

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки Природообустройство и водопользование

Кафедра Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии (ГИГЭ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

**Исследование деформации речных русел как фактора аварийности на
нефтегазотранспортных системах в юго-восточной части Западной Сибири**

УДК [622.276+622.692.4]:504.06 (571.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Иванова Е. В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГИГЭ	Савичев О. Г.	д. г. н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Асс. каф. ЭБЖ	Немцова О.А.			

По иностранному языку

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвеев И.А.	д.ф.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ГИГЭ	Гусева Н. В.	к. г-м н.		

Томск – 2016 г.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1) Постановка проблемы исследования; 2) Анализ изученности проблемы; 3) Анализ состояния природно-техногенного комплекса исследуемой территории; 4) Анализ природных условий возникновения отказов технических систем; 5) Оценка русловых деформаций рек юго-восточной части Западной Сибири; 6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7) Социальная ответственность.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1) схема размещения объектов исследования; 2) методика исследования, часть 1; 3) методика исследования, часть 2; 4) результаты оценки рисков возникновения отказов технических систем объектов нефтегазового комплекса; 5) результаты оценки русловых деформаций рек; 6) районирование исследуемой территории по величине русловой деформации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф И.В., доцент каф. ЭПР
Социальная ответственность	Немцова О.А., асс. каф. ЭБЖ
Английский язык	Матвеев И.А., доцент каф. ИЯПР
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Оценка русловых деформаций равнинных рек при отсутствии данных наблюдений/ Evaluation of plain river channel deformation in the absence of observation data	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику			18.03.2015	
Задание выдал руководитель:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев О. Г.	д. г. н., профессор		
Задание принял к исполнению студент:				
Группа	ФИО		Подпись	Дата
2ВМ41	Иванова Е. В.			

Выпускник по направлению подготовки 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» со степенью «магистр» должен демонстрировать в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и запросами работодателей следующие основные результаты обучения, представленные в таблице.

Таблица - Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Использовать фундаментальные математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания в области специализации при осуществлении изысканий и инновационных проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-1, ПК-2) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и инновационные задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования в условиях неопределенности с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-3, ПК-4, ПК-5) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Выполнять инновационные проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением фундаментальных знаний и оригинальных методов для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества в условиях жестких экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ПК-6, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Разрабатывать на основе глубоких и принципиальных знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования критериев заинтересованных сторон
	последствий антропогенной деятельности в условиях жестких экономических, экологических, социальных и других ограничений	международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Планировать, организовывать и выполнять исследования антропогенного воздействия на компоненты природной среды, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с помощью глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ПК-9, ПК-10) Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Профессионально выбирать и использовать инновационные методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-11, ПК-12, ПК-13) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды	Требования ФГОС ВПО (ОК-6, ОК-7, ПК-1, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.2.1, 2.4) согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-3, ОК-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве руководителя группы, в том числе и международной, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за работу коллектива, готовность следовать профессиональной этике и нормам, корпоративной культуре организации	Требования ФГОС ВПО (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-1) Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международными стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ПК-12). Критерий 5 АИОР (пп. 2.5), согласованный с требованиями международными стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международными стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки Природообустройство и водопользование
Уровень образования высшее профессиональное образование
Кафедра Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии (ГИГЭ)
Период выполнения 2015/2016 учебный год

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.10.2015	<i>Изученность исследуемой темы</i>	
15.11.2015	<i>Сбор и обобщение данных гидрометрических наблюдений</i>	
30.12.2015	<i>Характеристика природно-техногенного комплекса</i>	
10.01.2016	<i>Основные нормативные требования к проектированию нефтепроводов через водные объекты</i>	
20.01.2016	<i>Методика исследования (включая главу на иностранном языке)</i>	
15.02.2016	<i>Анализ природных условий возникновения отказов технических систем</i>	
28.02.2016	<i>Оценка русловых деформаций равнинных рек</i>	
30.04.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
10.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев О.Г.	д. г. н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ГИГЭ	Гусева Н.В.	к. г.-м н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 97 страниц, 10 рисунков, 18 таблиц, 117 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: русловые деформации, руслоформирующий расход, инженерные изыскания, аварийность на нефтегазотранспортных системах.

Объект исследования – участки равнинных рек в местах переходов магистрального трубопровода «Александровское – Анжеро-Судженск» в юго-восточной части Западной Сибири. Целью работы является оценка деформаций речных русел и выявление их роли в аварийности на нефтегазотранспортных системах.

Проводилось изучение природных условий возникновения отказов технических систем в левобережной части бассейна Средней Оби, количественная оценка русловых деформаций малых и средних рек в юго-восточной части Западной Сибири. Работа включает характеристику природно-техногенного комплекса исследуемой территории, описание методики исследования и расчеты деформаций речных русел.

В результате установлена причастность природных условий территории к возникновению отказов на технических системах. Проведена оценка русловых деформаций, в ходе чего установлена взаимосвязь между физико-географическим положением и фазой водного режима рек, при которых наблюдается максимальный размыв русла.

Основные технико-эксплуатационные характеристики: методика исследования представляет собой часть методологии обоснования выбора мест проектирования объектов нефтегазотранспортного комплекса.

Обозначения, сокращения

ГОСТ – государственный стандарт;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СНиП – строительные нормы и правила;

РД – руководящий документ;

ОС – окружающая среда;

УВ – углеводороды;

ПТК – природно-техногенный комплекс;

НГК – нефтегазоносный комплекс;

НГО – нефтегазоносная область;

НГГЗК - нефтегазоносный горизонт зоны контакта;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

СБЦ – справочник базовых цен;

ПК – персональный компьютер;

ПЛА – план ликвидации аварий;

РДЦ – районный диспетчерский пункт;

ЛПДС – линейно-производственная диспетчерская станция.

Оглавление

Введение.....	12
1 Изученность исследуемой темы	15
1.1 Проблема отказов в нефтегазовом комплексе	15
1.2 Проблема оценки русловых деформаций.....	16
2 Характеристика природно-техногенного комплекса исследуемой территории	18
2.1 Административно-территориальное положение	18
2.2 Природная составляющая природно-техногенного комплекса	19
2.2.1 Рельеф и геологические условия.....	19
2.2.2 Климатические условия	21
2.2.3 Почвенный покров и растительность	27
2.2.4 Ландшафтная характеристика	31
2.2.5 Гидрологические и гидрогеологические условия	35
2.2.6 Заболоченность территории	38
2.3 Техногенная составляющая природно-техногенного комплекса	39
3 Основные нормативные требования к проектированию нефтепроводов через водные объекты	44
4 Методика исследования.....	50
4.1 Алгоритм анализа природных факторов возникновения отказов технических систем.....	50
4.2 Оценка русловой деформации рек	51
5 Анализ природных условий возникновения отказов в левобережной части бассейна Средней Оби в Томской области.....	54
6 Оценка русловых деформаций равнинных рек.....	61
7 Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность.....	68
8 Социальная ответственность	81
Заключение	93
Список публикаций автора.....	95

Список используемых источников	97
Приложение А	109
Приложение Б	123

Графические приложения:

Лист 1 Схема размещения объектов исследования;

Лист 2 Методика исследования, часть 1;

Лист 3 Методика исследования, часть 2;

Лист 4 Результаты оценки рисков возникновения отказов технических систем объектов нефтегазового комплекса;

Лист 5 Результаты оценки русловых деформаций рек;

Лист 6 Районирование исследуемой территории по величине русловой деформации.

Ведение

Магистральный трубопровод «Александровское – Анжеро-Судженск» является одним из основных нефтепроводов, транспортирующих углеводороды в западно-сибирские регионы России. В современных условиях на эффективность работы нефтегазовой промышленности оказывают влияние многочисленные факторы. Транспорт УВ сырья на территории Томской и Кемеровской областей осуществляется в сложных природных условиях, таких, как густая гидрографическая сеть, развитие болотных и русловых процессов. Актуальностью темы исследования является обеспечение безаварийной работы нефтегазотранспортных систем в юго-восточной части Западной Сибири.

В настоящее время много работ посвящено оценке экологического состояния территории. Большое внимание уделяется качеству воды, а также ее негативному воздействию на металлические конструкции. Для обеспечения максимальной надежности переходов трубопроводов через водные объекты изучения влияния водных сред на аварийность недостаточно. Воздействия русловых процессов также оказывают негативное влияние на нефтегазопроводы.

Анализ природных условий на территории Томской области позволил выявить прямую связь между количеством отказов технических систем на месторождениях с общей площадью и периметром месторождений, протяжённостью водотоков и распространением низинных болот. Связь с размерами месторождения объясняется общим увеличением сложности природно-техногенного комплекса, в то время как значимая корреляция с другими показателями указывает на наличие методологических проблем в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов обустройства нефтяных месторождений. Для уменьшения количества аварийных ситуаций в регионе целесообразно стремиться к уменьшению числа переходов через водные объекты, активизировать исследования с целью разработки новых методов оценки деформаций русел и берегов болотных рек и

озёр, а также разработать новые способы укрепления дна и берегов болотных рек и озёр и мелиорации болотных систем.

С учетом этого, в данной работе рассмотрен один из перечисленных выше вопросов – оценка русловых деформаций как фактора геоэкологического состояния водных объектов в юго-восточной части Западной Сибири и выявление их роли в аварийности на нефтегазотранспортных системах.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) выявление связей между количеством отказов технических систем и природными условиями;
- 2) количественная оценка вертикальных и плановых русловых деформаций малых и средних рек в таежной и лесостепной зонах Западной Сибири;
- 3) районирование территории исследования по величине вертикальных и горизонтальных русловых деформаций.

Объектом исследования являются участки равнинных рек в местах переходов магистрального трубопровода «Александровское – Анжеро-Судженск» в юго-восточной части Западной Сибири (рис. 1). Большая часть изучаемых рек расположена в пределах.



Рисунок 1 – Карта-схема объектов исследования
▲ – река, пересекаемая трубопроводом, △ – река-аналог

Методика исследования базировалась на сборе гидрологических данных по малым и средним рекам, на анализе природных факторов возникновения отказов на трубопроводах, а также оценке русловых деформаций равнинных рек в юго-восточной части Западной Сибири при отсутствии данных наблюдений.

Личный вклад автора состоял в сборе и обобщении данных, проведении общего анализа природных факторов возникновения аварийных ситуаций, оценки деформации русел рек на исследуемом участке.

Основные положения научного исследования обсуждались на международных и всероссийских конференциях и семинарах, среди которых: VII Всероссийская научная студенческая конференция с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в успешное будущее» (Томск, 2014 г.), IX Международный научный симпозиум имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2015 г.), VII научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов ООО «Газпром трансгаз Томск» (Томск, 2015 г.), Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» (Томск, 2015 г.), XX Международный симпозиум им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2016 г.). Также опубликована статья в журнале «Нефтегазовое дело» (Уфа, 2014 г.), 2 статьи на английском языке (IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2015 г.).

1 Изученность исследуемой темы

1.1 Проблема отказов в нефтегазовом комплексе

При написании данной работы использовались научная, учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях российских и зарубежных журналов.

В последние годы значительно возрос интерес к проблемам аварийности на нефтепроводах. Особенно это касается объектов нефтегазового комплекса, функционирующих в сложных природных условиях, таких, как Западная Сибирь. В настоящее время опубликовано значительное количество работ, посвящённых этой проблеме.

Согласно [1], под отказами в данном случае понимается событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

В настоящее время опубликовано значительное количество работ, посвящённых обеспечению безаварийной работы нефтегазодобывающих предприятий, причём обычно основное внимание при определении основных факторов аварийности акцентируется на отказах в энергоснабжении, механических повреждениях, сбоях в работе электрооборудования [2].

Большинство иностранных работ посвящены коррозии подводных нефтепроводов. Проблемам водной коррозии посвящены такие статьи, как «Исследование характеристик прогрессирующей коррозии оффшорных труб подводных нефтяных скважин» [3], «Анализ внутренней коррозии в придонных нефтепроводах» [4]. Помимо статей, данная проблема отражена и в книге «Наука и техника разливов нефти», автор Мервин Фингес [5].

Среди отечественных работ при рассмотрении данной проблемы упор делается на техногенный фактор [6, 7]. Среди основных проблем возникновения отказов объектов нефтегазового комплекса рассматривается несоответствие проведения строительных и ремонтных работ нормативным документам.

Природный фактор аварийности рассмотрен в таких работах, как «Контроль коррозионного состояния магистральных нефтепроводов на основе

внутритрубной диагностики», «Влияние глобальных изменений климата на функционирование экономики и здоровье населения России [8, 9].

Следует отметить, что данных исследований недостаточно для изучения в полной мере влияния природных факторов на возникновение отказов на нефтегазовых комплексах. До сих пор нет количественной оценки данного воздействия на технические системы. Это и определило актуальность исследований русловых деформаций малых и средних рек таежной зоны Западной Сибири с целью выявления степени влияния русловой эрозии на аварийность в нефтегазотранспортном комплексе.

1.2 Проблема оценки русловых деформаций

Основной причиной просадки трубопровода, а впоследствии и его разгерметизации, является русловая деформация рек. В настоящее время опубликовано значительное количество работ, посвящённых изучению русловых процессов и деформации.

Развитие русловых процессов начали изучать еще с конца XIX века. Во-первых, информация накапливалась по мере освоения рек как путей сообщения, во-вторых, использовалась для решения практических задач, выявляя законы взаимодействия потока и русла реки. М. А. Великанов уже к концу первой половины XX века говорил о возникновении учения о русловых процессах.

Большой вклад в изучение данной проблемы внесли такие ученые как Н. И. Маккавеев [10, 11], И. В. Попов [12], а также, из более современных исследователей, – Н. И. Алексеевский, К. М. Беркович, Р. С. Чалов и другие.

Русловой процесс представляет собой постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текущей воды [13]. Под русловыми деформациями понимается изменение размеров и положения в пространстве речного русла и отдельных русловых образований, связанное с переотложением наносов [13].

Согласно [14], действующей силой в русловых процессах являются сами потоки воды с их кинематикой, структурой, гидравлическими

характеристиками, которые взаимодействуют с ложем рек. Автор рассматривает формы проявления русловых процессов, условия и механизмы их формирования, специфику процессов при слиянии рек и многое другое.

Влияние русловых процессов на окружающую среду раскрывают в своих трудах Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. [15]. Авторы рассматривают такие вопросы, как природные и антропогенные факторы, связанные с русловыми процессами, а также проблемы малых рек в связи с развитием эрозии почв на водосборах и антропогенным воздействием. Согласно [15], русловые процессы могут служить как основной причиной изменений состояния экосистемы, так и дополнительным фактором изменения в совокупности с прямым воздействием на экосистему. Из чего можно сделать выводы, что проектирование трассы нефте- и газопроводов через водные объекты пагубно влияет на величину русловой деформации рек.

Р. С. Чалов рассматривает русловую деформацию рек в своих статьях «Показатели устойчивости русла. Их использование для оценки интенсивности русловых деформаций и пути совершенствования» [16], «Выработанный продольный профиль и направленные вертикальные деформации речных русел» [17], «Почему размываются берега рек» [18]. По его словам, в Западной Сибири деформация возрастает с юга на север. При выходе рек из гор юга Сибири на равнину выделяется область очень активных размывов берегов. На таежных реках активизации размывов берегов способствуют плывущие деревья и лесные заломы. На замерзающих реках берега разрушаются под воздействием ледохода.

Среди иностранных источников можно выделить такие работы как «Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape», «RIVER PROCESSES: An Introduction to Fluvial Dynamics» [19, 20]. В книгах рассматривается речная геоморфология, поведение и эволюция речных систем, транспорт наносов и др. Также можно отметить «River Channels: Types, Dynamics and Changes» [21]. Книга представляет собой современные исследования в изучении типов, динамики и изменения русел рек.

2 Характеристика природно-техногенного комплекса исследуемой территории

2.1 Административно-территориальное положение

В административно-территориальном отношении исследуемый участок находится в левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской и восточной части Кемеровской областей, от Анжеро-Судженского городского округа Кемеровской области на север к Александровскому району Томской области. Географические координаты участка: 56-60° с.ш. и 77-86° в.д. На севере территория граничит с Тюменской областью, на западе - с Омской, Новосибирской областями и Алтайским краем, на юге – с Республикой Алтай, на востоке - с Республикой Хакасия и Красноярским краем.

Исследуемая территория расположена в срединной части Евразийского материка, приурочена к юго-восточной части Западно-Сибирской равнины и отрогам Кузнецкого Алатау. Участок включает в себя таёжную и лесостепную природные зоны: на севере территории простираются труднопроходимые леса и болота, к югу – чередуются широколиственные и смешанные леса и лесостепи [22, 23].

Для севера исследуемой территории характерны суровость природных условий, сильная заболоченность территории, слабая освоенность, удаленность от морей, слабо развитый железнодорожный транспорт и др. Южная же часть находится в Кузнецкой котловине, характеризуется более мягкими климатическими условиями, развитой системой железнодорожного и автомобильного транспорта.

Северная часть исследуемой территории является малозаселенной, средний показатель плотности населения по Томской области составляет 3,4 чел/км². Плотность населения Кемеровской области – в среднем 28,47 чел/км² [24].

Расстояние от с. Александровское до г. Томска составляет 670 км, до г. Кемерово – 887 км. Расстояние от г. Анжеро-Судженск до г. Кемерово – 103 км, до г. Томска – 143 км.

Трудности с ведением хозяйственной деятельности на северной территории исследуемого района связаны с наличием большого количества малых рек и заболоченностью значительной части территории района. Значительную часть территории (Обь-Иртышский водораздел) занимает уникальное по своей площади Васюганское болото [23].

2.2 Природная составляющая природно-техногенного комплекса

2.2.1 Рельеф и геологические условия

Исследуемая территория находится в пределах юго-восточной части Западно-Сибирской низменной равнины. Территория включает зону тайги и лесостепи.

В пределах Западно-Сибирской низменности большая часть территории имеет уклон поверхности $0,5-1,5^{\circ}$. Глубина расчленения рельефа незначительна, и составляет на пониженных участках и в поймах рек менее 5 м, на междуречье – 5-25 м [26].

Северная часть исследуемого участка представляет собой Васюганскую возвышенность, которая входит в пределы таежной зоны и имеет абсолютные высоты от 100 до 160 м. По характеру рельефа она представляет собой плоскую пологовсхолмленную заболоченную территорию, сложенную, в основном, четвертичными песками и глинами. Речные долины здесь слабо врезаны; наблюдаются и обширные неглубокие озерные впадины [26].

Южнее Васюганской возвышенности простирается Барабинская равнина (Северо-Барабинская, Барабинско-Пихтовская), которая входит в лесостепную зону Западной Сибири. На сотни километров простирается ровная и слабодренированная поверхность. Наблюдается преобладание междуречных пространств и второстепенная роль долин. В целом, равнина характеризуется гривно-лощинным рельефом. Лощины являются остатками русел древних потоков. Абсолютные отметки равнины достигают 100 – 150 м. По правому берегу Оби простирается Кеть-Тымская равнина, ниже Чулымская.

Колывань-Томская складчатая зона на территории Томской области доходит до р. Чулым и погружается под рыхлые отложения Западно-Сибирской плиты [25].

Многие особенности природы исследуемого участка обусловлены характером его геологического строения и историей развития.

В Западной Сибири развиты отложения, начиная с докембрия и заканчивая четвертичными. Отложения палеозоя и докембрия выходят на поверхность в горных частях рассматриваемой территории, кайнозойские толщи вскрываются в основном в пределах Западно-Сибирской низменности; узкие площади выходов мезозоя приурочены к зоне перехода от горной области к низменности. Меловые и отчасти юрские отложения пользуются широчайшим развитием и в пределах низменности, но обнажения их там почти отсутствуют. Третичные отложения в низменности обнажены обычно в цоколях речных террас, и только местами незначительная мощность перекрывающих четвертичных отложений дает возможность снимать их и показывать на геологических картах широкие площади развития неогена и палеогена, а на водоразделах местами и мела (Васюганская возвышенность и др.) [26].

В Западно-Сибирской низменности обнаружены породы мелового возраста, представленные формациями коры выветривания и другими отложениями, где они из континентальных постепенно к северу переходят в морские. Широко распространены выходы третичных отложений, особенно неогена, почти повсеместно обнажающихся по рекам в Западно-Сибирской низменности. Континентальные палеогеновые отложения развиты там же, где известны отложения верхнего мела.

Четвертичные отложения распространены повсеместно в описываемом районе и в Западно-Сибирской низменности достигают местами значительной мощности.

Достоверные архейские образования здесь не известны. К архею в Западной Сибири обычно относят глубокометаморфизованные толщи, превращенные в гнейсы, кристаллические сланцы и мраморы, частью

расположенные в осевых частях крупных структур. Для большинства этих образований ныне имеются доказательства их более молодого возраста.

Протерозой, как и кембрийские образования более широко развиты в горных областях Западной Сибири. В Колывань-Томской зоне кембрийские отложения почти не обнажены [26].

В Колывань-Томской зоне не известен ордовик. Ордовикские отложения местами лежат на кембрии. Верхний девон здесь отличается наибольшей мощностью, где среди терригенных толщ верхнего девона имеется ряд пачек известняков. Широко развиты нижнекаменноугольные отложения. Они сложены однообразными темно-серыми сланцевыми толщами с редкими пачками известняков.

Юрские отложения в Западной Сибири известны в Западно-Сибирской низменности. Они представлены мощной серой угленосной толщей главным образом с ниже- и среднеюрскими растительными остатками.

Четвертичные отложения развиты очень широко. Здесь известны ледниковые, озерные, речные, эоловые и прочие образования, представленные валунами, галечниками и щебнем, песками, супесями и суглинками, слоистыми и неслоистыми глинами, торфяниками, погребенными почвами и др.

В результате, можно сделать вывод, что геологическое строение исследуемой территории довольно сложное [26].

2.2.2 Климатические условия

Для анализа метеорологических условий исследуемой территории использованы данные метеорологических станций Александровское, Колпашево и Мариинск. Источниками данных являются СП 131.13330.2012 Строительная климатология, научно-прикладной справочник по климату СССР [27, 28].

Радиационный режим.

Годовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность при безоблачном небе на севере исследуемой территории, станции

Александровское, больше всего в июне-июле и составляет 856-877 МДж/м². Меньше всего в холодные месяцы – декабрь-январь – 47-68 МДж/м². Годовая сумма солнечной радиации составляет 5300 МДж/м². При движении на юг эти показатели возрастают. Так, максимум солнечной радиации в г. Колпашево и в г. Мариинск приходится на июнь-июль и составляет 865-875 МДж/м². Минимум в г. Колпашево – декабрь-январь – 66-91 МДж/м². Годовая сумма солнечной радиации здесь составляет 5482 МДж/м². Минимум в г. Мариинске составляет 84-113 МДж/м². Годовая сумма солнечной радиации здесь – 5697 МДж/м² [27].

Средняя годовая облачность для Александровского составляет 7 баллов, максимальная – в октябре – 8,1 балла, минимальная – в феврале 6,4. Для Колпашева 6,8 балла, максимальная – в октябре – 7,9 балла, минимальная – апрель – 6,2 балла. Для Мариинска – 6,5 балла, максимальная – в октябре – 7,7 балла, минимальная – в июле – 5,8 [28].

Основные факторы формирования термического режима на исследуемой территории.

Исследуемая территория расположена в умеренно- и резко-континентальном климатических поясах. Климат определяется расположением территории – северной части в таежной зоне, болотистой местности, южной – в лесостепной зоне. Болота дают охлаждающий эффект в летнее время. Характерна суровая и продолжительная зима, короткое и теплое лето. Смена сезонов происходит достаточно быстро.

Среднемесячная температура холодных месяцев на станции Александровское составляет примерно -18°C, теплого времени года – 15°C. Среднегодовая температура воздуха составляет -2,5°C. В г. Колпашево: в зимний период – -17,1°C, в летний – 16°C, среднегодовая температура – -1,5°C. На станции Мариинск в холодное время года – -14,8°C, в теплые месяцы – 16,5°C, среднегодовая температура – 0,1°C.

