



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Моделирование и теплотехнический расчёт грунтов оснований газопровода Новопортковского нефтегазоконденсатного месторождения Ямала

УДК 624.131:622.691.4(571.121)

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	д.г.-м.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Никитенков Алексей Николаевич	к.г.-м.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кацук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженерные изыскания в строительстве, профессор	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н., профессор		

Результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции	Подготовка и защита ВКР
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	+
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	+
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	+
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия	+
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	+
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	+
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	+
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности	+
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования	+
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов	+
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства	+
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию	+
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ	+
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов	+
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования	+
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам	+
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности	+
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности	+
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования	+
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	+



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Савичев О.Г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович

Тема работы:

Моделирование и теплотехнический расчёт грунтов оснований газопровода Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения Ямала	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2023 №12-13/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Результаты полевых исследований грунтов, научная и фондовая литература по объекту исследования – Новопортовское газоконденсатное месторождение Ямала.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).</p>	<p>Природные условия и характеристики Новопортовского месторождения. Расчет температур грунтов с помощью средств дистанционного зондирования. Сравнение расчётной и измеренной температур.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Кашук Ирина Вадимовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович</p>
<p>Иностранный язык (английский)</p>	<p>Терре Дина Анатольевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Method of application of remote sensing data</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	д.г.-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Отделение геологии
Уровень образования: магистр
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ВМ11	Палилкин Алексей Алекснадрович

Тема работы:

Моделирование и теплотехнический расчёт грунтов оснований газопровода Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения Ямала
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	до 15.06.2023 г.
--	------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2023 г.	Природные условия исследуемой территории	20
01.04.2023 г.	Методика применения данных дистанционного зондирования	20
30.04.2023 г.	Социальная ответственность	20
10.05.2023 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.2023 г.	Раздел на английском языке	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Людмила Александровна	д.г.-м.н., профессор		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н., профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Алекснадрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО		
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		
Школа	ИШПР	Отделение Школа	Отделения геологии
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

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

1 Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Омска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2 Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3 Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2 Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3 Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4 Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1 Оценка конкурентоспособности ИП
2 Матрица SWOT
3 Диаграмма Ганта
4 Бюджет НИ
5 Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа		ФИО	
2ВМ11		Палилкин Алексей Александрович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/ООП/ОПОП	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Моделирование и теплотехнический расчёт грунтов оснований газопровода Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения Ямала	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение: Характеристика объекта исследования и области его применения. Описание рабочего места в процессе исследования	<p>Объект исследования: Теплофизические характеристики грунтов Новопортовского газоконденсатного месторождения ЯНАО Тюменской области</p> <p>Область применения: инженерно-геологические изыскания; архитектурно-строительное проектирование.</p> <p>Рабочая зона: зона производства полевых работ/лаборатория/офисное помещение</p> <p>Размеры помещений: 12,5 x 16м/ 7x7 м</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: буровая установка ПБУ-2 на базе МТЛБу, термокоса, персональный компьютер.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: правовые нормы трудового законодательства; эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны.	– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023); – ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
2. Производственная безопасность: описание опасных и вредных производственных факторов (источник возникновения, возможные проф. заболевания, допустимые нормы, мероприятия по снижению влияния).	Основные опасные факторы: шум, вибрация, обморожения, воздействие электрического тока, недостаток необходимого искусственного освещения, нервно-психические перегрузки.
3. Экологическая безопасность.	<p>Воздействие на селитебную зону: бытовой и производственный мусор;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выхлопные газы;</p> <p>Воздействие на гидросферу: горюче-смазочные материалы;</p> <p>Воздействие на литосферу: горюче-смазочные материалы</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	<p>Анализ возможных ЧС: пожар, загрязнение ГСМ, короткое замыкание</p> <p>Выбор наиболее вероятной ЧС: пожар</p> <p>Описание источника и причин возникновения ЧС, меры по предупреждению.</p>
Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 127 с., 35 рис., 30 табл., 10 источников, 1 прил.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, температура поверхности, температура грунта.

