем с использованием данных ДЗЗ и технологии GPS. Ж. «Технологии ТЭК» №2,2003, с.78-83.
15. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв: Учебник. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во «Колос», 2004. – 460 с.;

16. Jackson M.J., James W.J., Stevens A. The design of environmental geographic information systems. "Phil. Trans Roy Society". London, 1980, A324, №1579;
17. Зверев А.Т. Тематическое дешифрирование космических изображений // Геодезия и картография №4 2004, с.27-30;
18. Ильина И.С., Махно В.Д. Геоботаническое районирование. Врезка на карте «Растительность Западно-Сибирской равнины». М.: ГУГК, 1976.;
19. Калинин В.Г., Пьянков С.В., Некоторые аспекты применения геоинформационных технологий в гидрологии // Метеорология и гидрология №2, 2000;
20. Калинин Г.П., Курилова Ю.В. Космические методы в гидрологии. - JL, 1977.- 183с.;
21. Красная книга Тюменской области. Издательство Уральского университета, 2004 г.;
22. Классификация и диагностика почв СССР. М., «Колос», 1977. – 221 с.;
23. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М., Изд-во Моск. ун-та, 1991. - 206 с.;
24. Кошкарев А.В. Картография и геоинформатика: пути взаимодействия. Изв. АН СССР, сер. геогр., 1990, N 1, с. 32;
25. Crosier S. Getting Started With Arcgis: ArcGIS 9. ESRI, 2004. 265с.;
26. Павлов С.В., Плеханов С.В., Бахтизин Р. Н. Интеграция геоинформационных систем с информационными системами трубопроводного предприятия на основе многомерных моделей данных. // Вестник УГАТУ, Том 8, № 1 (17), 2006. - С.39-42.;
27. Павлов С.В., Багмапов В.Х., Васильев А.Н., Гвоздев В.Е., Хамитов Р.З, Ямалов И.У. Геоинформационная система оценки, моделирования и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в Республике Башкортостан // ArcReview № 4(15) М.: Дата+, 2000;
28. Растительный покров Западно-Сибирской равнины /Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др/. – Новосибирск: Наука, 1985;
29. Ресурсы поверхностных вод рек СССР. Алтай и Западная Сибирь. Том 15. Выпуск 3. Под ред. к.т.н. В.Е. Водогрецкого. Гидрометеиздат. Ленинград, 1973 г.;
30. СП-33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик, 2003,95 с.;
31. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах;

32. Справочник климата СССР. Выпуск 17. Ветер. Часть III. Гидрометиздат. Л., 1957 г.;
33. Стариков В.П. Млекопитающие Ханты-Мансийского автономного округа (распространение, экология, практическое значение). Учеб. пос. Сургут: ГУП ХМАО «Сургутская типография», 2003. – 127 с.;
34. Трутнев Ю.П. Доклад на заседании правительства РФ 12 октября 2006г. [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://www.abnews.ru/index.php?newsid=41769&rub=40&page=1> (дата обращения 19.11.2015);
35. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Д., Гидрометеиздат, 1970, 306 с.;
36. Шихов А. Н. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, А. И. Пономарчук; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 91 с
37. Яковченко С.Г., Постнова И.С., Жоров В.А., "Технология создания гидрологически корректных моделей рельефа"// Материалы Международной конференции "ГИС для устойчивого развития территорий", 28 мая -1 июня 2002 г., Санкт-Петербург, С.137-142;
38. Яковченко С.Г., Постнова И.С., Жоров В.А., Ловцкая О.В., Опыт использования ГИС для оценки зон затопления, ГИС для устойчивого развития территорий: Матер. Междунар. конф. Владивосток-Чанчунь, 2004. - С. 574-577;
39. Яковченко С.Г., Жоров В. А., Постнова И. С., Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях, Кемерово: Изд-во ИУУ СО РАН, 2004. 92 с.