Таблица 1 – Среднемесячная, абсолютный максимум и минимум температуры воздуха на станции Александровское [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-21,5	-19,6	-12,1	-1,7	5,5	13,7	17,5	13,7	8	-1,4	-12,7	-19,6
Абс. макс	2	5	13	23	34	33	35	30	29	22	8	4
Абс. мин	-51	-51	-41	-34	-20	-4	1	-3	-9	-29	-16	-51

Таблица 2 – Среднемесячная, абсолютный максимум и минимум температуры воздуха на станции г. Колпашево [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-20,7	-18,7	-10,8	-0,7	7,3	15,2	18	14,4	8,7	0,1	-11,4	-19,4
Абс. макс	3	4	10	24	32	34	35	33	29	21	8	5
Абс. мин	-51	-51	-42	-33	-13	-3	2	-2	-8	-29	-48	-50

Таблица 3 – Среднемесячная, абсолютный максимум и минимум температуры воздуха на станции г. Мариинск [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-17,8	-16,2	-9,3	0,8	9	15,9	18,3	15,2	9,1	1	-9,1	-16,2
Абс. макс	4	9	14	30	35	35	37	35	32	24	13	7
Абс. мин	-55	-49	-40	-31	-15	-3	1	-1	-9	-29	-46	-49

Кривая годового хода температуры имеет простой вид. Наиболее интенсивные изменения температуры воздуха наблюдаются в период с февраля по июнь и с августа по ноябрь (рис. 2).

Годовой ход температуры поверхности почвы на всей территории исследования имеет один максимум и один минимум (табл. 4 – 6). Температура варьируется в больших пределах: от -23 °С в январе до 20 °С в июле в с. Александровское, от -18 °С в январе-феврале до 23 °С в июле в г. Мариинск. С севера на юг температура поверхности почв растет.

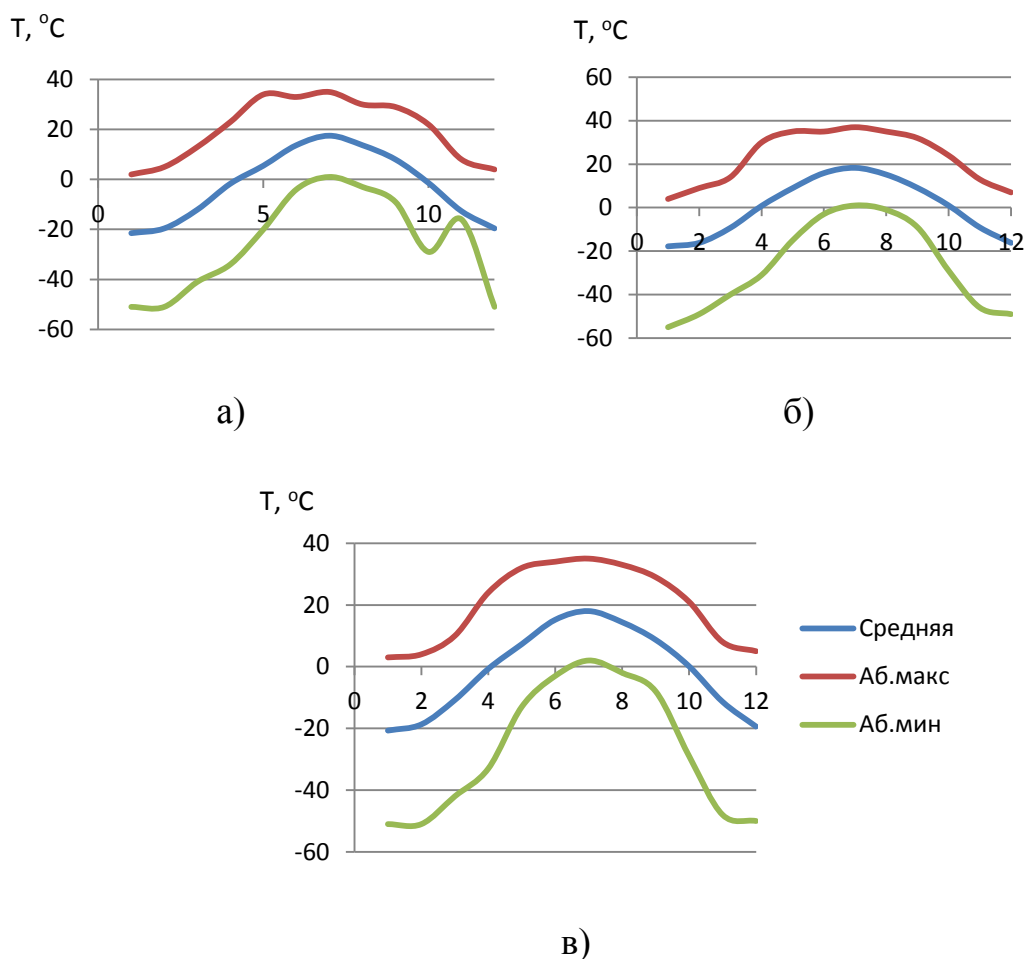


Рисунок 2 – Годовой ход среднемесячных, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха: а) станция Александровское; б) станция г. Мариинск; в) станция г. Колпашево [28]

Таблица 4 - Среднемесячная максимальная и минимальная температура почв в селе Александровское [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-23	-22	-14	-4	6	16	20	15	8	-2	-14	-20
Ср. макс	-5	-3	5	15	30	41	44	36	27	13	1	-1
Ср. мин	-45	-45	-39	-27	-10	-1	5	1	-1	-21	-37	-43

Таблица 5 - Среднемесячная максимальная и минимальная температура почв в г. Колпашево [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-22	-22	-13	-2	8	17	21	16	9	-1	-12	-20
Ср. макс	-4	-2	6	18	33	41	45	39	30	15	2	-2
Ср. мин	-44	-45	-37	-25	-8	0	6	2	-3	-19	-37	-43

Таблица 6 - Среднемесячная максимальная и минимальная температура почв в городе Мариинск [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	-18	-18	-10	1	11	20	23	18	10	1	-10	-16
Ср. макс	-2	0	9	27	43	51	52	48	37	21	4	0
Ср. мин	-39	-39	-33	-17	-7	0	6	2	-4	-15	-30	-37

Влажность воздуха.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, меняется в течение года. Зимой она составляет около 81 % в районе села Александровское, 80 % в городе Колпашево и 77 % в городе Мариинск. Летом, в среднем, 75% на станции Александровское, 72 % в Колпашево и 72 % в Мариинске. Максимальное значение относительной влажности наблюдается в октябре-ноябре в Александровском и равно 83 %, в ноябре в Колпашево – 82 %, в ноябре-январе в Мариинске и равно 78 %. Минимальная влажность на всей территории приходится на май и равна 66 % в Александровском, 62 % в Колпашево и 60 % в Мариинске (табл. 7 – 9).

Резкое уменьшение влажности происходит с февраля по май, возрастание – с мая по август.

Таблица 7 - Относительная влажность воздуха на станции Александровское [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Относительная влажность, %	81	79	75	70	66	68	72	80	81	83	83	82

Таблица 8 - Относительная влажность воздуха на станции г. Колпашево [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Относительная влажность, %	80	78	73	66	62	66	72	79	78	80	82	81

Таблица 9 - Относительная влажность воздуха на станции г. Мариинск [28]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Относительная влажность, %	78	76	73	66	60	66	73	78	76	76	78	78

Атмосферные осадки.

Среднее количество осадков за год в селе Александровское составляет 512 мм, в городе Колпашево 511 мм, в городе Мариинск 442 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Более 50% осадков выпадает за июнь-сентябрь. Максимум осадков выпадает в июле-августе, минимум – в феврале (табл. 10). Число безморозных дней составляет 110-120. Общее число дней со снежным покровом примерно 170-180. Средняя высота снежного покрова по постоянной рейке составляет для села Александровское: ноябрь – 19 см, декабрь – 26 см, январь – 36 см, февраль – 40 см, март – 41 см, апрель – 19 см; для города Колпашево: ноябрь – 21 см, декабрь – 35 см, январь – 51 см, февраль – 53 см, март – 28 см, апрель – 9 см; для города Мариинск: ноябрь – 9 см, декабрь – 14 см, январь – 15 см, февраль – 17 см, март – 10 см, апрель – 3 см.

Таблица 10 - Среднемесячное количество осадков, см [28]

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Александровское	20	15	16	24	45	73	82	80	54	44	31	25
Колпашево	22	14	18	25	54	59	75	84	52	43	37	28
Мариинск	16	13	15	21	46	58	66	69	47	36	32	23

Ветровой режим.

Для оценки ветрового режима использовались данные станций Александровское, Колпашево и Томск. Для Александровского в целом за год характерны ветра Юго-Западной четверти, как и для Колпашева, для Томска – южные ветра (рис. 3).

Среднегодовое количество дней со штилем на севере исследуемой территории составляет 36 дней, в г. Колпашево – 80 дней, на юге – 40 дней. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,6-3,7 м/с на всей территории. Среднемесячная скорость ветра примерно одинакова (табл. 11).

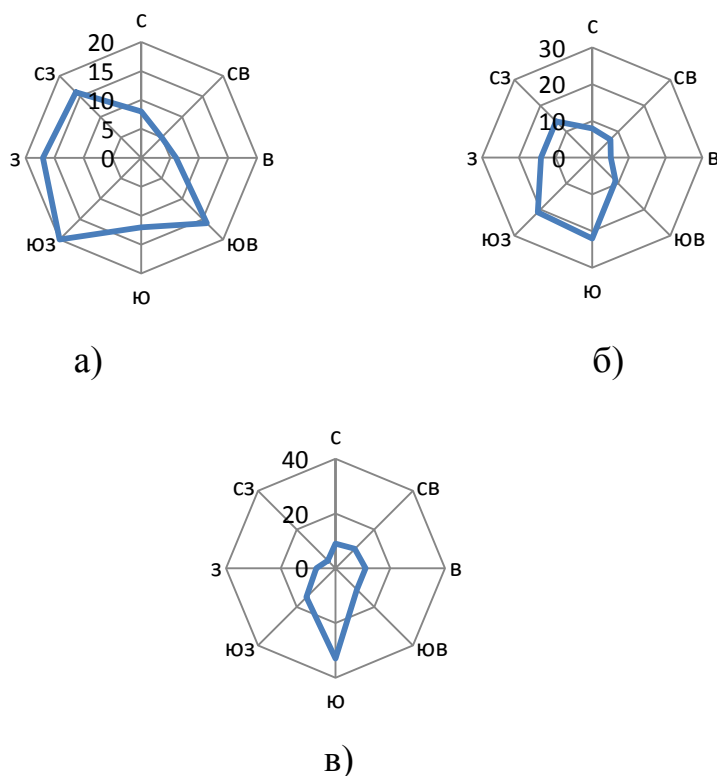


Рисунок 3 – Роза ветров за год:

а) станция Александровское; б) станция Колпашево; в) станция Томск [28]

Таблица 11 - Среднемесячная и годовая скорость ветра, м/с [28]

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Александровское	3,3	3,4	3,7	3,7	4,1	3,9	3,0	3,1	3,4	3,9	3,8	3,5	3,6
Колпашево	3,4	3,5	3,8	3,7	4,1	3,5	2,7	2,8	3,2	4,1	4,1	3,6	3,5
Томск	4,0	3,7	4,1	4,1	4,1	3,2	2,3	2,5	3,0	4,1	4,7	4,2	3,7

2.2.3 Почвенный покров и растительность

Почвообразующие породы левобережной части бассейна Верхней Оби в пределах Томской и Кемеровской областей имеют аллювиальный, озерно-аллювиальный, озерный, водно-ледниковый генезис [29]. Согласно [30], почвообразовательный процесс территории характеризуется повышенной обводненностью, влиянием микрорельефа, обогащением карбонатами почвообразующих пород. Длительное промерзание и медленное оттаивание почв способствует их переувлажнению. Исследуемый участок относится к таежной и лесостепной ландшафтными зонам.

Автоморфные почвы приурочены к повышенным элементам рельефа. В северной части рассматриваемой территории выделяются подзолистые почвы и черноземы. Подзолистые почвы имеют различный механический состав – от песчаного до легкосуглинистого. Среди них выделяются слабоподзолистые, среднеподзолистые, сильноподзолистые и подзолы, дерново-подзолистые и др. почвы. Гумус в подзолистых почвах накапливается медленно, питательные вещества, необходимые для растений, вымываются атмосферными осадками вглубь земли. Мощность гумусового горизонта составляет 2-25 см, содержание гумуса колеблется от 1-1,5 до 6-7 %. Подзолистые почвы имеют повышенную кислотность [30].

Дерново-подзолистые почвы в левобережной части бассейна широко распространены и развиваются преимущественно на покровных лессовидных суглинках, иногда карбонатных. Среди них довольно часто встречаются дерново-подзолистые или вторично-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом. Они являются наиболее плодородными, содержание гумуса в них составляет до 6 - 7 % [30].

Полугидроморфные почвы приурочены к пологим слабо дренированным склонам междуречий. Наиболее распространены болотно-подзолистые почвы – переходные от подзолистых почв к болотным. Длительное избыточное увлажнение приводит к заболачиванию почв, сопровождающееся оторфовыванием верхних горизонтов и оглеением нижних. Под моховой подстилкой залегает торфянистый слой мощностью у торфянисто-подзолистоглеевых почв не более 20 см. Наиболее характерные черты болотно-подзолистых почв: кислая реакция среды, малогумусность [30].

Гидроморфные почвы характеризуются доминированием болотного почвообразовательного процесса на болотах и поемного на поймах рек. Гидроморфные почвы на исследуемой территории представлены торфяно-болотными верховыми, торфяно-болотными низменными.

Болотные почвы формируются в условиях постоянного избыточного увлажнения под специфичной влаголюбивой растительностью. Неполное

разложение органических остатков, протекающее в условиях избытка влаги и недостатка кислорода, приводит к формированию на поверхности болотных почв органогенного (торфяного) горизонта. Его состав, свойства и мощность полностью определяются типом водного питания, качеством питающих вод и характером растительности. В зависимости от типа водного питания и типа торфяной залежи торфяные болотные почвы подразделяются на верховые, низинные и переходные. Для торфов болотно-верховых почв характерны низкая зольность, высокие кислотность и влагоемкость. Торфа болотно-низинных почв имеют высокую зольность и степень разложения, менее кислую реакцию среды и др. [30].

Почвенный покров пойм весьма сложен и зависит от климатических условий, состава грунтов, рельефа, глубины залегания грунтовых вод, растительного покрова.

Южная часть исследуемой территории (юг Томской и север Кемеровской областей) приурочена к лесостепной зоне выщелоченных и осолоделых черноземов. Территория покрыта преимущественно почвенными комплексами из осолоделых, солонцовых, солончаковых и незаселенных почв. К наиболее дренированным участкам зоны приурочены незаселенные, не заболоченные или слабо заболоченные почвы. На менее дренированных участках развиты осолоделые, солонцовые и заболоченные, а на участках весьма слабой дренированности присутствуют солончаковые, солонцовые и болотные почвы [26].

Северная часть Кемеровской области характеризуется серыми лесными почвами, в то время как Кузнецкая котловина – выщелоченными и оподзоленными черноземами. Это связано с избыточным увлажнением и преобладанием древесно-кустарниковой растительности. Содержание гумуса в таких почвах не превышает 8 %. В почвах содержатся труднорастворимые соединения фосфора, что снижает их плодородность [31].

Отроги Кузнецкого Алатау характеризуются преобладанием дерново-подзолистых почв. Наблюдается высотная поясность почв: от подзолистых

почв на плоских водоразделах до горно-луговых почв альпийского типа на высоте.

В подзолистых почвах мало перегноя, так как он вымывается обильными осадками. Под слоем перегноя наблюдается белесый слой вымывания. Вдоль речных долин так же, как и в тундровой зоне, распространены аллювиально-луговые почвы, которые отличаются высоким плодородием и содержанием фосфора и калия.

В пределах исследуемой территории хорошо выражены лесная и лесостепная растительные зоны.

Лесная зона простирается от Александровского района до г. Томска. Растительность исследуемой территории представлена зеленомошниковой группой, которая сочетается с долгомошниковыми и сфагновыми. В верхнем течении реки Васюган распространены светлохвойные леса. Господствующее положение занимают кедровые леса с примесью ели и реже пихты. Эти леса приурочены к наиболее дренированным узким полосам, расположенным вдоль рек и по окраинам болот. Также присутствуют осина и береза.

Около стволов деревьев наблюдаются скопления зеленых лесных мхов с брусничкой, водяничкой (шикшей), толокнянкой и др. Широко распространены заболоченные сфагновые сосняки. Они представляют собой переходные растительные группировки от лишайниковых и брусничных сосняков к сфагновым (торфяным) болотам. Также произрастают береза бородавчатая и береза пушистая, под которыми расположен травяной ярус из вейника Лангсдорфа, ястребинки зонтичной, чахоточной травы, василистника простого [30].

Поймы рек заняты болотистыми лугами и зарослями кустарников, преимущественно ивами. Заливные луга долины р. Оби отличаются обедненным видовым составом и высокой продуктивностью. Это канареечниковые, осоковые, вейниковые и осоково-разнотравные луга.

Растения болот – мхи (сфагновые, зеленые, печеночные), осоки, пушицы, тростник, вахта трехлистная, сабельник болотный, шейхцерия, а также

росянки круглолистная и английская и пузырчатки малая, обыкновенная и средняя (эти растения имеют приспособления для ловли насекомых) [30].

Лесостепная растительная зона простирается от г. Колпашево Томской области вплоть до южной части исследуемой территории – Анжеро-Судженского городского округа Кемеровской области. В этом направлении увеличивается присутствие остепненной и степной растительности, убывание березовых лесов. Распространенные степные растения – полынь, ковыль, типчак. Многие лесные растения исчезают. На песчаных почвах с северо-востока на юго-запад тянутся сосновые боры [26].

Также на данной территории распространена липа и сопутствующие ей ясменник, копытень, цирцея и другие травы. Также среди трав можно встретить мятлик, тимopheевку, костер, клевер, тысячелистник и другое.

По склонам горных хребтов и речным долинам раскинулись тёмнохвойные леса, в которых господствуют пихта сибирская, осина, растут кедр сибирский, ель сибирская, берёза бородавчатая, кустарники.

Многие растения на исследуемой территории занесены в Красную Книгу. Так, в Красную Книгу Томской области внесены: полынь широколистная, ковыль сибирский, бутень Прескотта, пузырник ломкий, смолевка клейкая, овсяница гигантская, зверобой большой, ирис низкий, жимолость татарская, фиалка рассеченная и другое [32]. Красная Книга Кемеровской области включает в себя: Венерин башмачок, липа, ятрышник, купальница, стародубка, ревень, пятилистник, лилия саранка, кандык сибирский, девясил, эдельвейс, родиола розовая и другое [33].

2.2.4 Ландшафтная характеристика

Согласно [34], под ландшафтом подразумевают генетически единую крупную геосистему, однородную по зональным и аazonальным признакам и включающую специфический набор локальных геосистем: местностей, урочищ, фаций. Согласно [35], ландшафт - территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов

и комплексов более низкого таксономического ранга (компоненты – основные составляющие части ландшафта, представляющие собой фрагменты сфер географических оболочек и состоящие, в свою очередь из элементов ландшафта – простейших частей компонентов; к природным компонентам относят воздух, поверхностные и подземные воды, горные породы, почвы, растительный и животный мир, к антропогенным компонентам – все объекты производственной и непроизводственной деятельности человека). Ландшафтное районирование территории проводится с целью выявления базовой геосистемы и выявления ее границ. Классификация ландшафтов основана на выделении таксономических единиц ландшафтов по сочетанию природных факторов их формирования. Тип ландшафта определяется по растительности. Классы ландшафтов соответствуют типам почв, роды – генетическому типу рельефа (преобладание денудации или аккумуляции), виды – группам рядов четвертичных отложений.

Исследуемый район, как уже отмечалось выше, находится на территории Томской и Кемеровской областей. Территория Томской области, в основном, находится в пределах таежной зоны. Большая часть области относится к зоне южной тайги. Томский район и северная часть Кемеровской области – лесостепь и подтайга. Растительность здесь представлена преимущественно осиново-березовыми западно-сибирскими лесами. Север области расположен в средней подзоне тайги [36].

Левобережная часть бассейна Средней Оби находится на территории средней и южной тайги. По растительности ландшафт данной территории относится к таежному лесному типу. Из растительности на данной территории преобладают темнохвойные таежные леса (пихта сибирская и кедр, с примесью ели) и смешанные леса с преобладанием пихты. Эти леса распространены преимущественно в приречных более дренированных полосах. На повышенных участках рельефа преобладают сосновые средне- и южнотаежные леса. Наиболее типичными группами ассоциаций являются зеленомошниковая, на легких подзолистых почвах – травянистая и в поймах рек – кустарниковая. Схема ландшафтов на исследуемой территории представлена на рис. 4.

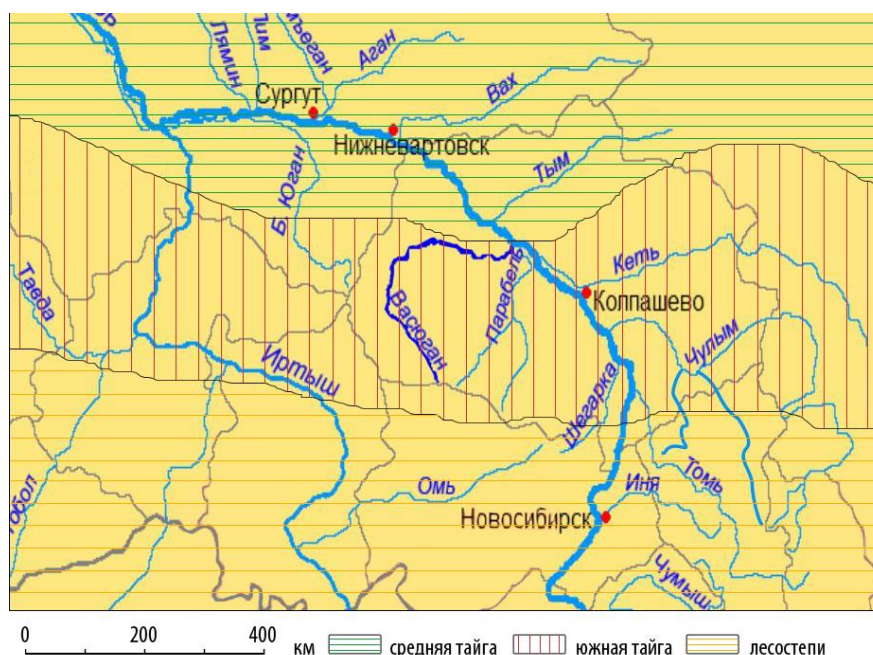


Рисунок 4 - Ландшафты исследуемой территории [79]

Класс ландшафтов определяется по типу почв. На территории исследуемого района преобладают болотно-подзолистые почвы. Большую роль в распределении почв играет характер и густота речной сети, что приводит к различию в режиме увлажнения почв. Основные типы почв в данном ландшафте – дерново-подзолистые, болотные, торфяные почвы. Среди дерново-подзолистых почв значительные площади занимают так называемые вторично-подзолистые почвы со вторичным гумусовым горизонтом.

По роду ландшафта данная территория относится к территории, на которой преобладает аккумуляция над выносом, т.е. низменные аккумулятивные равнины. Выделяются долины рек и водоразделы.

Вид ландшафта определяется по механическому составу подстилающих почвы горных пород. В левобережной части бассейна Средней обь в пределах Томской области преобладают песчаные и суглинистые породы.

Южная часть исследуемой территории относится к лесостепной растительной зоне. Подтаежный лесной тип растительности переходит в лесостепной. Из растительности на данной территории преобладают черневые и темнохвойные леса, а также их вторичные производные с участием осины и березы. Занимающие большие площади горные сооружения Кузнецкого

Алатау, Горной Шории и Салаира являются причиной нарушения широтной зональности растительного покрова. Характерным является наличие ксерофитных каменистых степей в предгорьях, в составе травянистых ассоциаций присутствуют типично лесные виды. Это свидетельствует о некогда большем залесении современной лесостепи. Формация лесотундры выражена частично и лишь в Кузнецком Алатау, представлена березой, пихтой, можжевельником, осокой.

Ландшафты темнохвойных и смешанных лесов южной части Западно-Сибирской низменности заходят на территорию Кемеровской области с севера двумя языками (междуречье Томи и Яи, а также междуречье Кии, Чети и Чулыма). В силу недостаточной дренированности на территории преобладают пихта, кедр, ель. Леса отличаются мрачностью, сыростью и хорошо развитым моховым покровом [37].

Класс ландшафтов подтайги и лесостепи соответствует серым лесным почвам, в Кузнецкой котловине – выщелоченным и оподзоленным черноземам. Это связано с избыточным увлажнением и преобладанием древесно-кустарниковой растительности.

По роду ландшафта лесостепная зона также относится к территории, на которой преобладает аккумуляция над выносом. Выделяются долины рек, водоразделы, а также горные области.