Объектом исследования является оценка методики расчёта температуры грунта на глубине по данным спутниковых снимков.

Цель работы – разработать и доказать возможность расчёта температуры грунта на глубине по данным дистанционного зондирования Земли.

В ходе работы проводились исследования и расчеты по получению спутниковых снимков, определению расчётной температуры грунта на глубине и сравнение её с измеренной в процессе инженерных изысканий.

В результате исследований был выработан алгоритм получения необходимых данных, для последующего применения в расчётах при проектировании оснований трубопроводов и мониторинга территории.

Степень внедрения: данная методика нуждается в апробации на производстве. При разработке темы и выступлении на различных конференциях был вызван интерес у профильных организаций, которые нуждаются в таких данных.

Область применения: инженерные изыскания, мониторинг территории.

Экономическая эффективность/значимость работы: применение данного метода позволит уменьшить трудовые, финансовые и временные расходы при производстве инженерных изысканий.

В будущем планируется улучшить разработанный метод, повысить точность, учитывая внешние факторы, такие как глубина снежного покрова, тип поверхности и т.д.

Определения, обозначения, сокращения

Многолетнемерзлые грунты – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

ArcGIS – комплекс геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI.

Landsat-8 – американский спутник дистанционного зондирования Земли, восьмой в рамках программы Landsat (седьмой выведенный на орбиту).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – широко используемый показатель для количественной оценки состояния и плотности растительности с использованием данных датчиков.

Содержание

Реферат	9
Определения, обозначения, сокращения	10
Содержание.....	11
1 Введение	15
2 Природные условия исследуемой территории.....	17
2.1 Географическое и административное положение объекта исследований.....	17
2.2 Климат.....	19
2.3 Рельеф	24
2.4 Растительный покров и фауна.....	26
2.5 Почвенный покров	29
2.6 Гидрологические условия.....	30
2.6.1 Прибрежные воды.....	31
2.6.2 Реки	32
2.6.3 Озера и болота.....	34
2.7 Геологические условия.....	38
2.8 Гидрогеологические условия	40
3 Методика применения данных дистанционного зондирования...42	
3.1 Основы дистанционного зондирования Земли.....	42
3.2 Виды излучения и его взаимодействие с поверхностью Земли	45
3.3 Описание и характеристики программы Landsat 8.....	53
3.4 Предварительная обработка данных полевых измерений.....	58
3.5 Перевод координат.....	59

3.6	Выбор метеостанций, определение границ территории для снимков	59
3.7	Обработка снимков в ArcGIS	62
3.8	Выбор температурных массивов	68
3.9	Обработка значений температур	69
3.10	Моделирование и теплотехнический расчёт	72
3.11	Выводы по основному разделу	78
4	Социальная ответственность	80
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
4.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	81
4.1.1.1	Режим рабочего времени	81
4.1.1.2	Защита персональных данных работника	81
4.1.1.3	Оплата и нормирование труда	81
4.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	81
4.1.2.1	Общие положения	82
4.1.2.2	Требования к размещению средств отображения информации	84
4.2	Производственная безопасность	84
4.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при выполнении исследования	84
4.2.2	Отклонение показателей микроклимата	85
4.2.2.1	Оптимальные условия микроклимата	86
4.2.2.2	Допустимые условия микроклимата	86
4.2.3	Отсутствие или недостаток естественного света	87

4.2.4	Физические перегрузки организма, работающего	90
4.2.5	Нервно-психические перегрузки:.....	91
4.3	Экологическая безопасность	92
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
4.4.1	Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	93
4.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	94
4.5	Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	95
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	96
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	97
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	97
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	98
5.1.3	SWOT-анализ.....	99
5.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	104
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	104
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	105
5.3	Бюджет научно-технического исследования.....	108
5.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	108
5.3.2	Расчет амортизации специального оборудования.....	109
5.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	110