Вид ландшафта определяется по механическому составу горных пород. В лесостепной зоне в пределах Томской и Кемеровской областей по мере движения с севера на юг механический состав материнских пород утяжеляется, что приводит к распространению преимущественно тяжелых, часто карбонатных, суглинков и глин.

Долина р. Оби сильно отличается от водосборных территорий. В пойме р. Оби и в низовьях ее более крупных притоков развиты луга. Зона лиственных лесов отличается преимущественным развитием смешанных, березовых и березово-осиновых лесов и значительно меньшей заболоченностью территории. Ландшафт относится к пойменному типу ландшафтов. Класс ландшафта –

подзолы и подзолистые почвы. Они являются зональными и развиты главным образом на суглинистых и песчаных породах. Род ландшафта долины р. Оби относится к низменному равнинному аккумулятивному. По механическому составу преобладают песчаные и суглинистые горные породы [30].

2.2.5 Гидрологические и гидрогеологические условия

Гидрографическая сеть левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской и Кемеровской областей принадлежит бассейну Карского моря. На исследуемом участке развита густая речная сеть, много озер. Большое количество воды сосредоточено в болотах и подземных горизонтах.

Главной водной артерией является р. Обь. Наиболее крупные притоки Оби на данной территории - реки Васюган, Парабель, Чая, Шегарка, Томь, Чулым и др.

Реки лесной зоны, в основном, извилисты, с малыми уклонами (5-10 см на 1 км). Водоразделы слабо выражены. Правые склоны более крутые, чем левые. Густота гидрографической сети составляет 0,34-0,45 км/км² [38]. Согласно [39], для рек характерно весенне-летнее половодье и паводки в теплое время года. Половодье растянуто по времени, иногда сливается с летними паводками. Объем весеннего стока рек бассейна Средней Оби в пределах Томской области составляет 45-70 % годового. Одной из главных причин этого является сильная заболоченность водосборов, которая определяет естественную зарегулированность водного стока [40]. Маловодный период летне-осенней межени наблюдается в августе-сентябре. Ледостав на реках устанавливается в последнюю декаду октября.

В пределах лесостепной зоны основной водной артерией является река Томь. К числу больших рек относятся Яя, Кия, Чумыш и др. Густота гидрографической сети в отдельных местах достигает 0,9 км/км² (в пределах бассейна реки Томи). Практически все реки берут свое начало в горах, где они характеризуются быстрым течением, каменистым дном, множеством перекатов. Для рек также характерно весенне-летнее половодье. Ледостав начинается в

ноябре, длится 150-160 дней. На реках этой зоны широко распространены искусственно созданные водохранилища, пруды.

Согласно [43], на реках преобладает снеговое питание, формирующее 55-82 % годового стока, на долю подземных вод приходится 10-40 %, а дождевого – 3-11 %. Реки Томской области имеют грунтово-болотное питание, достигающее 45 % общего стока.

Несмотря на различия условий питания и формирования стока основной фазой всех рек является половодье, в период которого проходит 60-90 % годового стока, наблюдаются максимальные расходы и наибольшие уровни воды.

Модуль стока – около 5-7 л/(с*км²). Слой стока в пределах исследуемой территории в среднем составляет 120-160 мм.

Озера по исследуемой территории распределены неравномерно, в основном, в пределах Обско-Иртышского междуречья и на севере лесной зоны. В левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской области расположены крупные озера, такие, как Мирное, Перельто, Польто-3. Озеро Мирное является самым крупным озером Томской области. Длина озера 6 км, ширина — 3,5 км, площадь равна 18,3 км². Озеро образовалось более 5400 лет назад под влиянием суффозионно-просадочных и торфяно-деструкционных процессов. Берега озера низкие, высотой до 3 м, сложены песком и торфом [30]. Повсеместно преобладают небольшие мелководные озера с площадью зеркала до 1 км² и глубиной 1-3 м.

Преобладающий тип руслового процесса в бассейнах рек – свободное меандрирование. Достаточно часто встречаются незавершенное меандрирование, русловая и пойменная многорукавность, реже – прочие типы русловых процессов [41].

Аккумулятором подземных вод на исследуемой территории является Западно-Сибирский артезианский бассейн. Вертикальный разрез бассейна включает в себя пять гидрогеологических комплексов.

Первый гидрогеологический комплекс представляет собой песчано-алевритистые и глинистые отложения антропогенного и неоген-олигоценного возраста. Комплекс является единой водонасыщенной толщей, грунтовые и межпластовые воды которой тесно гидравлически связаны между собой [44].

Второй гидрогеологический комплекс включает осадки турон-нижне-олигоценного возраста, представленные, в основном, глинами, аргиллитами и алевролитами с подчиненными водоносными горизонтами и слоями песков и песчаников. Комплекс рассматривается как региональный водоупор, который делит весь разрез артезианского бассейна на два этажа. Первый и второй гидрогеологические комплексы образуют верхний гидрогеологический этаж, характеризующийся свободным, а в нижних частях затрудненным и весьма затрудненным водообменом. В его пределах воды пресные и слабосоленоватые, реже солоноватые и соленые. Воды наиболее высокой минерализации вплоть до рассолов встречаются в первом этаже в зоне аридного климата. Растворенные газы – преимущественно азотные и метаново-азотные, степень газонасыщенности невысокая.

Отложения третьего, четвертого и пятого комплексов составляют нижний гидрогеологический этаж. Третий комплекс представлен осадками сеноманского, альбского и аптского возраста. Четвертый комплекс сложен отложениями баррем-готеривского и валанжинского возраста. Пятый – осадки юрского возраста и верхние породы доюрского фундамента. Подземные воды находятся в обстановке затрудненного, весьма затрудненного и почти застойного режима. Для вод характерны высокая минерализация от солоноватых вод до слабых рассолов, повышенная концентрация микрокомпонентов, метановый состав газов и высокая газонасыщенность. В пределах этого этажа сохранились седиментационные воды [44].

2.2.6 Заболоченность территории

Огромные запасы воды сосредоточены в болотах, занимающих до 37 % территории Томской области и продолжающих расширяться в настоящее время [39].

Исследуемая территория расположена в зоне выпуклых олиготрофных (сфагновых) болот. Рельеф поверхности относительно ровный, с отметками от 80 до 100 метров над уровнем моря. Годовое количество осадков на данной территории составляет в среднем 590 мм, 60-70 % процентов приходится на теплый период года. Норма стока составляет здесь 200 мм, норма испарения – 390 мм.

Климатические и геоморфологические условия этой зоны являются оптимальными для развития олиготрофных болот. Заболоченность территории около 40 %. Болота покрывают, в основном, водораздельные пространства и широкие террасы крупных рек. Некоторые междуречные пространства болота покрывают сплошным плащом, образуя крупнейшие в мире болотные системы площадью до 15 тыс. км² и даже до 50 тыс. км² (Васюганское болото и др.) [41, 42].

Центральные части этих систем, занимающие около половины их площади, имеют вид хорошо выраженных почти горизонтальных плато. Краевые участки характеризуются пологими склонами, направленными к дренирующим рекам. В центральных частях систем сосредоточено основное количество наиболее крупных озер, сочетающихся с множеством малых озерков; часто встречаются также обширные сильно обводненные мочажины. Озера и мочажины разделены между собой узкими грядами со сфагново-кустарничковой растительностью и угнетенной сосной. Озерки и мочажины в сочетании с грядами образуют комплексные микроландшафты: грядово-озерковые, грядово-мочажинно-озерковые.

В сильно обводненных мочажинах, имеющих в центре открытую водную поверхность, растут сфагновые мхи с отдельными растениями

шейхцерии, очеретника, осоки топяной; в менее обводненных мочажинах развивается шейхцеригово-сфагновая растительность. Небольшие участки среди грядово-озерковых и грядово-мочажинно-озерковых комплексов и особенно вдоль берегов относительно крупных озер занимают сфагново-кустарничково-сосновые микроландшафты.

На склонах болотных систем располагаются грядово-мочажинные комплексы, которые ближе к внешним границам систем на более крутых склонах сменяются мохово-лесными и лесными микроландшафтами. Периферийные участки болотных систем часто бывают сильно обводнены.

На сравнительно небольших болотных системах центральное «плато» занимает значительно меньшую площадь, чем склоны, на них отсутствует грядово-озерковый комплекс (озерки встречаются единично). При выпуклом рельефе центральной части болотных систем последняя занята мохово-лесными болотными микроландшафтами, чередующимися с грядово-мочажинными комплексами. Совсем небольшие по площади болота почти целиком покрыты сосново-кустарничковой растительностью [45].

2.3 Техногенная составляющая природно-техногенного комплекса

Техногенная составляющая ПТК исследуемой территории включает в себя добычу углеводородов, металлургию, добывающую промышленность, заготовку древесины и производство пиломатериала, переработку дикорастущих, вылов рыбных ресурсов.

Главной чертой техногенного комплекса северной части исследуемой территории (левобережная часть Средней Оби) является добыча и транспортировка углеводородов (рис. 5). По данным экологического мониторинга Томской области [46], за 2011 год предприятиями нефтегазодобычи Парабельского района было добыто 1,6 млн. тонн нефти, 1,4 млрд. м³ газа, 150,8 тыс. тонн конденсата. В Кургаском районе добывается 60 % томской нефти и 100 % томского газа, в 2013 году было добыто 443,2 тыс. тонн нефти.



Рисунок 5 – Месторасположение исследуемого участка
— – нефтепровод; — – газопровод [47]

Согласно схеме нефтегазогеологического районирования Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [48], территория Томской области входит в состав Среднеобской, Каймысовской, Васюганской, Пайдугинской и Предъенисейской нефтегазоносных областей (НГО).

В осадочном чехле Томской области выделяется шесть нефтегазоносных комплексов (НГК): нефтегазоносный горизонт зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений (НГГЗК), геттанграннетоарский, позднеотоарааленский, байосбатский, келловей–волжский и неокомский. Келловей–волжский НГК является основным комплексом для всей Томской области. Большая часть залежей УВ приурочена к продуктивному горизонту Ю1. Источником углеводородов для нефтегазоносных комплексов преимущественно является баженовская свита. К нефтепроизводящим отложениям относятся также карбонатные породы палеозоя, содержащие аквагенное органическое вещество, и алевроито-глинистая тогурская свита, с преимущественно террагенным органическим веществом в ее составе [48].

Среднеобская НГО в пределах Томской области представлена юго-востоком Нижневартовского нефтегазоносного района. Здесь открыт ряд месторождений, самым крупным из которых является Советское нефтяное месторождение.

Каймысовская НГО представлена тремя нефтегазоносными районами: Колтогорским, Каймысовским и Нюрольским. Большинство открытых

месторождений в данной НГО нефтяные. Самыми крупными месторождениями являются: Первомайское, Крапивинское, Игольско-Таловое.

Васюганская НГО включает шесть нефтегазоносных районов: Александровский, Средневасюганский, Усть-Тымский, Парабельский, Пудинский и Казанский. Для северной части НГО характерны нефтяные месторождения, для южной – нефтяные и нефтегазоконденсатные. В Васюганской НГО расположены основные месторождения газа и конденсата Томской области – Мыльджинское, Лугинецкое и Останинское [49].

Пайдугинская и Предъенисейская НГО являются слабо изученными территориями Томской области геолого-геофизическими методами и бурением. Большая часть территории относится к нераспределенному фонду недр. Имеется небольшой ряд открытых мелких месторождений УВ сырья, которые находятся в западной части Пайдугинской НГО в непосредственной близости от границы с Васюганской НГО. Примерами месторождений рассматриваемой НГО могут быть Линейное, Киев-Еганское нефтяные и Усть-Сильгинское газоконденсатное месторождения [49].

Основными недропользователями на исследуемой территории являются ОАО «Томскнефть» ВНК, ООО «Газпромнефть-Восток», ОАО «Руснефть», Imperial Energy.

Максимальный уровень добычи УВ был достигнут в 2004 г., в дальнейшем объем добычи начал постепенно снижаться. Постоянное увеличение объемов инвестиций в геологоразведочные работы привело к увеличению прироста запасов углеводородов. На сегодняшний день, согласно [48], темп роста инвестиций снижается, что объясняется отсутствием перспективных объектов инвестирования. В будущем неизбежно сокращение запасов УВ и падение уровня добычи.

Одним из перспективных направлений наращивания сырьевой базы УВ является освоение новых территорий, неисследованных нефтегазоносных комплексов и выявление нетрадиционных ловушек нефти и газа, за счет чего ожидается открытие крупных и средних месторождений.

Неосвоенной территорией является правобережье р. Обь, где с 1999 г. начаты региональные геолого-геофизические работы и параметрическое бурение с целью ее геологического изучения [50].

Через территорию Томской области с севера на юг проложены магистральные нефте- и газопроводы, которым отводится заметное место в реализации стратегического проекта строительства трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» и газопровода «Ямал – Китай». Проводится модернизация трубопроводного транспорта в Томской области для увеличения его пропускной способности [51].

Правобережная часть Средней Оби в пределах Кемеровской области специализируется, в основном, на угольной, химической промышленности и металлургии. Кемеровская область играет важную роль в экономике не только Сибири, но и страны в целом. Основным источником угля является Кузнецкий угольный бассейн. На территории Кузбасса добывают около 56% каменного угля России, 80% всех коксующих углей, а по целой группе марок особо ценных коксующихся углей – 100%. Угольные запасы Кузбасса составляют 690 миллиардов тонн низкозольных каменных углей и представлены всеми известными в мире марками и технологическими признаками коксующихся и энергетических углей. Основными компаниями, осуществляющими добычу, являются «Кузбассразрезуголь», ЗАО «Черниговец», ОАО «Междуречье», ОАО «СУЭК-Кузбасс» и другие. Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля составляет 210-220 тонн на человека.

Горно-металлургическая промышленность Кемеровской области, наряду с угольной, является базовой отраслью экономики Кузбасса, на ее долю приходится около 30 % всей промышленной продукции региона.

Металлургическая промышленность включает такие предприятия, как ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат», ОАО «КОКС», ОАО «Гурьевский металлургический завод» и другие, которые входят в состав крупных транснациональных горно-металлургических компаний:

«Евраз Груп С.А.» (Люксембург), Объединенная компания «Российский алюминий», «Уральская горно-металлургическая компания», Компания «Мечел», «Сибирская горно-металлургическая компания», УК «Промышленно-металлургический холдинг». Все компании интегрированы в мировой рынок металлов.

На территории Кузбасса производится более 13 % стали и чугуна, 11 % алюминия, 19 % кокса, 55 % ферросилиция и т.д.

За последние 10 лет металлургическая промышленность Кузбасса была значительно модернизирована. В реконструкцию предприятий было вложено более 50 млрд. рублей.

Несмотря на значительные финансовые сложности, металлургические предприятия области в течение последних нескольких лет реализуют масштабные инвестиционные проекты, направленные на модернизацию и на создание совершенно новых высокотехнологичных производств для выпуска инновационной продукции.

Север области пересекает Транссибирская железнодорожная магистраль, юг – Южносибирская. Область имеет прямое железнодорожное сообщение со всеми регионами страны. Кузбасс дает для перевозки по железной дороге России свыше 18 % всех грузов, из них 60 % каменного угля [52].

3 Основные нормативные требования к проектированию нефтепроводов через водные объекты

В зависимости от вида трубопровода аварии на нефтепроводах могут возникнуть как на поверхности земли, так и под землей, на дне водоемов и водотоков. В сложных природных условиях количество аварий резко возрастает.

Согласно [53], опасными зонами на трубопроводе являются зазоры, щели и царапины. В них может происходить концентрирование рабочего раствора, нарушаться аэрация, что неизбежно приведет к развитию местной коррозии. Для внутренней коррозии характерна высокая скорость разрушения.

К естественным препятствиям относятся реки, водохранилища, озера, болота и т. д. В левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской области значительное количество нефтепроводов проходит по болотистой местности. Протяженность участков болот, по которым проходят нефтепроводы, составляет десятки и сотни метров, а в отдельных случаях – десятки километров.

В настоящее время существует большое число всевозможных классификаций болот. В соответствии с [54], болота по характеру передвижения по ним строительной техники делятся на три типа:

I тип – болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократное передвижение болотоходной техники с удельным давлением 0,02-0,03 МПа или работу обычной техники при использовании щитов, сланей или дорог, обеспечивающих снижение удельного давления на поверхности залежи до 0,02 МПа;

II тип – болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и передвижение строительной техники только по щитам, сланям или дорогам, обеспечивающим снижение удельного давления на поверхности залежи до 0,01 МПа;

III тип – болота, заполненные растекающимся торфом и водой с плавающей торфяной коркой, допускающие работу только специальной

техники на понтонах или обычной техники с плавающих средств.

В соответствии с [54], подготовительные работы на болотах включают в себя установку на трассе строительства трубопровода пункты и знаки разбивочной основы, подготовку временных производственных площадок, поселков, а также расчистку полосы отвода трубопровода от леса, кустарника, пней и валунов. Корчевка пней на болотистых участках производится на полосе будущей траншеи трубопровода и кабеля. На остальной части полосы отвода деревья необходимо спиливать на уровне земли.

Объем работ по планировке, необходимой для транспортных целей и передвижения строительных машин, должен быть указан в проекте организации строительства и уточнен в проекте производства работ.

К земляным работам относится разработка траншей. Размеры и профили траншей устанавливаются проектом в зависимости от назначения и диаметра трубопроводов, характеристики грунтов, гидрогеологических и других условий.

Разработку траншей на болотах следует выполнять одноковшовыми экскаваторами с обратной лопатой на уширенных или обычных гусеницах со сланей, драглайнами или специальными машинами. При прокладке трубопроводов через болота методом сплава разработку траншей на плавающей торфяной корке целесообразно выполнять взрывным способом, применяя удлиненные шнуровые, сосредоточенные или скважинные заряды [54].

При глубине торфяного слоя до 1 м с подстилающим основанием, имеющим высокую несущую способность, разработка траншеи осуществляется с предварительным удалением торфа бульдозером или экскаватором. При этом глубина траншеи должна быть на 0,15-0,2 м ниже проектной отметки. При использовании экскаватора для выторфовывания протяженность создаваемого фронта работ должна быть 40-50 м.

Прокладку трубопроводов на болотах и обводненных участках следует производить преимущественно в зимнее время после замерзания верхнего торфяного покрова. Необходимо предусматривать мероприятия по ускорению промерзания грунта на полосе дороги для передвижения машин, а также

выполнять мероприятия по уменьшению промерзания грунта на полосе рытья траншеи.

Для устройства основания и засыпки наземного трубопровода запрещается использовать мерзлый грунт с комьями размером более 50 мм в поперечнике. На участках с глубоким промерзанием болота работы должны выполняться с предварительным рыхлением мерзлого слоя.

При сооружении подземных трубопроводов на болотах, обводненных участках трассы и участках с высоким уровнем грунтовых вод допускается укладка трубопровода непосредственно на воду с последующим погружением на проектные отметки и закреплением. Методы укладки и конкретные места баллаستировки таких трубопроводов определяются и уточняются проектом производства работ [54].

Согласно [55], засыпка трубопроводов, уложенных в траншею на болотах в летнее время, осуществляется: бульдозерами на болотном ходу; одноковшовыми экскаваторами на уширенных гусеницах, перемещающихся вдоль трассовой дороги; одноковшовыми экскаваторами на сланях с перемещением вдоль траншеи; с помощью легких передвижных гидромониторов путем смыва грунта в траншею, в зимнее время после промерзания грунта – бульдозерами, одноковшовыми экскаваторами и роторными траншеезасыпателями.

При прокладке трубопровода через межболотные озера шириной до 50 м и глубиной до 1 м траншеи разрабатывают одновременно с двух противоположных берегов одноковшовыми экскаваторами с дамбы. На озерах шириной более 50 м или глубиной более 2 м траншеи на дне водоемов разрабатывают одноковшовыми экскаваторами, установленными на понтонах. При этом понтоны якорятся.

Насыпи на болотах I и II типов (глубиной до 2 м) устраивают после удаления торфа на полосе прокладки трубопровода на всю глубину. На болотах III типа (без сплавин) насыпи сооружают без выторфовывания. В этом случае торфяная масса выдавливается весом насыпаемого минерального грунта.

Отсыпку можно вести с одной или с двух сторон болота [55].

На залитых водой болотах II и III типов большой протяженности (более 200 м) при наличии в основании болот хорошо дренированных гравийно-песчаных, песчаных или супесчаных грунтов целесообразно устраивать насыпь посредством намыва гидромеханизированным способом, при наличии вблизи трассы достаточных объемов воды для этих целей.

Для намыва таких насыпей следует применять безэстакадный продольно-встречный способ гидронамыва, который должен осуществляться специальными подразделениями. Насыпи намывают участками шириной до 35 м и протяженностью 200-350 м, так называемыми "картами намыва". Для образования "карты намыва" по ее контуру устраивают грунтовые валики или устанавливают сборно-разборные деревянные щиты, задерживающие намывтый грунт на "карте намыва". Для отвода воды в конце карты намыва устраивают пруды-отстойники и водоотводные каналы. Грунтовые насыпи под трубопроводы следует намывать с запасом на осадку [55].

Помимо переходов трубопроводов через болота, подводные переходы также являются наиболее ответственными участками, так как на этих участках в большей степени возможна опасность повреждения трубопровода от гидродинамического воздействия потока. Согласно [56], подводные переходы через водные преграды проектируются на основании гидрологических, инженерно-геологических и топографических изысканий с учетом ранее проведенных работ. Место перехода необходимо согласовывать с бассейновым управлением на данной территории.

При переходах через водные объекты следует выбирать прямолинейные устойчивые участки с пологими неразмываемыми берегами русла при минимальной ширине поймы. Переходы на перекатах не допускаются.

Для снижения вероятности возникновения аварии необходимо учитывать гидролого-морфологические характеристики водотока и его изменение в течение срока эксплуатации подводного перехода.

Прокладка подводных переходов должна предусматриваться с заглублением в дно пересекаемых водных преград. Величина заглубления устанавливается с учетом возможных деформаций русла и перспективных дноуглубительных работ.

Профиль трассы трубопровода принимается с учетом допустимого радиуса изгиба трубопровода, рельефа русла реки и расчетной деформации, а также геологического строения русла, способа укладки подводного трубопровода [56]. Кривые искусственного гнутья в русловой части переходов предусматриваются в особо сложных топографических и геологических условиях. Сварные отводы в русловой части не рекомендуются. Проектом должны предусматриваться мероприятия по укреплению берегов в местах переходов.

На болотах и заболоченных участках предусматривается подземная прокладка трубопроводов, прямолинейно, с минимальным числом поворотов.

Согласно [54], перед разработкой траншей на подводных переходах необходимо проверять и закреплять проектные створы и реперы, измерять глубины водотока и определять соответствие фактического профиля дна реки проектному, выполнять обследование участка реки на проектную ширину подводной траншеи.

Перед укладкой подводного трубопровода должны быть произведены проверочные расчеты устойчивости и напряжений, возникающих в укладываемом трубопроводе, с учетом фактических скоростей течения воды, глубины воды и профилей спусковых устройств. Напряжения не должны превышать указанные в проекте производства работ.

Укладка трубопроводов не допускается во время паводков, весеннего ледохода и осеннего ледостава.

Укладка трубопровода на дно для последующего его заглубления в грунт допускается при условии, что радиус изгиба трубопровода, укладываемого в русле на естественные отметки дна, не меньше радиуса упругого изгиба трубопровода, указанного в проекте [54].

Для предотвращения загрязнения водоемов, для охраны вод и рыбных ресурсов на переходах через водные объекты необходимо предусматривать мероприятия по защите в пределах русловой и пойменной части. Виды и объем работ зависит от типа трубопровода, сложности природных условий и гидрологических характеристик водного объекта.

4 Методика исследования

4.1 Алгоритм анализа природных факторов возникновения отказов технических систем

Прежде чем планировать строительство нефтегазодобывающего комплекса, необходимо выделить несколько вариантов его размещения. Следует брать во внимание сложность комплекса, количество и протяженность водотоков на местности, степень заболоченности и др. В качестве объектов исследования выбраны территории размещения объектов обустройства ряда нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений на территории Томской области, расположенных в бассейнах рек Васюгана и Парабели.

Методика исследования включает в себя:

- 1) сбор и обобщение опубликованных данных об отказах технических систем за 2006-2012 гг.;
- 2) анализ (геоинформационный и статистический) природно-техногенных условий формирования стока воды, растворенных веществ, речных наносов в районах размещения объектов обустройства нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений, включающий:
 - 2.1) определение гидрографических характеристик;
 - 2.2) корреляционный анализ с учётом погрешности δ_r определения коэффициентов корреляции r ;
- 3) ландшафтное районирование территории изученных нефтяных месторождений.

Для анализа данных об отказах технических систем использовались материалы мониторинга окружающей среды на территории Томской области за 2006 – 2012 гг. [46, 57-62].

Проводился анализ данных как по каждому месторождению отдельно, так и по всем месторождениям в целом. Определено место расположения каждого месторождения, а также связь между количеством отказов и долей болот различных типов (верховые, низинные).

Определение гидрографических характеристик заключалось в

определении протяжённости водотоков в пределах месторождения, общей озёрности и заболоченности его территории, абсолютного и относительного распространения болот верхового, переходного и низинного типов.

Корреляционный анализ применяется для определения изменения результативного показателя под воздействием одного или нескольких факторов. То есть корреляционный анализ позволяет определить, на сколько единиц изменяется величина результативного показателя при изменении факторного на единицу. С помощью корреляционного анализа можно установить относительную степень зависимости результативного показателя от каждого фактора.

Погрешность δ_r определения коэффициента корреляции:

$$\delta_r \approx \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}, \quad (1)$$

где N – объём выборки; связь между характеристиками принимается с учётом уровня значимости около 5% при выполнении условия:

$$|r| \geq 2 \delta_r \quad (2)$$

Еще одной частью методики исследования является ландшафтное районирование левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской области. Ландшафтное районирование территории проводится с целью выявления базовой геосистемы и выявления ее границ. Классификация ландшафтов основана на выделении таксономических единиц ландшафтов по сочетанию природных факторов их формирования. Тип ландшафта определяется по растительности. Классы ландшафтов соответствуют типам почв, роды – генетическому типу рельефа (преобладание денудации или аккумуляции), виды – группам рядов четвертичных отложений.

4.2 Оценка русловой деформации рек

Оценка русловых деформаций как фактора геоэкологического состояния водных объектов в районе размещения крупных нефтегазотранспортных систем

проводится на основе сравнения поперечных профилей речных русел, составленных в разные годы [63, 64].

Данный способ оценки деформаций сопряжен с целым рядом затруднений:

1) у большинства существующих способов необходима разновременная русловая съемка с интервалом не менее 5 лет на исследуемой реке или на реке-аналоге;

2) при проектировании объектов строительства на труднодоступных территориях таёжной, лесотундровой и тундровой зон Сибири данные русловых съёмок в разные годы (особенно с интервалом не менее 5 лет) обычно отсутствуют или не удовлетворяют требованиям по точности, установленным в [63];

3) трудоёмкость инженерно-гидрометеорологических изысканий и сложность или невозможность получения расчётных параметров в сжатые сроки, определяемые для изысканий и проектирования;

4) высокая степень неопределённости при измерении или расчёте параметров, используемых в косвенных способах оценки и прогноза плановых (горизонтальных) деформаций речных русел;

5) существенные отклонения расчётных значений русловых деформаций от измеренных значений, если способ применяется в другом районе, при условиях, отличающихся от тех, которые учитывались при разработке того или иного способа (например, при наличии торфяных берегов) [65].

В результате, основой методики, используемой в данной работе, является методика оценки и долгосрочного прогноза русловых деформаций гидрологически слабо изученных (или неизученных) равнинных рек таёжной зоны [66]. Методика основана на определении наибольших значений амплитуды изменения ширины и максимальной глубины потока при фиксированных уровнях воды. Её подробное описание приведено в [65-68].

В данной работе выполнено усовершенствование этой методики, в рамках которого предпринята попытка использования вместо максимальной

амплитуды среднего квадратического отклонения как статистически более обоснованной характеристики. При этом основной подход к оценке русловых деформаций заключается в следующем:

1) выбирается река-аналог или участок исследуемой реки, для которого имеется ряд измеренных значений уровней и расходов воды, ширины, средней и максимальной глубины потока, средней и максимальной скорости течения;

2) этот ряд разбивается на группы по фиксированным диапазонам изменения уровней воды (с учётом амплитуды их колебания; в данном случае принято 0,5 м);

3) для каждой группы рассчитывается среднее квадратическое отклонение для ширины и максимальной глубины потока;

4) максимальные значения среднего квадратического отклонения принимаются пропорциональными русловым деформациям (среднее квадратическое отклонение ширины соответствует плановой или горизонтальной деформации, а максимальной глубины – вертикальной деформации);

5) проводится анализ соответствия указанных величин и определяется коэффициент пропорциональности.

Методика исследования, описанная в данной работе, предлагается в качестве основы при сравнении альтернативных вариантов проектирования объектов нефтегазового комплекса в сложных природных условиях.

5 Анализ природных условий возникновения отказов в левобережной части бассейна Средней Оби в Томской области

Левобережная часть бассейна Средней Оби находится на территории южной тайги. Южная подзона тайги простирается с юга области вплоть до Среднего Васюгана. По растительности ландшафт данной территории относится к таежному лесному типу. Из растительности на данной территории преобладают темнохвойные таежные леса (пихта сибирская и кедр, с примесью ели) и смешанные леса с преобладанием пихты.

Класс ландшафтов определяется по типу почв. На территории исследуемого района преобладают болотно-подзолистые почвы. Основные типы почв в данном ландшафте – дерново-подзолистые, болотные, торфяные почвы.

По роду ландшафта данная территория относится к территории, на которой преобладает аккумуляция над выносом, т.е. низменные аккумулятивные равнины. Выделяются долины рек и водоразделы.

Вид ландшафта определяется по механическому составу подстилающих почвы горных пород. На данной территории преобладают песчаные и суглинистые породы.

Долина р. Оби сильно отличается от водосборных территорий. В пойме р. Оби и в низовьях ее более крупных притоков в южной подзоне тайги развиты луга. Ландшафт относится к пойменному типу ландшафтов. Класс ландшафта – подзолы и подзолистые почвы. Они являются зональными и развиты главным образом на суглинистых и песчаных породах. Род ландшафта долины р. Оби относится к низменному равнинному аккумулятивному. По механическому составу преобладают песчаные и суглинистые горные породы [30].

Ландшафтное районирование левобережной части бассейна Средней Оби приведено на рис. 6. На исследуемом участке выделяется 20 типов ландшафта (табл. 12). Схема ландшафтного районирования составлена на основе почвенной карты Томской области [69], карты минерально-сырьевых ресурсов Томской области [70], национального атласа России, том 1 [71].

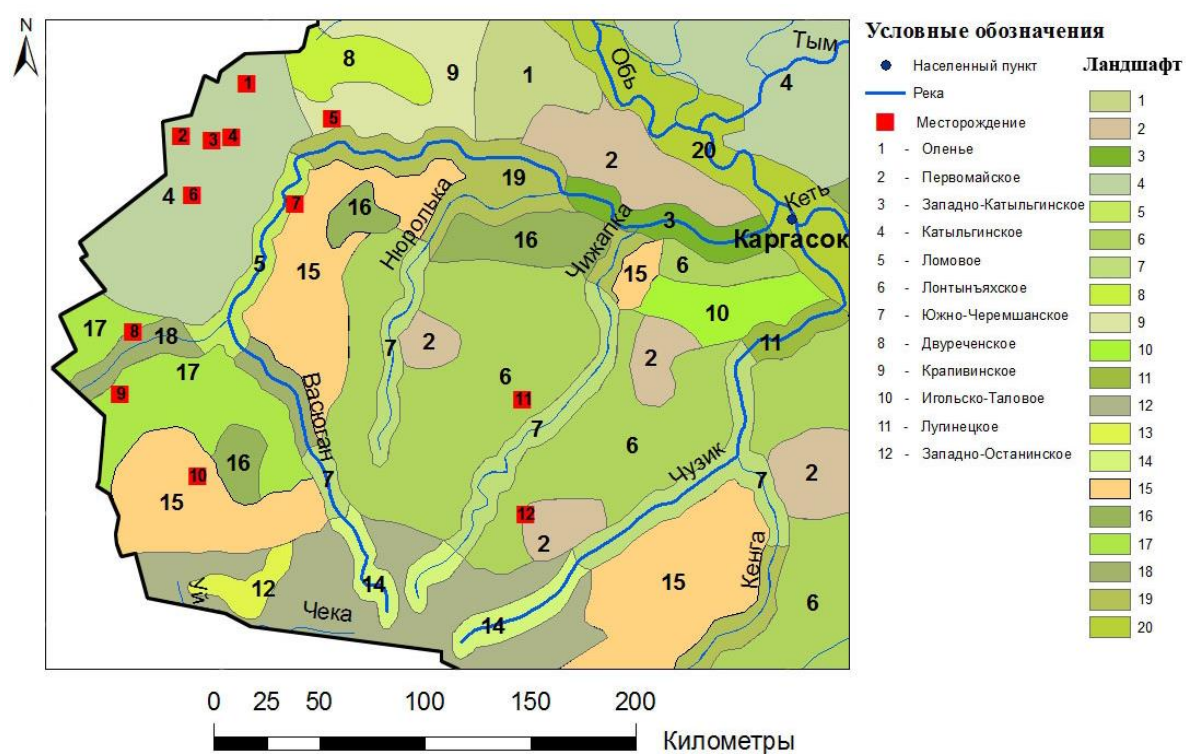


Рисунок 6 – Схема ландшафтного районирования [69; 70; 71]

Примечание: название ландшафтов № 1-20 приведено в таблице 12.

Таблица 12 – Классификация исследуемой территории по таксономическим единицам ландшафтов

№ ландшафта	Тип	Класс	Род	Площадь, км ²
1	Кедрово-еловые южнотаежные леса	торфяно-подзолистые оглеенные	водораздел	1875
2		торфяные	водораздел	2500
3		торфяные	долина реки	6000
4		смешанные	водораздел	9300
5		глеево-подзолистые	долина реки	1100
6		дерново-подзолистые	водораздел	15000
7		дерново-подзолистые	долина реки	6200
8	Лиственнично-сосновые среднетаежные леса	торфяные	водораздел	1200
9		торфяно-подзолистые оглеенные	водораздел	1800
10		дерново-подзолистые	водораздел	1200
11		дерново-подзолистые	долина реки	600

Продолжение таблицы 12

№ ландшафта	Тип	Класс	Род	Площадь, км ²
12	Осиново-березовые подтаежные леса	дерново-подзолистые	водораздел	7500
13		торфяные	водораздел	600
14		дерново-подзолистые	долина реки	1800
15	Елово-кедровые леса на болотах	дерново-подзолистые	водораздел	16200
16		торфяные	водораздел	3100
17		глеево-подзолистые	водораздел	4200
18		глеево-подзолистые	долина реки	1300
19		дерново-подзолистые	долина реки	4600
20	Пойменные леса, луга, кустарники	аллювиальные	долина р. Обь	6200

Ландшафтное районирование крупное, больше всего аварий происходит в заболоченных долинах малых рек, таких, как притоки рек Катыльга, Чертала и др., расположенных в ландшафте, соответствующем темнохвойным лесам на дерново-подзолистых и болотных почвах.

В результате анализа полученных результатов установлена связь количества отказов с морфометрическими характеристиками – площадью и периметром месторождений. Увеличение площади месторождений свидетельствует о повышении сложности нефтегазового комплекса, что, в свою очередь, повышает риск возникновения некатегорийных отказов.

Практически все изученные объекты расположены на территории со средней заболоченностью более 40 % (табл. 14), причём отмечается хорошо выраженная прямая связь между количеством отказов и долей низинных болот в общей заболоченности (табл. 13). Статистически значимая корреляция наблюдается с общей площадью и периметром месторождения, протяжённостью водотоков в его пределах.

В течение года наибольшее количество отказов приурочено к январю и июню (рис.7). В первом случае этот факт можно сопоставить с причинами,

связанными с нарушением технологической дисциплины [72], а во втором – с ухудшением состояния технических систем на спаде половодья, когда в наибольшей степени активизируются эрозионные процессы на фоне повышенного водного стока, неравномерного перераспределения твёрдого стока и ещё недостаточного развития растительного покрова.

Таблица 13 – Коэффициенты корреляции между количеством отказов, морфо- и гидрографическими характеристиками и погрешности их определения

Характеристика	Коэффициент корреляции r	Погрешность определения коэффициента корреляции δ_r
Площадь месторождения F_{oil} (км ²)	0,81	0,10
Периметр месторождения P_{oil} (км ²)	0,51	0,22
Протяжённость водотоков в пределах месторождения P_{wc} (км)	0,83	0,09
Площадь озёр F_l (км ²)	0,37	0,26
Площадь озёр F_l (% от площади месторождения)	-0,26	0,28
Площадь верховых болот F_{ob} (км ²)	0,46	0,24
Площадь верховых болот F_{ob} (%)	0,01	0,30
Площадь переходных болот F_{mb} (км ²)	0,41	0,25
Площадь переходных болот F_{mb} (%)	-0,06	0,30
Площадь низинных болот F_{eb} (км ²)	0,48	0,23
Площадь низинных болот F_{eb} (%)	0,64	0,18
Общая заболоченность территории месторождения (% от площади месторождения)	-0,03	0,30
Отношение протяжённости водотоков к общей площади месторождения P_{wc}/F_{oil} (1/км)	-0,03	0,30

Примечание: полужирным шрифтом выделены значения, удовлетворяющие условию $|r| \geq 2 \delta_r$, где r – коэффициент корреляции, δ_r – погрешность определения.

Таблица 14 – Морфометрические и гидрографические характеристики объектов исследования

Номер месторождения	Водосбор реки	Количество отказов за 2006–2012 гг.	F_{oil} , км ²	P_{oil} , км	P_{wc} , км	F_l , км ²	F_{ob} , км ²	F_{mb} , км ²	F_{eb} , км ²
1	Васюган	51	114,5	71,1	20,2	4,0	82,3	3,5	0,6
2	Васюган	33	52,2	31,1	8,3	2,3	16,2	7,0	0,0
3	Васюган	72	93,2	47,7	20,7	0,0	2,0	14,0	0,0
4	Васюган	187	174,5	112,3	29,6	7,5	95,5	15,3	0,0
5	Васюган	27	54,0	49,9	17,3	0,0	8,0	4,5	0,0
6	Васюган	6	10,6	19,5	1,9	0,5	0,8	3,4	0,0
7	Васюган	1	7,8	10,6	1,7	0,3	0,0	0,0	0,0
8	Васюган	7	85,3	70,5	13,5	0,7	30,5	12,3	4,4
9	Васюган	27	174,2	151,9	14,0	1,0	23,0	36,2	7,5
10	Васюган	149	338,9	138,6	19,5	0,8	62,0	26,0	56,0
11	Парабель	201	273,3	74,8	60,0	0,0	6,5	17,0	15,5
12	Парабель	32	24,0	26,0	0,0	2,0	23,4	0,0	0,0
Среднее		66	116,9	67,0	17,2	1,6	29,2	11,6	7,0
Минимум		1	7,8	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Максимум		201	338,9	151,9	60,0	7,5	95,5	36,2	56,0

Примечание: F_{oil} – площадь месторождения; P_{oil} – периметр месторождения; P_{wc} – протяжённость водотоков; F_l – площадь озёр; F_{ob} – площадь верховых болот; F_{mb} – площадь переходных болот; F_{eb} – площадь низинных болот.

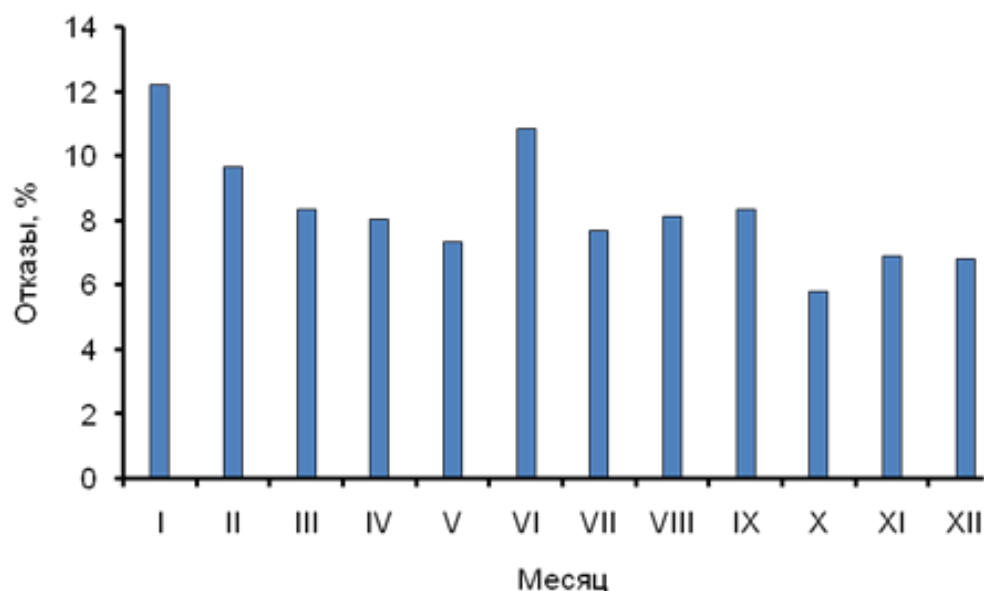


Рисунок 7 – Внутригодовое распределение суммарного количества отказов технических систем по объектам исследования за период с 2006 г. до 2012 г., % от годового количества

Дополнительным фактором усиления эрозионных и коррозионных процессов может быть неравномерное распределение водного стока по территории, обусловленное различиями в пропускной способности болотных (внутриболотных) и лесных экосистем. В районах размещения нефтегазодобывающих предприятий и объектов инфраструктуры этот эффект только усиливается [73, 74, 75].

Таким образом, выполненный анализ природных условий на территории Томской области позволил, во-первых, выявить статистически значимую прямую связь между количеством отказов технических систем на месторождениях указанного региона, с одной стороны, общей площадью и периметром месторождений, протяжённостью водотоков и распространением низинных болот, с другой. Во-вторых, сделан вывод о том, что если связь с размерами месторождения объясняется общим увеличением сложности природно-техногенного комплекса, то значимая корреляция с другими показателями указывает на наличие методологических проблем в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов обустройства нефтяных месторождений. В-третьих, сделано предположение, что для

уменьшения количества аварийных ситуаций в регионе целесообразно:

- 1) стремится к уменьшению числа переходов через водные объекты;
- 2) активизировать исследования с целью разработки новых методов оценки деформаций русел и берегов болотных рек и озёр, максимального, среднего и минимального водного и твёрдого стока с болот и внутри их;
- 3) разработать новые способы укрепления дна и берегов болотных рек и озёр и мелиорации болотных систем [76].

С учетом этого, в данной работе рассмотрен один из перечисленных выше вопросов – оценка русловых деформаций как фактора геоэкологического состояния водных объектов в районе размещения крупных нефтегазотранспортных систем на примере магистрального нефтепровода от с. Александровское в Томской области до г. Анжеро-Судженск в Кемеровской области, чему и посвящена следующая глава.

6 Оценка русловых деформаций равнинных рек

Исследуемая территория находится в нескольких природных зонах: северная часть территории вплоть до реки Васюган приурочена к зоне средней тайги, от реки Васюгана до реки Шегарки – южная тайга, далее к югу до г. Томска зона подтайги и юг исследуемой территории – лесостепь. Для территории характерно постоянное переформирование речных русел в легкоразмываемых грунтах. Причиной этого является отсутствие древесной растительности, избыточное увлажнение водосборов, выпадение осадков и затрудненный водосток. На севере исследуемой территории преобладает свободное и незавершенное меандрирование и пойменная многорукавность, в южной – развитие русловой многорукавности. Согласно [63], под свободным меандрированием понимают тип руслового процесса на равнинных реках, развивающийся в широких речных долинах, склоны которых не ограничивают свободное развитие горизонтальных деформаций. Незавершенное меандрирование отличается наличием спрямляющего протока излучин, возникает в сильно затапливаемых поймах во время половодья. Развитием данного типа руслового процесса является пойменная многорукавность, при которой спрямляются группы смежных излучин. Реки с русловой многорукавностью характеризуются интенсивным движением донных наносов в водотоке [63].

Для измерения и долгосрочного прогноза деформаций речных русел используются данные стандартных гидрометрических измерений. Гидрометрический створ обычно устанавливается на наименее деформируемом и наиболее прямолинейном участке реки [66].

Направленность и интенсивность вертикальных и горизонтальных деформаций зависит от природных особенностей территории и техногенных нагрузок на реки, в зависимости от сезонов года, цикла колебаний стока воды и наносов [77]. Физический смысл русловых деформаций заключается в нарушении баланса твердых наносов на определенных участках речного русла.

Увеличение расходов наносов способствует размыву русла, уменьшение приводит к их аккумуляции, то есть повышению отметок дна.

Стоит упомянуть о руслоформирующих расходах. Согласно [10], под этим термином понимается расход, который в течение некоторого промежутка времени оказывает наиболее существенное воздействие на русло реки. Всего выделяется три интервала руслоформирующих расходов: нижний, средний и верхний. Для рек исследуемой территории характерны нижний (при малой водности, затопляются микро- и мезоформы речного дна) и средний (соответствует уровню наполнения русла вровень с бровками) интервалы [78].

Согласно национальному атласу России [79], исследуемая территория находится в пределах нескольких зон устойчивости речных русел: реки Пур и Щучья обладают неустойчивыми и слабоустойчивыми руслами, русла рек в пределах Томской, северной части Кемеровской – слабоустойчивы.

В результате проведенного исследования была выполнена оценка стандартных отклонений ширины и глубины рек таежной и лесостепной зон Западной Сибири. Значения стандартных отклонений по всем диапазонам для каждой реки представлены в прил. Б. Максимальные значения отражены в табл. 15.

Таблица 15 – Максимальные средние квадратические отклонения на исследуемых реках

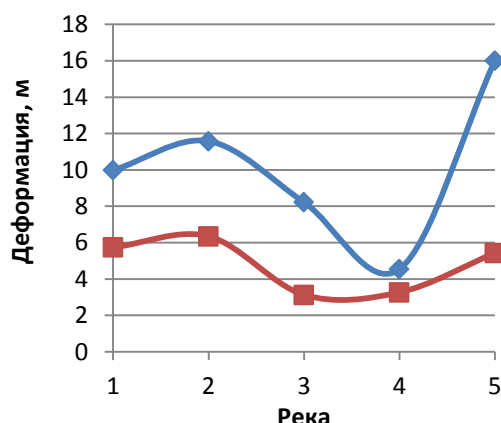
Река – пункт	Период наблюдений, лет	Уровень воды, см	$\sigma (B)$, м	Уровень воды, см	$\sigma (h_{\max})$, м
Щучья – Щучье	2	351-400	12,59	501-550	0,44
Парабель – Новиково	11	201-250	6,35	751-800	0,44
Васюган – Майск	13	901-950	3,27	401-450	0,31
Васюган – Средний Васюган	16	651-700	3,13	51-100	0,42
Васюган – Наунак	11	401-450	4,18	601-650	0,53
Кия – Окунеево	5	851-900	12,70	851-900	0,54
Кия – Мариинск	7	51-100	25,66	451-500	0,33
Яя – Яя	6	301-350	9,94	301-350	0,37
Яя – Семеновское	4	501-550	15,31	601-650	1,45
Яя – Усманка	3	-50-0	11,97	451-500	1,44
Шегарка – Бабарыкино	7	601-650	3,16	651-700	0,61
Шегарка – Пономаревка	5	351-400	5,97	301-350	0,30

Продолжение таблицы 15

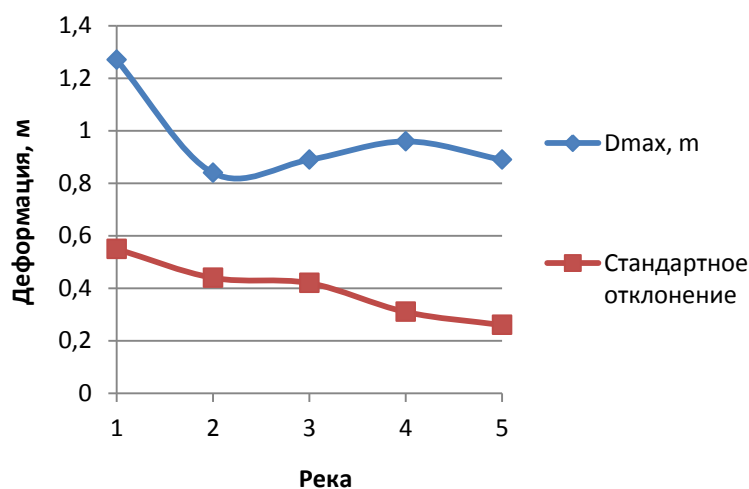
Река – пункт	Период наблюдений, лет	Уровень воды, см	σ (B), м	Уровень воды, см	σ ($h_{\max}$), м
Тым – Напас	5	601-650	33,07	501-550	2,32
Тым – Ванжиль-Кынак	4	101-150	5,43	551-600	0,26
Икса – Плотниково	3	401-450	4,80	451-500	0,43
Бакчар – Гореловка	2	151-200	1,65	451-500	0,31
Бердь – Маслянино	3	151-200	13,67	201-250	0,26
Чулым – Коммунарка	4	451-500	36,77	451-500	1,48
Кеть – Максимкин Яр	5	801-850	49,50	401-450	1,06
Горчак – Майск	2	301-350	2,12	351-400	0,40
Вячев – Мыльджино	2	101-150	1,20	151-200	0,26
Чая – Подгорное	15	51-100	5,74	201-250	0,55
Кенга – Центральный	11	701-750	7,42	751-800	1,26
Киргизка – Басандайка	3	351-400	6,01	501-550	0,30
Пяку-Пур – Тарко-Сале	7	601-650	61,25	801-850	1,35
Еркал-Надей-Пур – Халесавой	6	501-550	8,89	501-550	0,66
Нижний Сузун – Октябрьский	2	351-400	1,76	501-550	0,64
Лебяжья – Безменово	6	51-100	0,15	51-100	0,22
Ушайка – Степановка	3	101-150	10,73	51-100	0,36
Тяжин – Рубино	6	1-50	17,83	1-50	1,00
Тяжин – Ст.Тяжин	2	351-400	1,69	201-250	0,30
Бакса – Пихтовка	7	451-500	5,53	301-350	0,83
Бакса – Песочно-Горельская	3	351-400	7,17	501-550	0,16
Тоя – Петропавловка	5	251-300	15,44	201-250	0,49
Серта – Третьяково	3	451-500	4,73	451-500	0,40
Серта – Усть-Колба	5	251-300	8,92	251-300	1,42
Серта – Курск-Смоленка	3	301-350	14,08	351-400	0,31

Примечание: σ (B) – максимальное среднее квадратическое отклонение ширины потока, м; σ ($h_{\max}$) – максимальное среднее квадратическое отклонение максимальной глубины потока, м.