5.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	112
5.3.5	Накладные расходы	113
5.3.6	Бюджет НИР	113
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	114
5.5	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	117
6	Заключение	118
7	Список публикаций автора	119
8	Список используемых источников	120
	Приложение А (справочное) Application of remote sensing data for calculating surface temperature	122
3	Application of remote sensing data for calculating surface temperature	123
3.1	Basics of remote sensing	123
3.2	Types of radiation and its interaction with the Earth surface	125
3.3	Preliminary processing of field measurement data	129
3.4	Translation of coordinates	129
3.5	Selection of weather stations, determination of the boundaries of the territory for images	130
3.6	Image processing in ArcGIS	130
3.7	Selection of temperature arrays	132
3.8	Processing of temperature values	133

1 Введение

Многолетняя мерзлота – часть криолитозоны, характеризующаяся отсутствием периодического протаивания, грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет – занимает в России от 60 до 65% территории по площади. Наиболее широко она распространена в Восточной Сибири и Забайкалье, меньше в северной части Западной Сибири.

Данные регионы богаты ресурсами и ведётся их активное освоение, в связи с чем требуются качественные данные по грунтам при проектировании и последующей эксплуатации объектов.

Традиционно при этом требуются инженерные изыскания, которые требуют обустройства термометрических скважин, расположенных с определённым шагом. Их обустройство связано со значительными трудовыми и финансовыми затратами.

Так же, для определения температуры грунтов, возможны расчёты согласно СП 25.13330.2020 [4], в которых температуры земной поверхности берутся по ближайшей метеостанции. В связи с малонаселённостью северных регионов эти станции могут находиться достаточно далеко от площадок строительства и эксплуатации сооружений.

Таким образом, целью работы является – оценка использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов с возможностью минимизации затрат на инженерные изыскания с достаточной степенью достоверности получаемых данных, что является очень актуальным вопросом.

Для выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1 выполнено определение температуры земной поверхности по данным космоснимков;
- 2 получены расчетные значения температуры грунтов и выполнено сравнение полученных данных с реальными замерами температур воздуха и грунтов, для выявления связи между этими данными;

3 рассчитана экономическая составляющая получения данных традиционным способом, выполняя полноценные изыскания, и используя данные космоснимков, сведя инженерные изыскания к необходимому минимуму.

Собственно исходными данными будут являться: спутниковые снимки, данные с метеостанции и данные реальных замеров температур.

2 Природные условия исследуемой территории

2.1 Географическое и административное положение объекта исследований

По административно-территориальному расположению исследуемая территория находится в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. В северной части Западной Сибири, в районе бассейна реки Обь, расположен Ямало-Ненецкий автономный округ. Он занимает площадь 769 тысяч км² (28 % территории Западной Сибири и 4,4 процента от территории России). В настоящих границах округ был сформирован в 1992 году.

Ямало-Ненецкий автономный округ состоит из:

- 6 городских округов,
- 6 муниципальных округов,
- 1 муниципальный район,
- 7 сельских поселений.

Область отличается одной из самых низких за Уралом плотностью населения (0,67 человека на 1 км²), 85 % которого сосредоточено в городской местности. В двух городах насчитывается свыше 100 тыс. жителей (Новый Уренгой, Ноябрьск).

Ямало-Ненецкий автономный округ – один из северных регионов России, расположенный на полуострове Ямал. Округ занимает площадь более 750 тысяч квадратных километров и населен преимущественно коренными народами Севера - ненцами, хантами и селькупам. Этот регион богат нефтью и газом, что делает его важным экономическим центром России. В Ямало-Ненецком автономном округе находится множество природных достопримечательностей, таких как музей народов Севера, заповедник "Ямало-Ненецкий", озеро Яр-Сале, гора Ямальская и многие другие. Ямало-Ненецкий автономный округ расположен на севере России и имеет огромный сырьевой потенциал - на его территории находятся множество месторождений

нефти и газа. Область отличается низкой плотностью населения, лишь 0,67 человек на 1 км², и большинство жителей (85%) сосредоточено в городской местности. В области находятся два города с населением свыше 100 тыс. человек – Новый Уренгой и Ноябрьск. Ямальский район, который относится к собственно полуострову Ямал, также находится на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Карта Ямальского района

Область занимает второе место по России по добыче полезных ископаемых, уступая лишь Ханты-Мансийскому автономному округу.