На рис. 8 отображен график сравнения максимальной амплитуды изменения ширины (А) и глубины (Б) потока от соответствующих средних квадратических отклонений.



А



Б

Рисунок 8 – Графики зависимости величины деформации от средних квадратических отклонений:

А – по ширине потока; Б – по максимальной глубине потока.

Примечание: 1 – Чая – с. Подгорное, 2 – Парабель – с. Новиково, 3 – Васюган – с. Средний Васюган, 4 – Васюган – пос. Майск, 5 – Тым – д. Ванжиль-Кынак.

Анализ полученных при этом материалов показал, что максимальное среднее квадратическое отклонение ширины потока составляет примерно 72,95 % от средней максимальной амплитуды изменения ширины потока, а максимальное среднее квадратическое отклонение максимальной глубины – 63,34 % от средней максимальной амплитуды изменения максимальной глубины потока.

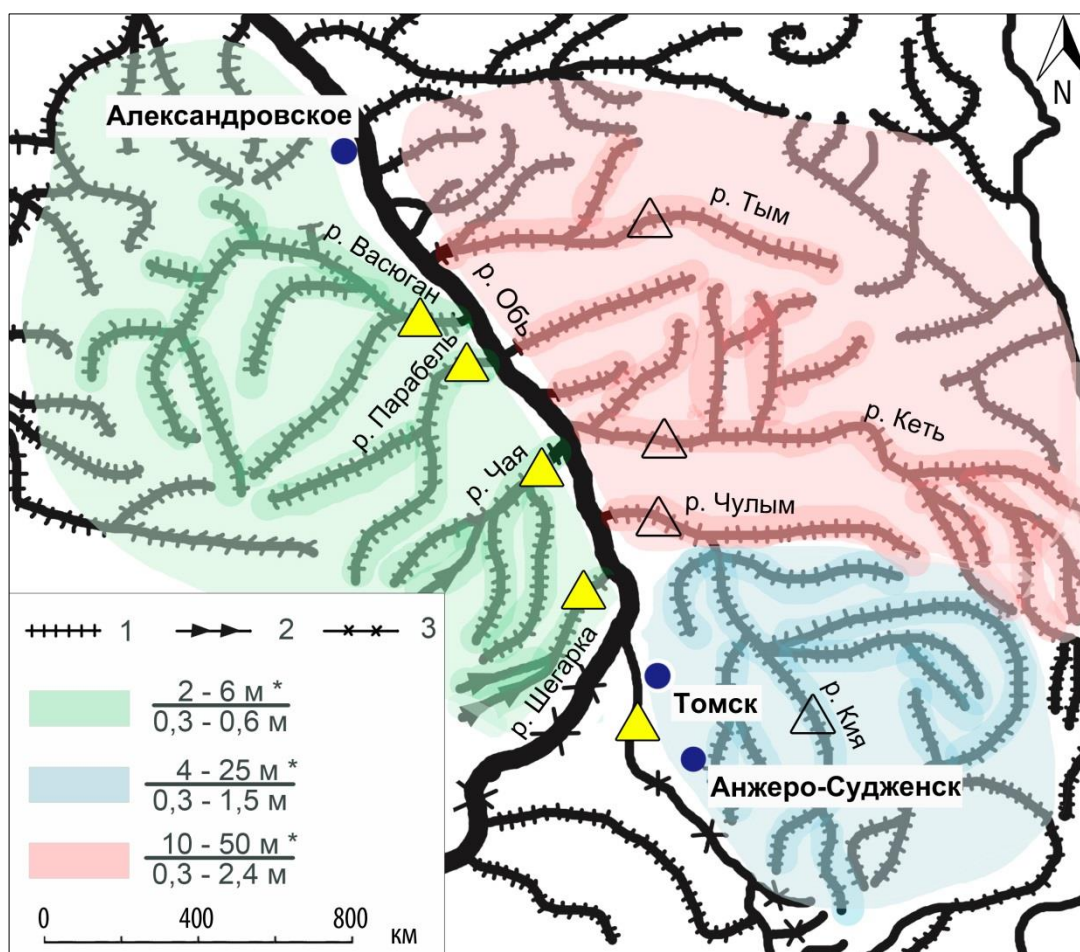


Рисунок 9 - Районирование исследуемой территории по величине русловой деформации [63]

▲ – река, пересекаемая трубопроводом, △ – река-аналог

Примечания: 1 – свободное меандрирование; 2 – ограниченное меандрирование; 3 – немеандрирующее русло.

Цвета выделены участки исследуемой территории, для которых характерны определенные диапазоны изменения максимального среднего квадратического отклонения ширины потока и глубины.

* – в верхней части дроби указан диапазон изменения максимального среднего квадратического отклонения ширины потока, в нижней – максимального среднего квадратического отклонения максимальной глубины потока.

На рис. 9 видно, что русловая деформация в левобережной части Оби в пределах Томской области ниже, чем на других участках исследуемой территории. Это объясняется преобладанием на поверхности суглинков, наименьшей интенсивностью водообмена, густой растительностью и высокой

заболоченностью, что ограничивает разрушающие процессы. Деформация русла возможна только в период половодья и его спада. Максимальное среднее квадратическое отклонение ширины потока составляет 2-6 м, максимальной глубины – 0,3-0,6 м. Правобережье Оби (реки Чулым, Тым, Кеть и др.) характеризуется наибольшими величинами русловой деформации. Причиной этому служат песчаные породы, слагающие русло, и повышенный водный сток с территории. Здесь максимальное среднее квадратическое отклонение ширины потока составляет 4-25 м, максимальной глубины – 0,3-1,5 м. Бассейны рек юго-восточной части исследуемой территории (реки Яя, Кия и др.) при повышенном водном стоке более устойчивы к размыву берегов, так как сложены трудноразмываемыми грунтами. Значение максимального среднего квадратического отклонения ширины потока – 10-50 м, максимальной глубины – 0,3-2,4 м.

Анализ результатов также показал, что наибольшие плановые и вертикальные деформации чаще приурочены к спаду половодья. С учётом этого для снижения риска аварий на нефтепроводе «Александровское – Анжеро-Судженск», связанных с плановыми деформациями, рекомендуется проводить осмотр берегов в весенне-летний период и укрепление берегов в диапазоне до 1 м БС для рек Чаи, Кии в г. Мариинск, Яи в д. Усманке, 2-4 м – для рек Парабель, Чулым, 4-7 м для Васюгана, Шегарки и т.д. В случае же предупреждения вертикальных деформаций целесообразно дополнительно проводить осмотр дна в осеннее время и углубление трубопровода на отметки, расположенные ниже приведённых в таблице значений (табл. 15).

При выборе створа подводного перехода следует принимать наиболее благоприятный по режиму русловых или береговых деформаций вариант, обеспечивающий наилучшие условия строительства и эксплуатации перехода [63].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2BM41	Ивановой Е. В.

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Инженерные изыскания в области природообустройства

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материально-технических, финансовых, информационных ресурсов для проведения инженерно-гидрологических изысканий.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	СБЦ на инженерные изыскания для строительства, письмо № 4688-ХМ/05 Минстроя России, ВСН 163-83, Постановление СМ СССР N 1072.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Расчет суммарных затрат на выполнение работ в составе инженерно-гидрографических изысканий.
5. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	План проведения гидрографических работ с целью оптимизации видов изыскательских работ.
6. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет суммарных затрат с целью оптимизации работ в составе инженерно-гидрографических изысканий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4 марта 2016 г.
--	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	к.э.н., доцент		4 марта 2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM41	Иванова Е. В.		4 марта 2016 г.

7 Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является определение стоимости изыскательских работ, необходимых для выбора наиболее подходящей территории строительства объектов нефтегазового комплекса. Работы включают в себя инженерно-гидрографические и инженерно-гидрометеорологические изыскания.

Исследуемая территория по сложности инженерно-геологических условий относится к III категории сложности [92]. Геологические процессы имеют широкое распространение и оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов. Заболоченность территории составляет более 20 % площади. Русла рек весьма извилисты, с протоками и старицами. Пойма заросшая, свыше 50 %. Скорость течения на отдельных реках достигает 1,5-2 метра и выше.

Полевые работы проводятся в течение года, то есть неблагоприятный период работ составляет 7,5 месяцев. Коэффициент 1,3, для полевых работ.

Районы Томской области, от Александровского до Чаинского, приравнены к районам Крайнего Севера (коэффициент 1,25).

Индекс изменения сметной стоимости изыскательских работ для строительства к справочникам базовых цен на инженерные изыскания к уровню цен по состоянию на 1991 г. составляет 44,50 [93].

Стоимость работ рассчитана на 1 км длины реки.

Для оценки фактических русловых деформаций и перестроений берегов водоемов на участке перехода следует пользоваться имеющимися картографическими и топографическими материалами, аэрофотосъемками, землеустроительными планами, материалами гидрометрических измерений, выполняемых на гидрологических постах, русловыми и береговыми съемками бассейновых управлений, материалами предыдущих изысканий проектных организаций [63].

При выборе створа подводного перехода следует принимать наиболее благоприятный по режиму русловых или береговых деформаций вариант, обеспечивающий наилучшие условия строительства и эксплуатации перехода [63].

Инженерные изыскания включают в себя предполевые, полевые и камеральные работы.

На предполевом этапе должны решаться следующие задачи:

- предварительный выбор участков расположения перехода на трассе трубопровода;
- сбор и анализ материалов картографической изученности;
- определение типа руслового процесса на предполагаемых участках расположения перехода через реку;
- предварительная качественная оценка характера глубинных и плановых деформаций русла и поймы, а также их количественных измерителей (при наличии необходимых материалов);
- сбор и анализ опубликованных данных по гидрологическому режиму реки на участке перехода;
- составление программы полевых изысканий.

Предполевой этап должен заканчиваться составлением обзорной схемы участка реки с указанием местоположения вариантов перехода, обозначением границ меженного русла, поймы, коренных берегов долины, выделением целостных морфологических образований и фрагментов русла (побочней, осередков, островов, перекатов, плёсовых лощин, затонов, протоков), нанесением средней Геометрической линии меженного русла и линии фарватера, обозначением хорошо опознаваемых ориентиров на местности, указанием расстояний до ближайших гидрологических постов, гидротехнических сооружений, мостов.

На основании анализа материалов, собранных в предполевой период изысканий, должна быть составлена краткая справка с инженерной оценкой района перехода, содержащая данные о гидрологическом режиме реки, типе

руслового процесса, возможном характере и предполагаемых темпах русловых деформаций, условиях судоходства.

На этапе полевых изысканий окончательно выбирают створы перехода, подготавливают исходные материалы для построения линии возможного размыва русла на расчетный срок эксплуатации трубопровода и выполняют приближенные расчеты заносимости подводных траншей в период строительства перехода.

При полевых изысканиях должны быть выполнены следующие работы:

- рекогносцировочное гидроморфологическое обследование участка реки в меженный период;
- наблюдения за уровнем воды и измерения расходов воды на временных постах;
- инженерно-геологическое обследование участка перехода;
- русловая съемка;
- взятие проб донных наносов на участке перехода;
- измерения поля поверхностных скоростей во время половодья и межени наземным или аэрогидрометрическим методами;
- измерения скорости потока на вертикалях по намеченным створам (во время половодья и межени);
- повторные промеры глубин русла по поперечникам и продольникам в различные фазы водного режима на подъеме, при прохождении пика и спаде половодья и паводков [63].

Камеральные работы включают анализ, обработку информации, картографические работы, расчет твердого стока наносов, дешифрирование космоснимков и др. Составляют прогноз глубинных и плановых деформаций русла на период эксплуатации перехода с построением проектного профиля возможного размыва русла, а также прогноз зависимости подводных траншей в период строительства.

Имеется два вида проектирования: одно- и двухстадийное.

Двухстадийное проектирование и детальные изыскания следует выполнять для переходов:

- на малоизученных участках рек шириной русла более 100 м;
- на реках шириной русла более 50 м, протекающих в районе Крайнего Севера и многолетней мерзлоты;
- на реках с подвижным малоустойчивым руслом, сложенным легкоразмываемыми грунтами;
- на участках многорукавных русел;
- на крупных реках шириной более 300 м.

При двухстадийном проектировании на стадии составления технического проекта должен быть выполнен полный комплекс инженерных изысканий, необходимых для выбора створа и построения профиля возможного размыва русла. На стадии составления рабочих чертежей должны быть закончены изыскания, требующие годичного цикла наблюдений: определены сезонные деформации, уточнены характеристики скоростного, уровня, ледового и руслового режимов для различных фаз водности.

При проведении полевых изысканий должны быть закреплены на местности точки планово-высотной магистрали и контрольные створы для наблюдения за характером и интенсивностью русловых деформаций в процессе эксплуатации перехода. Места расположения контрольных точек и створов должны быть указаны в проектной документации [63].

Перед началом проведения инженерно-гидрографических работ необходимо провести рекогносцировку исследуемой территории. Рекогносцировочные работы подразумевают предварительное обследование местности для проведения дальнейших работ. Полевые рекогносцировочные работы включают в себя осмотр участка изысканий, прилегающей территории, визуальную оценку рельефа, производство комплекса наблюдений по выбранному маршруту. Камеральные работы состоят из предварительного ознакомления по карте с районом работ, выбора направлений маршрутов, составления каталога точек обследований и схематической карты

обследованной территории, выделения участков для проведения более детальных исследований, оформления материалов в увязке с данными предполевого дешифрирования, составления пояснительной записки.

Создание планово-высотной съемочной сети включает полевые и камеральные работы. Цены в соответствии с [92] учитывают расходы по рекогносцировке участка, проложению теодолитных ходов, нивелированию, вычислению координат и высот точек планово-высотной съемочной сети, составлению каталога и схемы планово-высотной сети.

Комплексные инженерно-гидрографические изыскания включают в себя русловую съемку, нивелирование, промеры глубин и т. д.

Промеры глубин на реках включают в себя разбивку промерных профилей, промеры глубин с определением положения промерных точек прямыми засечками с берега двумя теодолитами, высотную привязку рабочих горизонтов воды, проверку и оформление полевых журналов.

Камеральные работы в этой части изысканий содержат вычисление высот рабочих горизонтов воды по профилям, обработку материалов промеров глубин с подготовкой ведомости срезки, составление плана русла или акватории с проведением горизонталей или изобат в карандаше, корректуре плана [92].

Гидроморфологические работы учитывают расходы по морфологическому обследованию элементов поймы и русла реки, русловых образований, растительности, русловых и пойменных отложений, установлению мест образования заторов, зажоров, заломов сплавляемой древесины и карчей, навалов льда на берега, характера и интенсивности русловых деформаций, зоны блуждания, мест возможных деформаций берегов и поймы, пойменных отложений, составлению плана течений по пойме и границ ее затопления, обследованию возраста береговых и пойменных валов, установлению меток высоких вод, весеннего ледохода, мест его прохождения; составлению ситуационной схемы по имеющимся картам и планам с учетом результатов полевого обследования.

В стоимость наземной фототопографической съемки включены расходы на выполнение как полевых, так и камеральных работ. Полевые работы состоят из закрепления фотостанций, контрольных пунктов, фотографирования местности, опознавания контрольных пунктов, дешифрирования контуров и досъемки мертвых зон, оформления полевых журналов. Камеральные работы включают в себя вычисление координат и высот фотостанций и контрольных пунктов, подготовку основ и снимков, рисовку рельефа и контуров и др. [92].

Кроме того, в состав инженерно-гидрографических работ входят составление сборных планов и карт с уменьшением масштаба плана и составление технического отчета.

Согласно [92], цены на составление технического отчета по гидрографическим работам устанавливаются в зависимости от стоимости полевых и камеральных работ. Стоимость полевых и камеральных работ составляет 422913,20 рубля, в связи с этим цена технического отчета – 222 500,00 рублей.

Транспортные расходы по внутреннему и внешнему транспорту. Первые связаны с перевозкой изыскателей, оборудования и материалов от места базирования изыскательской организации до участка изысканий и обратно, а также непосредственно на участке работ. Расходы по внешнему транспорту связаны с проездом работников и перевозкой изыскательского оборудования от постоянного местонахождения организации, выполняющей изыскательские работы, до исследуемого участка [92].

Расчет транспортных расходов производился исходя из следующих показателей: протяженность пути в км (в обе стороны, до наиболее удаленной точки исследуемой территории – с. Александровское), расход топлива автомобиля в расчете на 100 км пути, стоимость топлива (АИ-92), затраты на замену масла в двигателе автомобиля.

Стоимость транспортных расходов приведена в табл. 16. Суммарные расходы на транспорт составили 14574,38 рубля.

Таблица 16 – Транспортные расходы

Транспортные расходы	Протяженность пути, км.	Расход а/м, л/100 км.	Стоимость топлива, руб.	А/сервисные услуги, руб.	Итого, руб.
Внутренние	50	25	32,45	2000	405,625
Внешние	1500				14168,75
Итого:					14574,38

Затраты на амортизационные отчисления посчитаны согласно [94]. Норма амортизационных отчислений принимается для подвижного состава автомобильного транспорта грузоподъемностью до 0,5 тонн, согласно [94], и составляет 20 % от стоимости машины. Расчет амортизационных отчислений приведен в табл. 17.

Таблица 17 – Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость (руб.)	Норма амортизации (%)	Норма амортизации в год (руб.)	Норма амортизации в час (руб.)	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
«Chevrolet Niva»	620000	20	124000	14,2	1	8	113,2

Единичная сметная расценка, в которой представлены отдельные виды инженерно-гидрографических работ, предполагает включение в сметную стоимость человеческого труда. Как следствие, заработная плата персонала дополнительно не рассчитывается.

Расчет суммарных затрат на проведение инженерно-гидрографических работ приведен в табл. 18.

Таблица 18 – Сметная стоимость инженерно-гидрографических работ [63]

№ п/п	Наименование вида работ	Измеритель	Стоимость за единицу, руб.	Объем работ	Коэффициент сложности	Инфляционный индекс (с 1991 на 2016)	Сметная стоимость объема работ в текущих ценах, руб.
1.	Полевые работы						
1.1.	Рекогносцировочное обследование реки	1 км. реки	42	1	1,63	44,50	3037,13
1.2.	Создание планово-высотной сети для промеров глубин на реках при ширине реки до 800 м:	1 км. реки	216	1	1,63	44,50	15619,50
1.3.	Наблюдения на водомерном посту, гидрометрическом лотке, водосливе	1 месяц	185	12	1,63	44,50	160533,75
1.4.	Комплексные инженерно- гидрографические работы на реках с промерами, глубин и составлением плана в масштабе 1:2000 при ширине реки до 200 м	1 км. реки	1611	1	1,63	44,50	116495,44
1.5.	Гидроморфологические изыскания при ширине долины реки на участке пересечения до 1 км:	1 км. долины реки	354	1	1,63	44,50	25598,63
1.6.	Отбор проб донных отложений	1 проба	5	50	1,63	44,50	18078,13

Продолжение таблицы 18

№ п/п	Наименование вида работ	Измеритель	Стоимость за единицу, руб.	Объем работ	Коэффициент сложности	Инфляционный индекс (с 1991 на 2016)	Сметная стоимость объема работ в текущих ценах, руб.
1.7.	Определение скорости и направления течения	1 профиль	115	5	1,63	44,50	41579,69
1.8.	Наземная фототопографическая съемка с составлением плана в масштабе 1:500	1 га	198	0,01	1,63	44,50	143,18
	Итого:						381085,43
2.	Камеральные работы						
2.1.	Рекогносцировочное обследование реки	1 км. реки	14	1	1,25	44,50	778,75
2.2.	Создание планово-высотной сети для промеров глубин на реках при ширине реки до 800 м:	1 км. реки	3,2	1	1,25	44,50	178,00
2.3.	Наблюдения на водомерном посту, гидрометрическом лотке, водосливе	1 месяц	26	12	1,25	44,50	17355,00
2.4.	Комплексные инженерно-гидрографические работы на реках с промерами, глубин и составлением плана в масштабе 1:2000 при ширине реки до 200 м	1 км. реки	252	1	1,25	44,50	14017,50
2.5.	Определение скорости и направления течения	1 профиль	25	5	1,25	44,50	6953,13

Продолжение таблицы 18

№ п/п	Наименование вида работ	Измеритель	Стоимость за единицу, руб.	Объем работ	Коэффициент сложности	Инфляционный индекс (с 1991 на 2016)	Сметная стоимость объема работ в текущих ценах, руб.
2.6.	Наземная фототопографическая съемка с составлением плана в масштабе 1:500	1 га	176	0,01	1,25	44,50	97,90
2.7.	Составление сборных планов и карт с уменьшением масштаба плана с 1:500 к 1:1000	1 дм2 создаваемого плана	4,4	10	1,25	44,50	2447,50
	Итого:						41827,78
3.	Составление технического отчета	1 тех.отчет	4000	1	1,25	44,50	222500,00
	Суммарная стоимость изыскательских работ:						645413,20
4.	Транспортные расходы:						
	внутренние расходы						405,63
	внешние расходы						14168,75
	Итого транспорт:						14574,38
	Накладные расходы, 20 %						131997,52
	Итоговая сумма затрат						791985,09

Таким образом, ориентировочная стоимость инженерно-гидрографических изысканий для оценки русловых деформаций малых и средних рек юго-восточной части Западной Сибири составляет 791985,09 рубля.

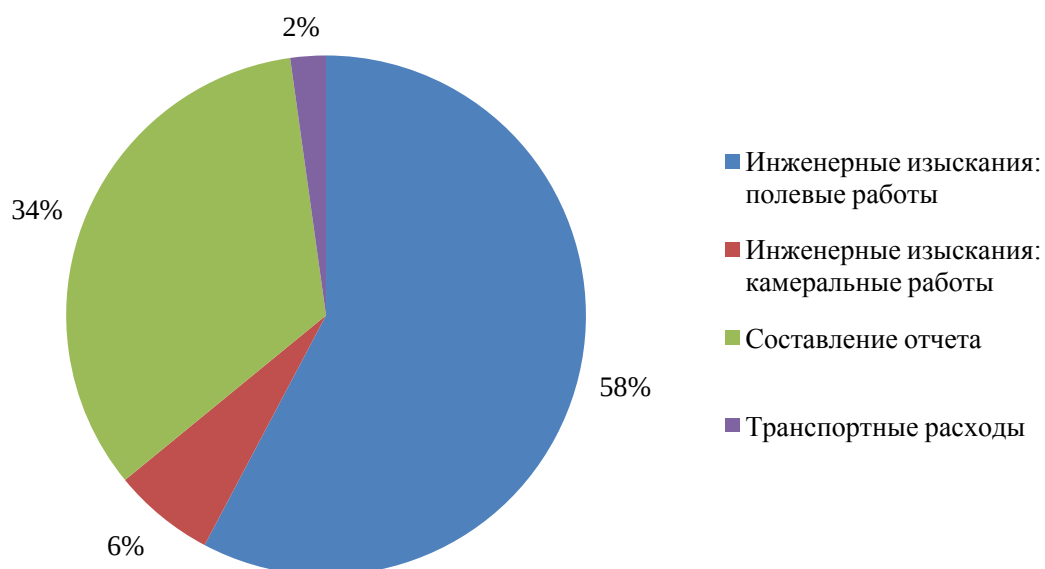


Рисунок 10 – Диаграмма структуры затрат на проведение изыскательских работ

Ресурсосбережение и ресурсоэффективность заключаются в оптимизации видов изыскательских работ, проводимых на участке исследования, с целью исключения излишних работ. Это позволит сократить расходы предприятия на проведение изыскательских работ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Ивановой Е. В.

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Русловые деформации равнинных рек в таежной зоне Западной Сибири как фактор возникновения аварий на нефтегазотранспортных системах
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	1.1. Вредные факторы на рабочем месте и мероприятия по их устранению; 1.2. Опасные факторы на рабочем месте.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны	2. Охрана окружающей среды при проектировании трубопровода.

– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проектировании трубопровода.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4 марта 2016 г.
--	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Асс. каф. ЭБЖ	Немцова О.А.			4 марта 2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Иванова Е. В.		4 марта 2016 г.

8 Социальная ответственность

Работа выполнена исключительно в камеральных условиях, т.е. проведены сбор и обработка необходимых данных, составление карт, таблиц и графиков с использованием персонального компьютера.

В соответствии со статьей 209 ТК РФ охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социальноэкономические, организационнотехнические, санитарногигиенические, лечебнопрофилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника. Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию. Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме [95].

Рабочее место находится в офисном помещении, работа проводится с использованием компьютера.

Условия труда являются оптимальными. Согласно [96] под оптимальными условиями труда (1 класс) понимаются условия, при которых сохраняется здоровье работника, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Вредными производственными факторами, действующими на пользователя персональным компьютером, являются: повышенная ионизация воздуха, повышенный уровень статического электричества, электромагнитных излучений, повышенная напряженность электрического

поля, контрастность и пульсация светового потока, повышенный уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации, повышенный уровень шума и вибрации и нервно-эмоциональная напряженность [97].

Психофизиологическим опасным фактором являются нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение зрения) [98]. Химические и биологические факторы внешнего воздействия на рабочем месте отсутствуют.

8.1 Анализ вредных и опасных факторов и мероприятия по их устранению

8.1.1 Вредные факторы на рабочем месте

Вредными факторами на рабочем месте являются метеоусловия, освещение, шумы, электромагнитные поля.

Метеоусловия. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей [98].

Источником теплоты является ПК и вспомогательное оборудование, приборы освещения. Перечисленные параметры оказывают влияние на функциональную деятельность человека, на надежность работы средств вычислительной техники.

На рабочем месте пользователя персональным компьютером должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96. Согласно этому документу для категории тяжести работ 1а температура воздуха должна быть в холодный период года не более 22-24 °С, в теплый период года 20-25 °С. Относительная влажность должна составлять 40-60 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с. Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления и кондиционирования воздуха. Для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха с дистиллированной или кипяченой питьевой водой [99].

Микроклимат офисного помещения соответствует нормативным требованиям [99], в помещении поддерживается необходимая температура и влажность воздуха.

Освещение. Освещение рабочего помещения является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения работника и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность во время работы.

Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами СНиП 23-05-95 [100]. Для производственных помещений характерна зрительная зона средней точности, размер объекта размещения составляет свыше 0,5 мм. Нормы КЕО для верхнего или комбинированного освещения равны 4 %, для бокового – 1,5 %. Искусственная освещенность составляет 300 лк.

Рабочее место оператора расположено таким образом, что оконный проем находится слева по отношению к нему. Окно снабжено светорассеивающими шторами. Монитор, клавиатура находятся непосредственно перед работающим.

Освещение рабочего помещения не в полной мере соответствует нормативным требованиям [101]. Для доведения освещения до нормативного в помещении необходимо добавить 2 лампы типа ЛБ мощностью 125 Вт.

Электромагнитные излучения. Персональные компьютеры являются источниками широкополосных электромагнитных излучений, которые, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной серьезных заболеваний.

Электромагнитные волны – это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей. Совокупность этих полей называется электромагнитным полем. Источником электромагнитных полей в здании являются бытовые электроприборы (компьютеры, микроволновые печи и др.) [101].

Время допустимого пребывания человека в контролируемой зоне регламентируется ГОСТ 12.1.002–84 [102], предельно допустимые уровни ионизирующего облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТ 12.1.006-84 [103].

Нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне составляет: $T = 50/E - 2$. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов [104].

Предельно допустимая напряженность магнитного поля в диапазоне частот 0,06 – 3,0 МГц должна составлять $H_{пд} = 50$ А/м., предельно допустимая энергетическая нагрузка на рабочий день 200 А/м².

Основными методами защиты от электромагнитных излучений являются рациональное размещение излучающих объектов, ограничение места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле, защита расстоянием, т.е. удаление рабочего места от источника излучений.

Воздействие электромагнитных полей в помещении соответствует нормативным требованиям [102, 103], продолжение работы за ПК составляет менее 8 часов в сутки.

Шум. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Шум способен увеличивать содержание в крови таких гормонов стресса, как кортизол, адреналин и норадреналин.

Источниками шума на рабочем месте являются персональный компьютер, офисная техника для работы с документами (принтер, копировальный аппарат, шредер и др.).

Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляют не более 50 дБА [105].

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения.

Шумовое воздействие в офисном помещении соответствует нормативным требованиям [105].

8.1.2 Опасные факторы на рабочем месте

Электрический ток и статическое электричество. Работа проводилась с использованием портативного персонального компьютера, в корпусе которого объединены типичные компоненты ПК. Поэтому необходимо обеспечить электробезопасность (система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества) [106].

В данном случае существует опасность электрического поражения в следующих случаях: при непосредственном соприкосновении с токоведущими частями во время ремонта ПК; при соприкосновении с токоведущими частями, оказавшимися под напряжением; при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Имеется опасность короткого замыкания.

Безопасность при работе с электроустановками регламентирована ГОСТ 12.1.019 [106], правилами эксплуатации электроустановок [107], ГОСТ 12.1.030-81 [108], ГОСТ 12.1.038–82 [109]. Гигиенические требования к ПК при активном рабочем состоянии эксплуатации должны соответствовать стандартам ССБТ и нормативам ГОСТ 50948-98 [110], ГОСТ 50923-96 [111], СанПиН 2.2.2.542-96 [112].

Площадь на одно рабочее место с компьютером для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м^2 , а объем не менее 20 м^3 .

Наиболее простыми и достаточно эффективными средствами защиты являются заземление или зануление. В здании система питания осуществляется через трехфазное напряжение с глухо-заземленной нейтралью, существует контур заземления.

Перед началом работы необходимо проверить исправность заземления, включить рубильник, электрическое питание компьютера, на котором планируется выполнение работы. Оборудование должно иметь изоляцию токопроводящих частей.

Пожаровзрывобезопасность. Пожарная и взрывная безопасность – система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов [98].

Современные ПК характеризуются высокой плотностью размещения элементов электронных схем. Соединительные провода и коммутационные кабели располагаются в непосредственной близости друг от друга. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до $80\text{-}100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [106]. Это может привести к плавлению изолирующего материала соединительных проводов, их оголение, короткое замыкание, сопровождающееся выделением искры. Это приводит к недопустимым перегрузкам элементов электронных схем.

Пожарная безопасность в помещении регламентируется [113, 114].

Для отвода избыточной теплоты в ПК существуют системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов. По взрывопожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д [98, 115]. Рабочая зона относится к категории Д.

Основные средства пожаротушения электроустановок под напряжением являются хладоны, порошки, диоксид углерода.

Пожарный датчик, расположенный в помещении, реагирует на появление дыма (дымовой извещатель).

Для предотвращения распространения огня во время пожара необходимо устраивать противопожарные преграды в виде противопожарных стен, перегородок, перекрытий, дверей, окон и др.

8.2 Охрана окружающей среды при проектировании трубопровода

Охрана окружающей среды заключается в соблюдении нормативных требований при проектировании трубопровода в сложных природных условиях – высокой заболоченности и густой гидрографической сети.

Прокладку трубопроводов на болотах и обводненных участках следует производить преимущественно в зимнее время после замерзания верхнего торфяного покрова. Для устройства основания и засыпки наземного трубопровода запрещается использовать мерзлый грунт с комьями размером более 50 мм в поперечнике. На участках с глубоким промерзанием болота работы должны выполняться с предварительным рыхлением мерзлого слоя.

При переходах через водные объекты следует выбирать прямолинейные устойчивые участки с пологими неразмываемыми берегами русла при минимальной ширине поймы. Переходы на перекатах не допускаются.

При проектировании трубопровода через водные объекты возможно следующее негативное воздействие на окружающую среду:

- химическое загрязнение почв, грунтов и водных объектов, а также атмосферного воздуха;
- физическое нарушение грунтов, русловые деформации рек;
- нарушение температурного режима водного объекта и т.д.

Строительство и эксплуатация объектов транспортировки нефти и газа, расположенных в акваториях водных объектов, допускаются при

наличии положительных заключений государственной экологической экспертизы, государственной экспертизы проектной документации и иных установленных законодательством государственных экспертиз [116].

При переходах через водные объекты следует выбирать прямолинейные устойчивые участки с пологими неразмываемыми берегами русла при минимальной ширине поймы. Переходы на перекатах не допускаются.

Прокладка подводных переходов должна предусматриваться с заглублением в дно пересекаемых водных преград. Величина заглубления устанавливается с учетом возможных деформаций русла и перспективных дноуглубительных работ.

Профиль трассы трубопровода принимается с учетом допустимого радиуса изгиба трубопровода, рельефа русла реки и расчетной деформации, а также геологического строения русла, способа укладки подводного трубопровода [56]. Кривые искусственного гнутья в русловой части переходов предусматриваются в особо сложных топографических и геологических условиях. Сварные отводы в русловой части не рекомендуются. Проектом должны предусматриваться мероприятия по укреплению берегов в местах переходов.

Если нефтепровод пересекает водный объект шириной до 100 м, предусматривается укладка трубопровода в несущем кожухе-балке, с уклоном до 10 %, чтобы предотвратить сползание трубы.

Для снижения риска аварий необходима организация постоянных наблюдений за состоянием нефтепровода.

Согласно [54], перед разработкой траншей на подводных переходах необходимо проверять и закреплять проектные створы и реперы, измерять глубины водотока и определять соответствие фактического профиля дна реки проектному, выполнять обследование участка реки на проектную ширину подводной траншеи.

Укладка трубопроводов не допускается во время паводков, весеннего ледохода и осеннего ледостава.

Для предотвращения загрязнения водоемов, для охраны вод и рыбных ресурсов на переходах через водные объекты необходимо предусматривать мероприятия по защите в пределах русловой и пойменной части. Виды и объем работ зависит от типа трубопровода, сложности природных условий и гидрологических характеристик водного объекта.

Должны предусматриваться эффективные меры по очистке и обезвреживанию отходов производства и сбора нефтяного (попутного) газа и минерализованной воды, а также должны предусматриваться эффективные меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Необходимо предусматривать эффективные меры по возмещению вреда окружающей среде, причиненного в процессе строительства и эксплуатации указанных объектов. Предприятие должно иметь проекты восстановления загрязненных земель в зонах временного и постоянного использования земель [116].

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В зависимости от вида трубопровода аварии на нефтепроводах могут возникнуть как на поверхности земли, так и под землей, на дне водоемов и водотоков. В сложных природных условиях количество аварий резко возрастает.

Под чрезвычайной ситуацией в данном случае понимается авария на магистральном нефтепроводе, повлекшая за собой загрязнение водоемов и водотоков.

Согласно [53], опасными зонами на трубопроводе являются зазоры, щели и царапины. В них может происходить концентрирование рабочего раствора, нарушаться аэрация, что неизбежно приведет к развитию местной коррозии. Для внутренней коррозии характерна высокая скорость разрушения.

К естественным препятствиям относятся реки, водохранилища, озера, болота и т.д. В левобережной части бассейна Средней Оби в пределах Томской области значительное количество нефтепроводов проходит по болотистой местности. Протяженность участков болот, по которым проходят нефтепроводы, составляет десятки и сотни метров, а в отдельных случаях – десятки километров.

Для снижения вероятности возникновения аварии необходимо учитывать гидролого-морфологические характеристики водотока и его изменение в течение срока эксплуатации подводного перехода.

При получении сообщения об аварии на нефтепроводе оператор должен сообщить об этом диспетчеру районного диспетчерского пункта и начальнику линейно-производственной диспетчерской станции. Предприятие обязано уведомить территориальный орган Госгортехнадзора.

Работы по организации ликвидации аварий должны проводиться в соответствии с разработанными Планами ликвидации возможных аварий (ПЛА) для объектов магистрального нефтепровода, расчетная продолжительность выполнения работ по ликвидации аварий не должна превышать 80 ч. в обычных условиях, с увеличением на 30-50 % для болотистых трасс.

Для оперативного руководства аварийно-восстановительными работами должен быть создан штаб ликвидации аварии.

Работы по ликвидации аварий должен возглавлять генеральный директор или главный инженер организации, кому принадлежит нефтепровод.

Ответственный руководитель по ликвидации аварии обязан:

- срочно прибыть к месту аварии;
- организовать связь с районным диспетчерским пунктом;
- уточнить характер аварии и определить возможный объем стока нефти;
- принять меры, исключающие возможность попадания нефти на территорию населенных пунктов, в водоемы, на автомобильные и железные дороги;

- принять меры по предотвращению возможности возгорания разлитой нефти;
- организовать сбор вытекшей нефти;
- определить способ опорожнения дефектного участка нефтепровода от нефти;
- принять решение о способе ликвидации аварии применительно к конкретным условиям;
- в соответствии с принятым способом ликвидации аварии организовать прибытие на место аварии необходимого количества аварийных бригад, техники и технических средств, средств связи для обеспечения непрерывной работы по ликвидации аварии, принять меры по оповещению населения и подключению дополнительных средств ремонта;
- назначить своего заместителя, связных и ответственного за ведение оперативного журнала, а также других ответственных лиц, в соответствии с конкретной сложившейся обстановкой;
- организовать каждые три часа письменное сообщение о ходе работ по устранению аварии;
- организовать размещение бригад, обеспечить их отдых и питание;
- после завершения сварочно-монтажных работ по ликвидации аварии, при положительных результатах контроля сварных соединений, сообщить телефонограммой диспетчеру об окончании работ и готовности нефтепровода к заполнению нефтью и возобновлению перекачки;
- укомплектовать группы, назначить ответственных по открытию линейных задвижек;
- проконтролировать визуально герметичность отремонтированного участка, сварных швов и других технологических соединений после пуска нефтепровода и достижения в нем рабочего давления, доложить о состоянии участка диспетчеру;
- организовать оформление исполнительно-технической документации на выполненный ремонт нефтепровода;

- организовать устранения последствий аварий и сдачу землевладельцам и инспектирующим органам очищенные территории и водоемы [117].

Ликвидация аварий нефтепровода может быть выполнена методами постоянного или временного ремонта.

К постоянным методам относится вырезка катушки или участка нефтепровода с повреждением и вварка новой катушки или секции трубы,.

В качестве временного метода аварийного ремонта могут быть применены на срок не более одного месяца установка необходимой приварной муфты, муфты с коническими переходами, галтельные муфты, с обязательной последующей заменой их с применением методов постоянного ремонта [117].

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проектировании трубопровода

Правовые вопросы обеспечения безопасности включают в себя использование нормативных документов в области безопасности проектируемой рабочей зоны и района проектирования магистрального трубопровода. Работа на ПК регламентируется ГОСТ Р 50923-96 [111], СанПиН 2.2.2.542-96 [112]. Оптимальные параметры микроклимата в рабочем помещении определяются в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96 [98]. Безопасность при строительстве и эксплуатации нефтепровода регламентируется СНиП 111-42-80*, СНиП 2.05.06-85*, СП 34-116-97 [54; 55; 56].

Заключение

В результате анализа природных условий на территории Томской области установлены статистически значимые зависимости между количеством отказов, размерами нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений, протяжённостью речной сети и заболоченностью в их пределах. Выявлено увеличение количества отказов в июне, предположительно связанное с активизацией гидрологических и экзогенных геологических процессов и превышением проектных нагрузок и воздействий на технические системы. В связи с чем главной целью данной работы стала оценка русловых деформаций рек в юго-восточной части Западной Сибири и выявление их роли в аварийности на нефтегазотранспортных системах. Методика исследования была составлена сотрудниками кафедры Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Национального исследовательского Томского политехнического университета [66]. Методика осложнена тем, что максимальная амплитуда изменений параметров зависит от качества измерений. Поэтому в данной работе методика модифицирована: вместо амплитуды изменений проводилась оценка средних квадратических отклонений ширины и максимальной глубины потока.

В результате проделанной работы проведена оценка деформаций русел рек в юго-восточной части Западной Сибири. Анализ стандартных отклонений ширины и глубины рек показал, что максимальное среднее квадратическое отклонение ширины потока составляет примерно 74,98 % от средней максимальной амплитуды изменения ширины потока, а максимальное среднее квадратическое отклонение максимальной глубины – 63,58 % от средней максимальной амплитуды изменения максимальной глубины потока.

Районирование исследуемой территории по величине русловой деформации показало, что максимальный размыв русла наблюдается на

правобережье реки Оби в пределах таежной зоны. Деформация ограничена на таких реках, как Васюган, Парабель, Чая, Шегарка. Это объясняется преобладанием на поверхности суглинков, наименьшей интенсивностью водообмена, высокой заболоченностью. Деформация русла здесь возможна только в период половодья и его спада. Бассейны рек лесостепной части исследуемой территории (реки Яя, Кия и др.) при повышенном водном стоке более устойчивы к размыву берегов, так как сложены трудноразмываемыми грунтами.

Анализ полученных результатов также показал, что наибольшие плановые и вертикальные деформации, в основном, приурочены к спаду половодья. С учётом этого для снижения риска аварий на нефтепроводе «Александровское – Анжеро-Судженск», связанных с плановыми деформациями, рекомендуется проводить осмотр берегов в весенне-летний период и их укрепление. Что касается предупреждения вертикальных деформаций, целесообразно дополнительно проводить осмотр дна в осеннее время и углубление трубопровода на различные для каждой реки отметки.

Личный вклад автора состоял в проведении общего анализа и предложении связать риск возникновения отказов на нефтегазотранспортных системах Западной Сибири с природными условиями территории. Впервые влияние природных факторов представлено в количественном выражении. Более подробно раскрыт один из вопросов – оценка русловых деформаций малых и средних рек юго-восточной части Западной Сибири.

Результаты проведенных работ опубликованы в [67, 68, 74-76].

Список публикаций автора

1. Иванова Е. В. Влияние ландшафтно-геоморфологических условий на формирование химического состава озер Хакасии // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы: в 2 т., Томск, 1-6 Апреля 2013. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 533-534;
2. Савичев О.Г., Паромов С.В., Иванова Е.В. Влияние природных условий на аварийность производственных объектов нефтегазодобывающего комплекса Томской области// «Нефтегазовое дело». – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014 - т. 12, № 3, С. 155-160;
3. Иванова Е.В. Природные факторы аварий в нефтегазовом комплексе в бассейнах рек Васюгана и Парабели (Томская область)// VII Всероссийская научная студенческая конференция с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в успешное будущее» - Томск: Изд-во ТПУ, 2014;
4. Иванова Е.В. Русловые деформации реки Кия (Западная Сибирь)// IX Международный научный симпозиум имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» - Томск: Изд-во ТПУ, 2015;
5. Иванова Е.В. Природные факторы аварий в нефтегазовом комплексе в бассейнах рек Васюгана и Парабели (Томская область)// VII научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов ООО «Газпром трансгаз Томск» - Томск: , 2015 – Т. 2 – С. 94-98;
6. Savichev O. G., Matveenko I. A., Bazanov V. A., Ivanova Ye. V. Spatial-Temporal Regularities in Changing Chemical Composition of Bog Waters in Taiga Zone of Western Siberia» («Пространственно-временные

- закономерности изменения химического состава болотных вод Западной Сибири») // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2015;
7. Savichev O. G., Reshetko M. V., Matveenko I. A., Ivanova Ye. V. Evaluation of plain river channel deformation in the absence of observation data // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2015. Vol. 6;
8. Иванова Е.В. Исследование деформации речных русел как фактора аварийности на нефтегазотранспортных системах Западной Сибири на примере реки Кия// Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии». - Томск: Изд-во ТПУ, 2015.
9. Иванова Е.В. Русловые деформации как фактор геоэкологического состояния рек на участках переходов магистрального трубопровода «Александровское – Анжеро-Судженск» // XX Международный симпозиум им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд-во ТПУ, 2016.

Список используемых источников

1. ГОСТ 27.002 – 89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1990-07-01. – М., 1990. - 38 с.
2. Парфенов А.В, Чухарева Н.В., Громаков Е.И., Тихонова Т.В. Определение факторов аварийности газоперекачивающих агрегатов на примере эксплуатации компрессорных станций западно-сибирского региона [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело. 2013 № 03. С. 374-385. – Режим доступа:
http://www.ogbus.ru/authors/ParfenovAV/ParfenovAV_1.pdf.
3. Хейлор Монд, Ки Пэк. Исследование характеристик прогрессирующей коррозии оффшорных труб подводных нефтяных скважин. // Наука коррозии. – 2013. - № 67. – С. 130-141.
4. Ильман М.Н. Анализ внутренней коррозии в придонных нефтепроводах. // Практические исследования анализа инженерных дефектов – 2013. – Том 2, вып. 1. – С. 1-8.
5. Мервин Фингес. Наука и техника разливов нефти. – Берлингтон, США: Гольф, 2010. – 1156 с.
6. Чухарева Н.В., Ревазов А.М. и др. Анализ причин аварийных и чрезвычайных ситуаций на объектах магистрального трубопроводного транспорта углеводородов при длительной эксплуатации в условиях Крайнего Севера // Нефтегазовое дело. – 2011. - №3. – С. 231-243.
7. Сунагатов М.Ф., Гумеров К.М. Человеческий фактор в нефтегазовой отрасли // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2009. - №3 (77). – С. 86-92.
8. Кадакин В.П. Контроль коррозионного состояния магистральных нефтепроводов на основе внутритрубной диагностики // Территория Нефтегаз. – 2008. - №10. – С. 32-43.
9. Хомяков П.М. Влияние глобальных изменений климата на функционирование экономики и здоровье населения России / Хомяков П.М. и др. - М.: ЛЕНАНД, 2005. - 424 с.

10. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 347 с.
11. Маккавеев Н. И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971. – 116 с.
12. Попов И. В. Методические основы исследований руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 208 с.
13. ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения. Дата введения 01.01.1975. Переиздание август 1988 г. – М.: Госстандарт СССР, 1988. – 47 с.
14. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Морфодинамика речных русел. Том 2. М.: Изд-во Красандр, 2011. – 942 с.
15. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Экологическое русловедение. М.: Изд-во ГЕОС, 2000. – 321 с.
16. Чалов Р. С. Показатели устойчивости русла, их использование для оценки интенсивности русловых деформаций и пути совершенствования // Динамика русловых потоков. Л.: ЛПИ. 1983. С. 46-53.
17. Чалов Р. С. Выработанный продольный профиль и направленные вертикальные деформации речных русел // Геоморфология. 1995. № 3. С. 72-29.
18. Чалов Р. С. Почему размываются берега рек // Науки о Земле. 2000. Т. 6. № 2. С. 99-106.
19. Fryirs, Kirstie A. Brierley, Gary J. Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape. - Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell. 2013.
20. Robert, Andre RIVER PROCESSES: An Introduction to Fluvial Dynamics. - London : Routledge. 2014.

21. Molina, Daniel A. River Channels: Types, Dynamics and Changes. - In Earth Sciences in the 21st Century. New York : Nova Science Publishers, Inc. 2012.
22. Земля каргасокская: Сборник научно-популярных очерков/ Отв. ред. Я. Л. Яковлев. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996. — 344 с.
23. Официальный электронный портал Администрации Томской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://tomsk.gov.ru/ru/spravka-o-regione/goroda-i-rayony/kargasokskiy-rayon#nature_resources.
24. Официальный электронный портал Администрации Кемеровской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ako.ru/default.asp>.
25. Гудымович С.С. Г 93 Геологическое строение окрестностей г.Томска (территории прохождения геологической практики): учебное пособие / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 84 с.
26. Геология СССР том 14. Геологическое описание. Западная Сибирь. Часть I. — М.: Недра, 1967. — 664 с.
27. СП 131.13330.2012 Строительная климатология: нормативно-технический материал. — Москва, 2012. - 109 с.
28. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 20. — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. — 717 с.
29. Герасько Л.И., Пашнева Г.Е. Почвы Томского Приобья / / Генезис и свойства почв Томского Приобья. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1980.- С.32-83.
30. Евсеева Н.С. География Томской области (Природные условия и ресурсы). — Томск: Изд-во Томского ун-та, 2001. — 223 с.
31. Соловьев, Л. И. Беседы по краеведению Кузбасса: учебное пособие/Л. И. Соловьёв. — Кемерово: Изд-во КРИПКиПРО, 2010. — 391с.

32. Красная книга Томской области / Ответственный редактор — А. С. Ревушкин. — Томск: Издательство Томского Университета, 2002. — 402 с.
33. Красная книга Кемеровской области: Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. 2-е изд-е, перераб. и дополн. — Кемерово: «Азия принт», 2012. — 208 с.
34. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. и др. Природообустройство. Учебник. — М.: Колосс, 2008. — 552 с.
35. ГОСТ 17.8.1.01-86. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения. Дата введения 01.07.87 г. — М.: Госстандарт СССР. — 6 с.
36. Непряхин Е. М. Почвы Томской области. - Томск: Изд-во Томского государственного ун-та, 1977.- 440 с.
37. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. — Новосибирск: Наука, 1975. — 299 с.
38. Ресурсы поверхностных вод СССР том 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2 Средняя Обь. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. — 408 с.
39. Льготин В.А., Савичев О.Г., Нигороженко В.Я. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2000-2005 гг. — Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2006. — 88 с.
40. Савичев О. Г. Реки Томской области: состояние, охрана и использование. - Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 203 с.
41. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / 2-е изд., под редакцией чл.-корр. Л.И. Инишевой. —Томск: ЦНТИ, 2003, - 181 с.
42. Savichev O. G., Matveenko I. A., Bazanov V. A., Ivanova Ye. V. Spatial-Temporal Regularities in Changing Chemical Composition of Bog Waters in Taiga Zone of Western Siberia» («Пространственно-временные

- закономерности изменения химического состава болотных вод Западной Сибири») // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2015;
43. Земскова И.М., Смоленцев Ю.К. и др. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. – М.: Недра, 1991. – 262 с.
44. Гидрогеология СССР том 16. Западно-Сибирская равнина. – М.: Недра, 1970. – 368 с.
45. Болота Западной Сибири их строение и гидрологический режим / Государственный гидрологический институт; под ред. К. Е. Иванова; С. М. Новикова. Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 447 с.
46. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии окружающей среды Томской области в 2011 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: «Графика ДТР», 2012. – 166 с.
47. Карта «Нефтегазовая инфраструктура Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://newsruss.ru/doc/index.php/Трубопроводный_транспорт_России;
48. Конторович А.Э., Нестеров И.И. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. - М.:Недра, 1975. - 680 с.
49. Российский геологический портал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rosgeoportal.ru/subsoil/tomsk/sitepages/oilgas.aspx>.
50. Нефтегазодобывающий комплекс Томской области: состояние и перспективы развития // Минеральные ресурсы России. – 2008. - № 5. – С. 28-35.
51. Кудинов В. И. Основы нефтегазопромыслового дела. - М.: ИКИ, 2005. - 720 с.
52. Администрация Кемеровской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ako.ru/Ekonomik/prom.asp?n=5>.
53. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. - М.: Альянс, 2006. – 472 с.

54. СНиП 111-42-80* Магистральные трубопроводы: нормативно-технический материал. – Москва, 2012. – 224 с.
55. СП 34-116-97. Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов. – Москва, 2001.
56. СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы. – Москва, 1997. – 71 с.
57. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2006 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода» Администрации Том.обл. — Томск: «Графика», 2007. — 148 с.
58. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2007 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода» Администрации Том.обл. – Томск: «Графика», 2008. – 148 с.
59. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2008 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода» Администрации Том.обл. – Томск: Издательство «Оптимум», 2009. – 144 с.
60. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2009 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода». – Томск: Издательство «Оптимум», 2010. – 164 с.
61. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2010 году / Гл. ред. А.М. Адам. – Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Том. обл., ОГУ «Облкомприрода». — Томск: «Графика ДТР», 2011. – 144 с.
62. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2012 году / Глав. ред. А. М. Адам. – Департамент природных ресурсов и охраны окружающей

- среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: Дельтаплан, 2013. – 172 с.
63. ВСН 163-83. Ведомственные строительные нормы. Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). – М.: Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
64. Учёт руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. Стандарт организации. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 184 с.
65. Savichev O.G., Reshetko M.V., Matveenko I.A., Ivanova Ye.V. Evaluation of plain river channel deformation in the absence of observation data // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (012027). 2015. 24. 6 p. doi:10.1088/1755-1315/24/1/012027.
66. Савичев О.Г., Решетько М.В. Способ измерения и долгосрочного прогноза деформации речных русел при отсутствии русловых съёмок // Патент России № 2468337, 27.11. 2012.
67. Иванова Е.В. Русловые деформации реки Кия (Западная Сибирь)// IX Международный научный симпозиум имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» - Томск: Изд-во ТПУ, 2015.
68. Иванова Е.В. Исследование деформации речных русел как фактора аварийности на нефтегазотранспортных системах Западной Сибири на примере реки Кия// Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии». - Томск: Изд-во ТПУ, 2015.
69. Почвенная карта Томской области масштаба 1:1000000. – Новосибирск: ГУГК СССР, 1987.
70. Карта минерально-сырьевых ресурсов Томской области масштаба 1:500000. - Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», Томскнедра, 2006.

71. Национальный атлас России в 4 томах. Том 1. Общая характеристика территории. – М.: Роскартография, 2005 г. – 495 с.
72. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти / под ред. Ш.К. Гиматудинова. - М: Недра, 1983. - 455с.
73. Савичев О.Г., Паромов С.В. Гидрологические аспекты образования болот в таежной зоне Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 1. С. 154-161.
74. Иванова Е.В. Природные факторы аварий в нефтегазовом комплексе в бассейнах рек Васюгана и Парабели (Томская область)// VII Всероссийская научная студенческая конференция с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в успешное будущее» - Томск: Изд-во ТПУ, 2014;
75. Иванова Е.В. Природные факторы аварий в нефтегазовом комплексе в бассейнах рек Васюгана и Парабели (Томская область)// VII научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов ООО «Газпром трансгаз Томск» - Томск: , 2015 – Т. 2 – С. 94-98;
76. Савичев О.Г., Паромов С.В., Иванова Е.В. Влияние природных условий на аварийность производственных объектов нефтегазового комплекса Томской области // Нефтегазовое дело. – 2014. – Т. 12. № 3, С. 155-159.
77. Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС. 1998.
78. Киселев Д. В., Земцов В. А. Определение характерных расходов воды, наиболее интенсивно влияющих на процесс формирования речного русла (на примере рек Томской области) // Вестник ТГУ. 2011. № 351. С. 169-174.
79. Национальный атлас России в 4 томах. Том 2. Природа. Экология. – М.: Роскартография, 2004 г. – 495 с.

80. Chang H.H. Fluvial Processes in River Engineering. – Malabar, Florida: Krieger publishing company. – 2008 (reprint). – 432 с.
81. Рекомендации по оценке и прогнозу размыва берегов равнинных рек и водохранилищ для строительства. ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 72 с.
82. Алексеевский Н.И. Гидрофизика. – М.: Академия, 2006. – 176 с.
83. Leopold, L.B. and Maddock, T. 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications, United States Government Printing Office, Washington, 57 p.
84. Антроповский В.И. Критериальные зависимости типов руслового процесса // Труды Государственного гидрологического института. Вып. 190. Исследования морфологии и гидравлики речных русел, пойм и водоёмов для нужд строительного проектирования. – Л.: гидрометеиздат, 1972, С. 5–18
85. Беркович К.М., Злотина Л.В. Расчёт стабильности речных русел в условиях антропогенной нагрузки // География и природные ресурсы. – 2003. – № 2. – С. 117–123.
86. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 288 с.
87. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири / отв. ред. М.И. Нейштадт. – М.: Наука, 1977. – С. 39–48.
88. Bazanov V.A., Berezin A.E, Savichev O.G., Skugarev A.A. The phytoindication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain // International Journal of Environmental Studies. – 2009. – V. 66. – № 4. – P. 473–484.
89. Eckstein, Yoram, Savichev, Oleg G., and Pasechnik, Elena Y. Is climate change affecting ground water chemistry in the largest boreal wetland? // Geological Society of America. Annual Meeting in Vancouver, British Columbia (19–22 October 2014), 2014, Vol. 46, No. 6, p.67.

90. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 248 с.
91. Савичев О.Г., Решетько М.В. Методы ориентировочной количественной оценки твёрдого стока и русловых деформаций для равнинных рек таёжной зоны Западной Сибири // Инженерные изыскания. – 2012. - № 1, С. 52 – 56.
92. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках. – М.: Госстрой России, 2000.
93. Письмо № 4688-ХМ/05 от 19.02.2016. Рекомендуемые к применению в I квартале 2016 года индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ, изменения сметной стоимости прочих работ и затрат, а также индексах изменения сметной стоимости оборудования. – М.: Минстрой России, 2016. – 41 с.
94. Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР, утв. Постановление СМ СССР от 22 октября 1990 г. N 1072.
95. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197 - ФЗ (ред. от 02.04.2014).
96. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2006.
97. Охрана труда в вычислительных центрах. Учеб. пос. для студентов // Ю.Г. Сибаров и др. – М.: МАЛИКО, 1990. – 192 с.
98. Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1999. – 318с.

99. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997.
100. СНиП 23-05-95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 1995.
101. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
102. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности.
103. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
104. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 83с.
105. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
106. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
107. ПУЭ «Правила устройства электроустановок», издание 6. – М.: Минэнерго РФ, 2000.
108. ГОСТ 12.1.030–81. Защитное заземление, зануление.
109. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
110. ГОСТ Р 50948-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
111. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
112. СанПиН 2.2.2.542–96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минздрав России, 1996.

- 113. СНиП 21–01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Гострой России, 1997. – 12 с.
- 114. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
- 115. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
- 116. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды" – М. 2001.
- 117. Руководящий документ РД 153-39.4-114-01 Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах. Утв. ОАО «АК «Транснефть» 28.12.2001.

**Приложение А
(обязательное)**

**Evaluation of plain river channel deformation
in the absence of observation data**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Иванова Е.В.		4 марта 2016 г.

Консультант кафедры ИЯПР :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвеев И.А.	д.ф.н., доцент		4 марта 2016 г.

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. каф. ИЯПР	Матвеев И.А.	д.ф.н., доцент		4 марта 2016 г.

Томск – 2016

For design of water facilities, bridge and pipeline river crossing one needs to evaluate the value of horizontal and vertical river bed deformations [63, 64, 80, 81]. Usually this problem is solved on the basis of river bed maps and schemes constructed in different years with the interval of not less than 5 years [63, 64]. The essence of the technique consists in comparison of cross-sections obtained as a result of channel survey in different years. Among its disadvantages are: high labour consumption of engineering-hydrometeorological survey and complexity or impossibility to obtain calculated parameters in a short time specified for design and survey by a customer; the technique is not applicable without reliable river bed survey made in in different years with the interval of not less than 5 years; besides, even if time different river bed survey available, the comparison of several views and schemes can introduce some additional errors and is not enough formalized.

In the absence of observation data there is a technique of line construction of possible vertical river bed erosion under the condition of deformations due to river bed ridge transformations [63, 64]. The essence of the technique consists in evaluation of vertical deformations in terms of relationships between microform bed sizes and flow depth [82]. Its disadvantages: it is applicable in the condition of ridgy sediment movement and does not permit reliable forecast for vertical deformations of a peat bed or a bed with insignificant load transport in the form of ridges; one needs measurements of flow parameters and bed shapes in the free channel period as most of small streams can freeze through in winter.

Limited possible horizontal river bed deformations (the profile length of limited scour L_{lim}) without observation data can be roughly defined according to [64] in the following way: 1) the type of bed process is stated on the researched river section and the width of flood plain flow is calculated B_{FPiX} ; 2) using reference data [64] for a stated bed process the ratio of channel-forming belt width $B_{CT,a}$ and flood plain flow width B_{FPa} is taken, as well as mean square deviation of the ratio σ_{CTa} ; 3) the profile length of limited scour is taken as the product of flood plain flow width on the researched river section $B_{FP,x}$ by the value $(B_{CTa}/B_{FPa} +$

σ_{CTa}) set for a stated bed process type. The technique allows reliable data on limited possible horizontal deformations, but without time reference (that limits the possibility of long-term forecast).

It is also known another forecast technique for river bed horizontal deformation in the absence of observation data based on the data on bed deformation of an analogue river [63, 64]. It is based on data transition obtained by the techniques mentioned above for an analogue river to the studied river taking into account forecast errors. The technique disadvantages: it is slightly suitable for hydrologically poor studied areas of Siberia, where studied analogue rivers are few and presented mainly by large rivers with catchment area more than 50000 km²; taking this fact into account it is particularly difficult or impossible to match an analogue for an uninvestigated small river with catchment area less than 2000 km² (river classification according to [13]).

At present, horizontal bed deformation determination without observation data is mostly performed at qualitative level taking into account bed type and/or bed process, or by means of empirical formulas based, as a rule, on criterion relationships of scour diameter, flow depth, water surface slope and other parameters [80, 83, 84, 85].

The general disadvantages of existing techniques relevant for the river bed forecast deformation are as follows: 1) most of existing methods need time for different bed survey with the interval not less than 5 years on studied river or analogue river; 2) in the design of construction projects on hard access areas of Siberian taiga, tundra forest, and tundra zones the bed survey data in different years (particularly with the interval of less than 5 years) are usually absent or do not meet the requirements in accuracy specified in [63]; 3) labour consumption of engineering-hydrometeorological surveys, complexity or impossibility of obtaining calculation parameter in short terms defined for surveys and design; 4) high degree of inaccuracy in measurement and calculation of parameters used for indirect evaluation and forecast of planned (horizontal) river bed deformations; 5) significant deviations of calculated bed deformation values from measured values,

if a technique is used in other region in the conditions different from those considered in development of this or that technique (for example, in case of muskeg banks).

Keeping these in mind, the authors have performed the research in bed deformation of plain rivers to develop technique for obtaining their quantitative characteristics in the absence or minimum of observation material. Technique testing was made in terms of data obtained at state observation network of the Russian Federal Service in Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) and the regional network of JSCo «Tomskgeomonitoring» (Tomsk) on the rivers of taiga zone in the basin of the Ob River (Western Siberia).

The area involved corresponds to the administrative borders of Tomsk Oblast. It is located in the Central and South-Eastern parts of West Siberian Plain and characterized by predominance of two differently directed groups of exogenous geologic processes - swamp and bed processes. The first group deals with accumulation of organic matter at catchment, decrease in river load flow and definite increase in ground elevations due to peat deposit formation at the stage of oligotrophic domed bogs, whereas the second - on the contrary, high relief roughness and increase in solid flow. The mentioned above processes are closely interconnected over the period of all Holocene, water flow was directed in accordance with different hypothesis: 1) The Arctic Ocean between open tongues of Ural and Siberian glaciers, or in the absence of land glaciation, or between different time Ural and Siberian glaciers, or through glacier (including under glacier); 2) in Aral-Caspian basin through Turgai depression; 3) in blind West-Siberian basin (sea) [86].

It is necessary to note that, anyway, one of the reasons for West-Siberian Plain bog formation (that reaches 30 % of the territory and more [87, 88, 89]) could be continuous transformations of river beds in easily eroded soils in the absence of tree vegetation and excessive moisturizing of catchments as a result of deglaciation, precipitation, and difficulty in water flow from the area involved. Under such conditions, existence of numerous dead channels became a catalyst of

area bog formation in some cases. Moreover, eutrophication of inundated reservoirs is going on now. The analysis of engineering survey materials permitted us to make conclusion on the fact that bed process contributed to bog formation on a regional scale that, thereafter, resulted in some bed deformation stabilization, at least, of small rivers. The next stage of bog formation process became development of secondary river network of bog streams and reservoirs in the condition of excessive or moderate moistening and deteriorating conditions of water runoff, in some cases stream bog beds form at watersheds of disappeared synantetic rivers [73, 90].

Virtually, the Ob River within Tomsk Oblast borders is characterized by prevailing development of bed braidedness, in the central and northern part – by incomplete meandering and flood plain braidedness. The downstream of the Tom River is distinguished by incomplete meandering, bed and flood plain meandering, in some places limited meandering. On the Chulym River and its tributaries within Tomsk Oblast the free and incomplete meandering, bed braidedness prevails. The other medium rivers of the area involved are characterized by incomplete meandering. The rest types of bed process in terms of the State Hydrological Institute classification [63] are generally absent or conditioned by the local sections of some rivers [90]. The general characteristic of horizontal deformation of some largest regional rivers obtained in terms of observation data by JS Co «Tomskgeomonitoring» within 1996-2005 is presented in table A.1.

Table A.1 – Characteristic of river bank erosion of Tomsk Oblast [90], m/year.

Settlement	River	Eroding velocity	
		mean	maximum
Kolpashevo	Ob	4.4	15.0
Krivosheino	-//-	0.7	20.0
Zyraynskoye	Chulym	4.9	30.0
Komsomol'sk	-//-	10.8	22.0
Podgornoye	Chaya	1.6	30.0
Moryakovka	Tom	4.4	20.5

The program of standard hydrometric observations at the state monitoring network over the territory of the Russian Federation (at flow points) includes everyday measurement of water levels (twice and more) and measurement of

stream velocity, stream depth and width, as a rule, not less than once a month. In some cases hydrometric operations have been performed since the 1930's, more often - since the 1950-1960's. Owing to the operations there are sufficiently long rows of observations of water levels, stream width, its mean and maximum depth.

Based on the results of the data analysis, an approach to bed deformation evaluation (both horizontal and vertical) is introduced, it involves determination of flow parameters, at which maximum bed deformation is observed. The approach consists in selection of observation data corresponding to the fixed water level (in Baltic elevation system) set with some constant increment from the observed (or calculated) minimum to the relevant maximum. The example of data selection for fixed water levels (200 and 400 cm from conventional reference plane) is shown in figure A.1.

In case when just such a value of water level is absent in data, it is to be found by interpolation between the next following dates. In the resultant selection there has to be an even number of selected levels corresponding both to river water rise and fall. For each data selection, at fixed water level the minimal and maximal values of the sought quantity (width, mean and maximum stream depth) is defined and its maximum oscillating amplitude (the difference between maximum and minimum) is calculated. The maximum amplitude value for the whole studied range of level water changes is a characteristic of vertical $D_{\max}(h_{\max})$ (in case of maximum stream depth $h_{\max}$) or scheduled $D_{\max}(B)$ (for stream width B) of river bed deformation. It should be noted that channel control is usually fixed at the least deformed and straightest river section. Taking this into account the resultant values of river bed deformation can be considered as maximums for the most stable sections that well corresponds to the project tasks directed to searching for limited values of hydrological characteristics and bridge and pipeline crossing construction and other facilities in similar regions.

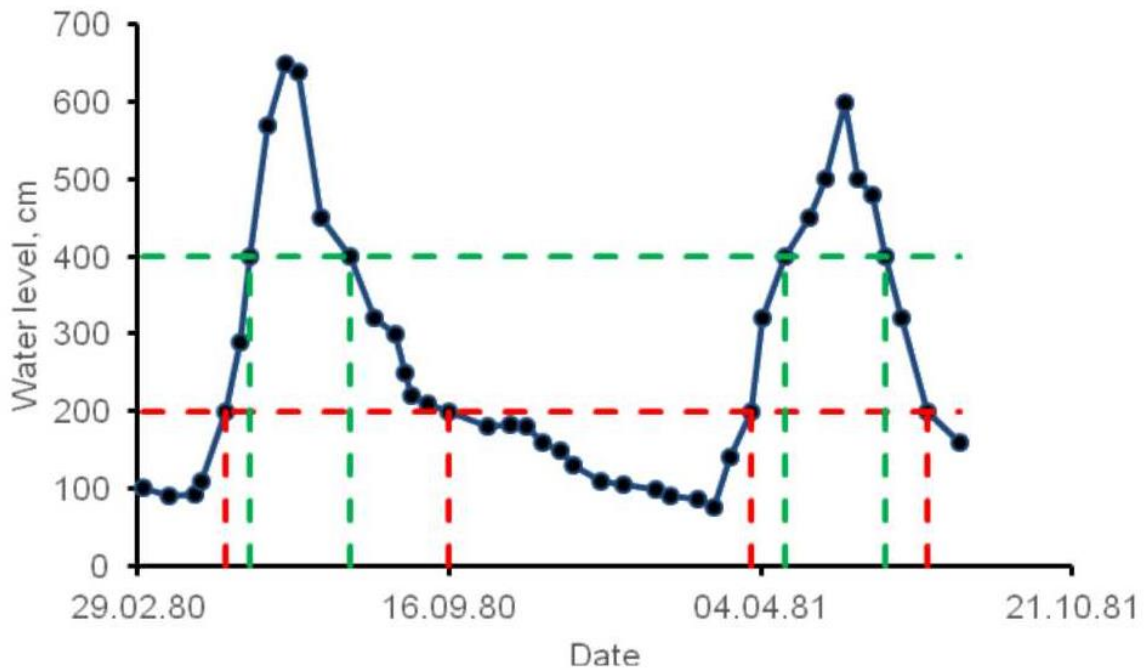


Figure A.1 – The scheme of data selection corresponding to fixed water levels (at 200 cm from conventional reference plane $B_{\max} = 30$ m, $B_{\min} = 26$ m, at 400 cm $B_{\max} = 55$ m, $B_{\min} = 49$ m, hence, $D_{\max}(B) = 6$ m).

The testing results of the approach described concerning the data on medium rivers in Taiga zone of West Siberia are presented in table A.2. The analysis showed that, firstly, vertical deformations change in the range of 0,39-1,27 m, but scheduled ones are in the range of 4,55-16,01 m [91]. It corresponds to both the results of engineering survey on the area involved and (in case of vertical deformations) calculations of bottom deformations conditioned by bed shape transformations [91].

Secondly, between the indicated characteristics and difference of maximal and mean values of stream velocity and stream depth the statistically significant relationships were revealed. The physical sense of such relationships consists in consideration of: 1) solid flow as a magnitude proportional to flow energy losses at interaction with banks and bottom; 2) river bed deformation equation as a relationship between deformation in one of the directions (vertical or horizontal) and solid flow. The general view of the relationship:

Table A.2 – Characteristic of water runoff and river bed deformations of plain tributaries of the Ob River in Taiga zone.

River - settlement	Catchment area, km ²	Mean water discharge, m ³ /s	D _{max} (B), m	D _{max} (h _{max}), m
The River Chaya - Podgornoye	25000	78,7	9,98	1,27
The Parabel' River - Novikovo	17900	71,4	11,58	0,84
The Kenga River - Tsentral'ny	7440	24,5	13,28	0,39
The Vasyugan River - Sredniy Vasyugan	31700	162	8,22	0,89
The Vasyugan River - Maysk	3730	15,1	4,55	0,96
The Tym River - Vanzhil' - Kynak	10100	80,9	16,01	0,89

Note: characteristic of water runoff is given according to [90]

$$D_x = k_1 * (v_{max} - v_a) * d^{k_2} \quad (1)$$

where D_x is the characteristic of river bed deformation in x-direction (vertical or horizontal); v_{max} and V_a are maximal and mean stream velocities; h_{max} and h_a are maximal and mean stream depths; d is the typical load diameter; k_1 , k_2 , k_3 are empirical coefficients.

Thirdly, values of maximal change amplitude of stream width $D_{max}(B)$ and maximal depth $D_{max}(h_{max})$ are on the whole comparable with corresponding evaluations of river bed deformations obtained by river bed survey and techniques based on calculation of river bed shape parameters and criteria of river bed stability [91].

In fact, evaluation of limited possible vertical bed scour Z_{lim} and forecast of maximum possible scheduled bed deformations $\Delta B(T)$ of hydrologically uninvestigated plain rivers can be carried out using the formulas:

$$Z_{lim} = Z_{min} - D_{max}(h_{max}) - \delta_h \quad (2)$$

$$\Delta B(T) = T * (D_{max}(B) + \delta_B) \quad (3)$$

where $\Delta B(T)$ is the forecast of scheduled river bed deformation in control point within the period T , m/period in years; δ_B and δ_h are errors in measurement of flow width and depth, m. Values of $D_{max}(h_{max})$ and $D_{max}(B)$ are either taken in terms of data analysis of measured analogue river water discharges after preliminary grounding its choice, or calculated by empirical relationships using data on maximum and mean depths.

In the course of the given research the evaluation technique of river bed deformations for plain rivers is proposed and its testing in terms of medium rivers data in Taiga zone of Western Siberia (the Ob River basin) is performed. The given technique allows the evaluation of vertical and horizontal river bed deformations of hydrologically uninvestigated plain rivers with permissible certainty. Undoubtedly, such evaluation cannot replace completely the results of relevant observations, but their application in other environmental conditions would require additional justification. Nevertheless, their application for this or that uninvestigated river in taiga zone, in Siberia in particularly, could efficiently contribute to the analysis of several layout options for the designed facilities crossing a river and, consequently, sufficient cost reduction of engineering survey [65].

Based on the proposed method evaluation of river bed deformations for plain rivers of south-eastern part of Western Siberia was performed. In this work, the improvement of this technique is carried out, within which the average quadratic deviation is used instead of the maximum amplitude. It is statistically a more reliable characteristic. At the same time, the main approach to the assessment of the riverbed deformations consists in the following:

- 1) the river analog or a site of the studied river is chosen for which there are measured values of levels and water consumption, width, average and maximum depth, average and maximum speed of a current;
- 2) a series of data are divided into groups in terms of the fixed ranges of change of water levels (in this case 0,5 m are accepted);
- 3) the average quadratic deviation is defined for width and the maximum depth of a stream in each group;
- 4) the maximum values of an average quadratic deviation are taken as proportional to riverbed deformations (the average quadratic deviation of width corresponds to planned or horizontal deformation, and the maximum depth is vertical deformation);

5) analysis of the compliance of these values is carried out and the proportionality factor is determined.

Research methodology described in this paper is offered as a basis for comparison of alternative options for designing oil and gas facilities in the complex natural conditions.

The study area is located in several natural zones: the northern part in the territory of the Vasyugan River is the zone of middle taiga, from the Vasyugan to Shegarka River is the southern taiga, further to the South to Tomsk a zone of a subtaiga and southern study area is a steppe. Continuous rearrangement of riverbeds in the easily washed away soil is typical to the area. Lack of wood vegetation, excess moistening of reservoirs, loss of rainfall and the complicated drain is the reason of it. Free and incomplete meandering and floodplain braided river are dominated in the north of the study area, in the southern part there is a development of a floodplain braided river. According to [63], free meandering is a type of riverbed process of plain rivers, developing on wide river valleys, the slopes of which do not restrict the free development of horizontal deformations. The incomplete meandering differs in presence of the straightening channel of bends, arises in strongly flooded flood plains during a high water. Development of this type of channel process is the floodplain braided river at which groups of adjacent bends are straightened. The rivers with floodplain braided river are characterized by intensive movement of bottom sediments in watercourse [63].

Data of standard hydrometric measurements are used for measuring and the long-term forecasting deformations of river channels. Hydrometric target is usually set at the least deformable and straightest section of the river [66].

The direction and intensity of the vertical and horizontal deformation depends on the natural features of the area and technogenic loads on the river, depending on the seasons, the cycle fluctuations of water flow, and sediment [77]. The physical meaning of channel deformations consists in violation of the balance of solid deposits in certain areas of the river channel. Increase in sediment

discharge contributes to the erosion of the river channel, its reduction leads to their accumulation, i.e. increase of marks of a bottom.

It is necessary to mention about the water consumptions that form the channel. According to [10], under the term consumption is meant a discharge which has the most significant impact on the river channel within a certain period of time. There are three intervals of water consumptions that form the channel: lower, middle and upper. For the study area the rivers are characterized by lower and middle ranges [78].

According to the National Atlas of Russia [79], the study area is located within several zones of river channel stability: The Pur River and The Shchuchya River have unstable and weakly-stable channels, river channels in Tomsk, north of Kemerovo and Novosibirsk regions are weakly-stable.

Estimation of the standard deviation of the river's width and depth of the taiga and steppe zones in the West Siberian has been performed in the research. The maximum values are shown in table A.3.

Table A.3 – The maximum standard deviations on the studied rivers

River - settlement	Observing period, years	The width of the flow B, m		The depth of the flow hmax, m	
		Level, cm	Value	Level, cm	Value
The Shchuchya River - Shchuchye	2	351-400	12,59	501-550	0,44
The Parabel' River - Novikovo	11	201-250	6,35	751-800	0,44
The Vasyugan River - Maysk	13	901-950	3,27	401-450	0,31
The Vasyugan River - Sredniy Vasyugan	16	651-700	3,13	51-100	0,42
The Vasyugan River - Naunak	11	401-450	4,18	601-650	0,53
The Kia River - Okuneevo	5	851-900	12,70	851-900	0,54
The Kiya River - Mariinsk	7	51-100	25,66	451-500	0,33
The Yaya River - Yaya	6	301-350	9,94	301-350	0,37
The Yaya River - Semenovskoe	4	501-550	15,31	601-650	1,45
The Yaya River - Usmanka	3	-50-0	11,97	451-500	1,44
The Shegarka River - Babarykino	7	601-650	3,16	651-700	0,61
The Shegarka River - Ponomarevka	5	351-400	5,97	301-350	0,30

Continuation of the Table A.3

River - settlement	Observing period, years	The width of the flow B, m		The depth of the flow hmax, m	
		Level, cm	Value	Level, cm	Value
The Tym River – Napas	5	601-650	33,07	501-550	2,32
The Tym River - Vanzhil' - Kynak	4	101-150	5,43	551-600	0,26
The Iksa River - Plotnikovo	3	401-450	4,80	451-500	0,43
The Bakchar River - Gorelovka	2	151-200	1,65	451-500	0,31
The Berd' River - Maslyanino	3	151-200	13,67	201-250	0,26
The Chulym River - Kommunarka	4	451-500	36,77	451-500	1,48
The Ket' River - Maksimkin Yar	5	801-850	49,50	401-450	1,06
The Gorchak River - Maysk	2	301-350	2,12	351-400	0,40
The Vyachev River - Myldzhino	2	101-150	1,20	151-200	0,26
The Chaya River - Podgornoye	15	51-100	5,74	201-250	0,55
The Kenga River - Tsentral'ny	11	701-750	7,42	751-800	1,26
The Kirghizka River - Basandayka	3	351-400	6,01	501-550	0,30
The Pyaku-Pur River - Tarko-Sale	7	601-650	61,25	801-850	1,35
The Erkal-Nadey-Pur River - Halyasavey	6	501-550	8,89	501-550	0,66
The Nizhny Suzun River - Oktyabrsky	2	351-400	1,76	501-550	0,64
The Lebyazhya River - Bezmenovo	6	51-100	0,15	51-100	0,22
The Ushayka River - Stepanovka	3	101-150	10,73	51-100	0,36
The Tyazhin River - Rubino	6	1-50	17,83	1-50	1,00
The Tyazhin River - Stary Tyazhin	2	351-400	1,69	201-250	0,30
The Baksa River - Pihtovka	7	451-500	5,53	301-350	0,83
The Baksa River – Pesochno-Gorelskaya	3	351-400	7,17	501-550	0,16
The Toya River - Petropavlovka	5	251-300	15,44	201-250	0,49
The Serta River - Tretyakovo	3	451-500	4,73	451-500	0,40
The Serta River – Ust'-Kolba	5	251-300	8,92	251-300	1,42
The Serta River - Kursk-Smolenka	3	301-350	14,08	351-400	0,31

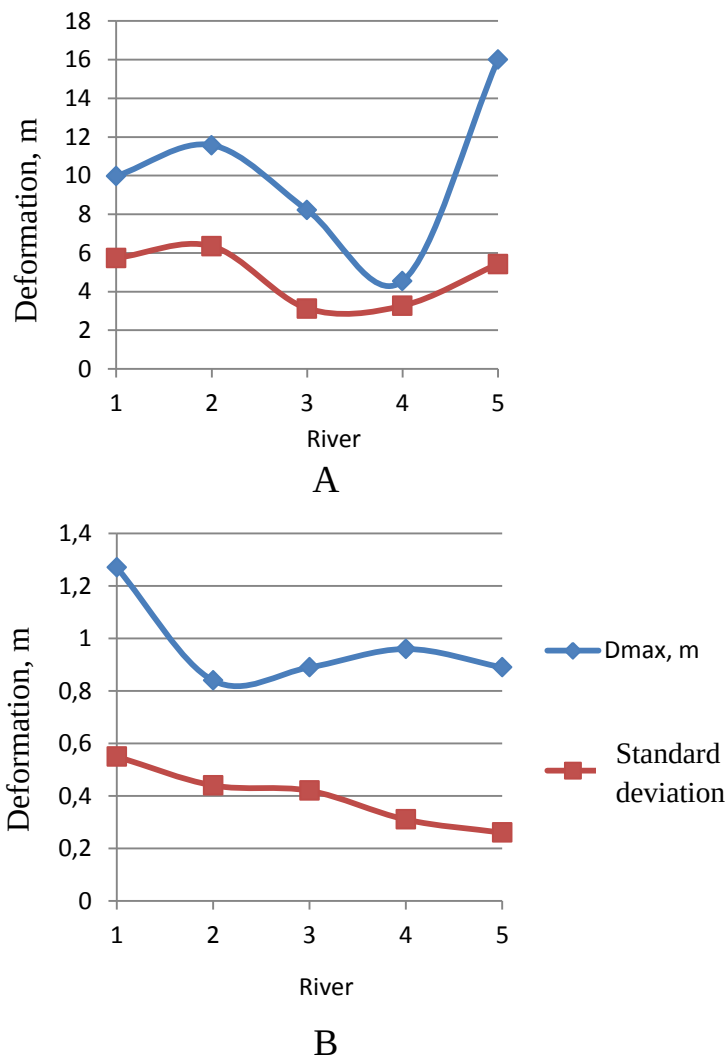


Figure A.2 – The graphs of the strain from the standard deviation: A - on the stream width; B - at a maximum depth of the flow.

1 - The Chaya River – Podgornoye, 2 – The Parabel' River – Novikovo, 3 – The Vasyugan River - Sredniy Vasyugan, 4 – The Vasyugan River – Maysk, 5 – The Tym River - Vanzhil' – Kynak.

The analysis of the obtained materials showed that the maximum standard deviation of the stream width is approximately 72,95 % of the average maximum amplitude variation width of the stream and the maximum standard deviation of the maximum depth – 63,34 % of the average maximum amplitude changes the maximum flow depth. Analysis of the results also revealed that the largest planned and vertical deformations are often confined to the recession of high water. Taking it into account, it is recommended to perform inspection of the river banks during the spring and summer period and strengthening of the banks to minimize the risk

of the accidents at the «Aleksandrovskoye – Anzhero-Sudzhensk» oil pipeline connected with planned deformations. The range of work is up to 1 m for the Chaya River, the Kiya River in Mariinsk, the Yaya in Usmanka, 2-4 m. – for the Parabel' River, the Chulym River, 4-7 m for the Vasyugan River, the Shegarka River, etc.

To prevent vertical deformation is expedient to further inspect the bottom in the autumn and the deepening of the pipeline on the mark located below the values given in the table. It is necessary to accept the most favorable variant for the regime of channel and coast deformations when choosing alignment of the underwater crossing, which will provide the best conditions for the construction and operation of the transition [63].

Приложение Б

Таблица Б.1 – Средние квадратические отклонения на всех диапазонах уровней воды на исследуемых реках

Река - пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины h _{макс} , м
Щучья – Щучье	201-250	9,19	0,33
	251-300	10,15	0,29
	351-400	12,59	0,18
	401-450	11,38	0,23
	451-500	9,21	0,24
	501-550	7,44	0,44
	551-600	0,71	0,11
	601-650	2,83	0,04
Пяку-Пур – Тарко-Сале	601-650	61,25	0,97
	651-700	36,71	0,83
	701-750	22,54	1,05
	751-800	45,58	1,17
	801-850	43,61	1,35
	851-900	23,98	1,15
Еркал-Надей – Пур_Халес	151-200	4,24	0,29
	201-250	3,41	0,24
	251-300	5,72	0,32
	301-350	5,09	0,45
	401-450	4,38	0,62
	451-500	3,54	0,42
	501-550	8,89	0,66
Парабель – Новиково	151-200	3,65	0,19
	201-250	6,35	0,23
	251-300	4,64	0,25
	301-350	1,95	0,28
	351-400	1,60	0,34
	401-450	1,48	0,30
	451-500	0,69	0,34
	501-550	1,28	0,32
	551-600	2,93	0,33
	601-650	1,98	0,32
	651-700	1,69	0,36
	701-750	1,80	0,31
	751-800	3,96	0,44
	801-850	1,41	0,00
	851-900	4,15	0,13

Продолжение таблицы Б.1

Река - пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины h _{макс} , м
Васюган – Майск	101-150	0,59	0,15
	151-200	1,01	0,19
	201-250	1,40	0,24
	251-300	1,08	0,23
	301-350	0,85	0,19
	351-400	1,23	0,25
	401-450	1,25	0,31
	451-500	2,50	0,28
	501-550	0,76	0,21
	551-600	0,97	0,24
	601-650	1,09	0,18
	651-700	1,81	0,14
	701-750	1,12	0,29
	751-800	1,44	0,26
	801-850	1,35	0,22
	851-900	1,77	0,21
	901-950	3,27	0,18
Васюган – Наунак	-50-0	3,14	0,38
	1-50	1,94	0,45
	51-100	2,18	0,38
	101-150	3,00	0,36
	151-200	2,53	0,25
	201-250	2,87	0,35
	251-300	2,23	0,44
	301-350	2,51	0,24
	351-400	3,10	0,28
	401-450	4,18	0,48
	451-500	2,73	0,40
	501-550	3,41	0,39
	551-600	2,65	0,39
	601-650	2,84	0,53
	651-700	1,51	0,31
Горчак – Майск	201-250	0,58	0,21
	251-300	1,04	0,29
	301-350	2,12	0,36
	351-400	1,01	0,40

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины $h_{\text{макс}}$, м
Васюган – Средний Васюган	-50-0	1,94	0,29
	1-50	2,42	0,35
	51-100	2,81	0,42
	101-150	2,89	0,41
	151-200	2,54	0,36
	201-250	1,96	0,37
	251-300	2,61	0,38
	301-350	1,39	0,33
	351-400	1,62	0,30
	401-450	1,69	0,29
	451-500	1,58	0,35
	501-550	2,17	0,35
	551-600	1,71	0,35
	601-650	1,44	0,36
	651-700	3,13	0,30
Тым – Напас	201-250	0	0
	251-300	22,45	2,21
	301-350	15,75	1,66
	351-400	17,80	1,90
	401-450	16,90	2,21
	451-500	13,57	2,21
	501-550	10,17	2,32
	551-600	13,79	2,06
	601-650	33,07	2,02
	651-700	19,67	0,48
Тым – Ванжиль	701-750	17,56	0,71
	101-150	5,43	0,22
	151-200	4,93	0,23
	201-250	3,86	0,19
	251-300	4,53	0,25
	301-350	4,04	0,25
	351-400	1,53	0,25
	401-450	3,21	0,12
	451-500	3,56	0,19
	501-550	3,06	0,24
	551-600	3,06	0,26
	601-650	2,22	0,17

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины h _{макс} , м
Чулым – Коммунарка	351-400	14,85	0,49
	401-450	26,51	1,01
	451-500	36,77	1,48
	501-550	3,46	0,29
	551-600	16,62	0,68
	601-650	23,09	0,86
	651-700	22,52	0,89
	701-750	18,95	0,83
	751-800	1,07	0,31
	801-850	25,48	0,80
	851-900	17,90	0,46
Кеть – Максимкин Яр	151-200	17,11	0,13
	201-250	8,22	0,56
	251-300	4,08	0,28
	301-350	5,77	0,42
	351-400	5,88	0,32
	401-450	22,63	1,06
	451-500	11,00	0,40
	501-550	6,56	1,02
	551-600	12,61	0,08
	651-700	22,10	0,61
	701-750	24,31	0,10
	801-850	49,50	0,49
Кенга – Центральный	201-250	0,32	0,05
	251-300	4,24	0,40
	301-350	3,14	0,62
	351-400	2,52	0,54
	401-450	2,24	0,35
	451-500	1,85	0,63
	501-550	2,57	0,74
	551-600	3,17	0,69
	601-650	5,48	0,64
	651-700	6,69	0,45
	701-750	7,42	0,91
	751-800	6,02	1,26
	801-850	5,13	1,06

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины h _{макс} , м
Чая – Подгорное	51-100	5,74	0,23
	101-150	3,72	0,17
	151-200	3,98	0,44
	201-250	2,63	0,55
	251-300	3,29	0,50
	301-350	3,29	0,50
	351-400	3,01	0,29
	401-450	3,21	0,32
	451-500	3,14	0,41
	501-550	3,64	0,33
	551-600	3,38	0,32
	601-650	3,27	0,50
	651-700	2,80	0,46
	701-750	3,20	0,47
	751-800	2,60	0,41
	801-850	0,96	0,17
	851-900	1,91	0,26
Шегарка – Бабарыкино	51-100	1,16	0,18
	101-150	1,08	0,27
	151-200	1,17	0,18
	201-250	1,16	0,26
	251-300	1,85	0,20
	301-350	1,05	0,20
	351-400	0,50	0,09
	401-450	1,24	0,22
	451-500	0,38	0,14
	501-550	1,24	0,13
	551-600	1,65	0,21
	601-650	3,16	0,21
	651-700	2,88	0,61
	701-750	2,21	0,19
	751-800	2,12	0,15
	801-850	2,40	0,07
	851-900	2,54	0,17
Тоя – Петропавловка	951-1000	0,42	0,00
	1001-1050	0,49	0,00
	1051-1100	0,00	0,14
	51-100	3,44	0,05
	101-150	4,16	0,42
	151-200	8,68	0,46
	201-250	12,75	0,49
	251-300	15,44	0,24

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины $h_{\text{макс}}$, м
Шегарка – Пономаревка	1-50	2,14	0,09
	51-100	3,03	0,21
	101-150	1,73	0,27
	151-200	3,34	0,20
	201-250	2,78	0,18
	251-300	3,89	0,17
	301-350	4,17	0,30
	351-400	5,97	0,16
	551-600	1,13	0,07
Бакчар – Гореловка	151-200	1,65	0,11
	201-250	0,69	0,13
	251-300	0,88	0,13
	301-350	0,14	0,27
	351-400	0,66	0,13
	401-450	1,07	0,24
	451-500	0,99	0,31
	501-550	1,35	0,21
Вячев – Мыльджино	51-100	1,03	0,16
	101-150	1,20	0,14
	151-200	0,99	0,26
	201-250	1,19	0,16
	251-300	0,73	0,17
	301-350	0,06	0,20
Киргизка – Басандайка	101-150	0,15	0,02
	151-200	0,33	0,27
	201-250	0,48	0,08
	251-300	0,48	0,08
	301-350	0,51	0,10
	351-400	6,01	0,13
	401-450	4,01	0,21
	451-500	2,02	0,24
	501-550	1,50	0,30
Н.Сузун – Октябрьский	601-650	2,83	0,07
	201-250	0,16	0,09
	251-300	0,80	0,19
	301-350	0,41	0,24
	351-400	1,76	0,31
	401-450	1,30	0,37
	451-500	0,45	0,14
	501-550	0,43	0,64
	551-600	1,18	0,46
	701-750	0,75	0,45

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины h _{макс} , м
Лебяжья – Безменово	51-100	2,05	0,22
	101-150	11,48	0,21
	151-200	8,17	0,17
	201-250	3,68	0,23
Ушайка – Степановка	1-50	5,22	0,12
	51-100	4,14	0,36
	101-150	10,73	0,27
	151-200	0,92	0,23
Тяжин – Рубино	1-50	17,83	1,00
	51-100	1,62	0,48
	101-150	1,90	0,38
	151-200	2,39	0,64
	201-250	3,27	0,68
	251-300	4,26	0,64
	301-350	4,48	0,65
	501-550	0,85	0,42
Тяжин – Старый Тяжин	151-200	0,26	0,09
	201-250	1,36	0,30
	251-300	0,71	0,18
	301-350	1,48	0,24
	351-400	1,69	0,07
Бакса – Пихтовка	101-150	3,04	0,15
	151-200	3,26	0,20
	201-250	2,97	0,67
	251-300	4,93	0,82
	301-350	4,61	0,83
	351-400	5,00	0,75
	401-450	3,98	0,63
	451-500	5,53	0,76
Бакса-Песочно – Горельская	301-350	6,44	0,15
	351-400	7,17	0,14
	401-450	0,26	0,15
	451-500	0,84	0,12
	501-550	0,93	0,16
Серта – Третьяково	251-300	2,14	0,26
	301-350	1,87	0,21
	351-400	1,37	0,13
	401-450	1,66	0,17
	451-500	4,73	0,40
	501-550	3,79	0,24

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки B , м	Макс. глубины $h_{\text{макс}}$, м
Серта – Усть-Колба	51-100	3,91	0,38
	101-150	3,97	0,42
	151-200	3,55	0,32
	201-250	7,72	0,81
	251-300	8,92	1,42
	301-350	0,26	0,10
Серта – Курск-Смоленка	201-250	0,43	0,04
	251-300	2,79	0,19
	301-350	14,08	0,19
	351-400	11,32	0,31
	401-450	1,18	0,29
Икса – Плотниково	151-200	0,83	0,23
	201-250	1,51	0,10
	251-300	4,34	0,29
	301-350	0,57	0,05
	351-400	1,77	0,42
	401-450	4,80	0,12
	451-500	3,83	0,43
	551-600	0,78	0,14
Кия – Окунеево	351-400	12,10	0,38
	401-450	8,72	0,35
	451-500	9,22	0,30
	501-550	7,04	0,43
	551-600	3,27	0,28
	601-650	4,59	0,46
	651-700	5,07	0,33
	701-750	7,85	0,30
	751-800	9,36	0,53
	801-850	3,91	0,46
	851-900	12,70	0,54
	901-950	9,36	0,40
	951-1000	6,07	0,40
Кия – Мариинск	51-100	25,66	0,24
	101-150	18,79	0,30
	151-200	17,40	0,26
	201-250	15,72	0,26
	251-300	14,93	0,28
	301-350	12,58	0,32
	351-400	10,32	0,29
	401-450	7,65	0,27
	451-500	8,49	0,33
	501-550	18,69	0,28
	551-600	12,21	0,31

Продолжение таблицы Б.1

Река – пункт	Уровень воды, см	Стандартное отклонение σ	
		Ширины реки В, м	Макс. глубины $h_{\text{макс}}$, м
Яя – Яя	301-350	9,94	0,37
	351-400	3,95	0,32
	401-450	3,47	0,32
	451-500	3,78	0,26
	501-550	1,97	0,27
	551-600	1,26	0,30
	601-650	2,31	0,30
Яя – Семеновское	201-250	14,54	0
	251-300	14,39	0
	301-350	14,17	0
	401-450	4,72	0
	451-500	5,87	0
	501-550	15,31	0,31
	551-600	5,52	0,16
	601-650	6,98	1,45
	651-700	3,86	0,23
	701-750	11,17	1,40
	751-800	6,17	0,18
Яя – Усманка	-50-0	11,97	0,02
	1-50	3,57	0,19
	51-100	1,31	0,30
	101-150	2,56	0,41
	151-200	1,50	0,62
	201-250	2,57	0,72
	251-300	3,51	0,79
	301-350	4,04	0,16
	351-400	4,38	0,25
	401-450	6,66	0,53
	451-500	3,56	1,44
	551-600	1,41	0,42
Бердь – Маслянино	101-150	4,63	0,13
	151-200	13,67	0,25
	201-250	0,92	0,26
	251-300	0,85	0,17
	301-350	0,97	0,04