Перевод названия полуострова, который дал имя району и всему автономному округу, означает «край земли» на ненецком языке. Район имеет протяженность с запада на восток в 220 километров и с севера на юг в 700 километров. В состав района входят 9 сельских населенных пунктов. Кроме того, на территории района находится несколько вахтовых поселков, включая Сабетту, Бованенково, Харасавэй и другие. Население первого из них, хотя и не постоянное, превышает население административного центра района и многих других населенных пунктов района и автономного округа.

В районе обитает 16,1 тысячи человек, в том числе примерно 10 тысяч коренных малочисленных народов Севера. Площадь земель района, пригодных к освоению, составляет 148,7 км². Количество трудовых ресурсов равняется почти 11 тысячам человек.

Ямальский район имеет высокий уровень промышленного развития. В его экономике в настоящее время сложился промышленный комплекс с преимущественным развитием предприятий нефтегазовой промышленности.

2.2 Климат

Расположение на севере Евразийского континента – это главный фактор, который определяет климат Ямало-Ненецкого автономного округа. В этом регионе можно наблюдать резкие континентальные изменения температуры, особенно зимой, когда температура может опускаться до -50°С. Лето здесь нежаркое и кратковременное, а продолжительность зимы может достигать до 8 месяцев.

Однако, воздействие северных морей также оказывает влияние на климатические условия региона, прежде всего, в понижении летних температур. Однако, зимой Северный Ледовитый океан не оказывает заметного влияния на климат территории.

Другой фактор, который оказывает значительное влияние на климатические условия Ямало-Ненецкого автономного округа, – это высота местности над уровнем моря. Горные хребты, которые простираются в западной части региона, также играют важную роль в формировании метеорологических условий. Наконец, экспозиция склонов и формы рельефа также оказывают значительное влияние на климатические условия региона.



Рисунок 2.2 – Физическая карта Ямальского района

Атмосфера над рассматриваемой территорией подвержена влиянию нескольких факторов. Одним из наиболее значимых является западная

(атлантическая) циркуляция, которая оказывает глубокое влияние на климат. Тем не менее, также существенное влияние оказывает континент, проявляющийся в повторяемости антициклональной погоды и в интенсивной трансформации воздушных масс летом и зимой.

Среднегодовая температура воздуха в целом по округу колеблется от минус 7,8 до минус 5,3 °С. Важно отметить, что наиболее высокие температуры воздуха достигаются летом и могут составлять +30-36°С. С другой стороны, самые низкие температуры могут достигать минус 50-58 °С, что также следует учитывать при анализе климатических данных.

Годовая амплитуда колебаний температур на данной территории составляет 80-93 °С. Это означает, что разница между наивысшими и наименьшими температурами воздуха может достигать значительных значений. При изучении климата данной территории необходимо учитывать все эти факторы и оценивать их влияние на состояние атмосферы.

Атмосферные осадки на территории Ямала составляют от 311 до 521 мм в год. В то же время, количество испарений составляет от 50 до 100 мм в год.

Преобладающие ветры на Ямале меняются в зависимости от времени года. Зимой наиболее часто дуют южные ветры, а летом – северные. Однако, в отдельные периоды времени, на протяжении нескольких дней или даже недель, на территории региона держатся западные ветры, которые приносят массы холодного сухого воздуха с Уральских гор.

В результате в это время в Ямало-Ненецком автономном округе наблюдаются самые низкие температуры воздуха, особенно в январе-феврале. Эти же ветры могут вызывать похолодания и снегопады в марте и апреле. В летний период, в июне и августе, также нередко происходят заморозки, что весьма необычно для региона.

Кроме того, северо-западные ветры, дующие с Карского моря и западных частей Арктики, также могут приводить к похолоданиям и снегопадам в марте и апреле. Однако, в целом, климатические условия на

Ямале отличаются умеренностью и постепенным переходом от морского к континентальному климату.

Изучение климатических условий Ямала является важной задачей для метеорологов, ученых и всех, кто заботится о сохранении экологического равновесия в регионе.

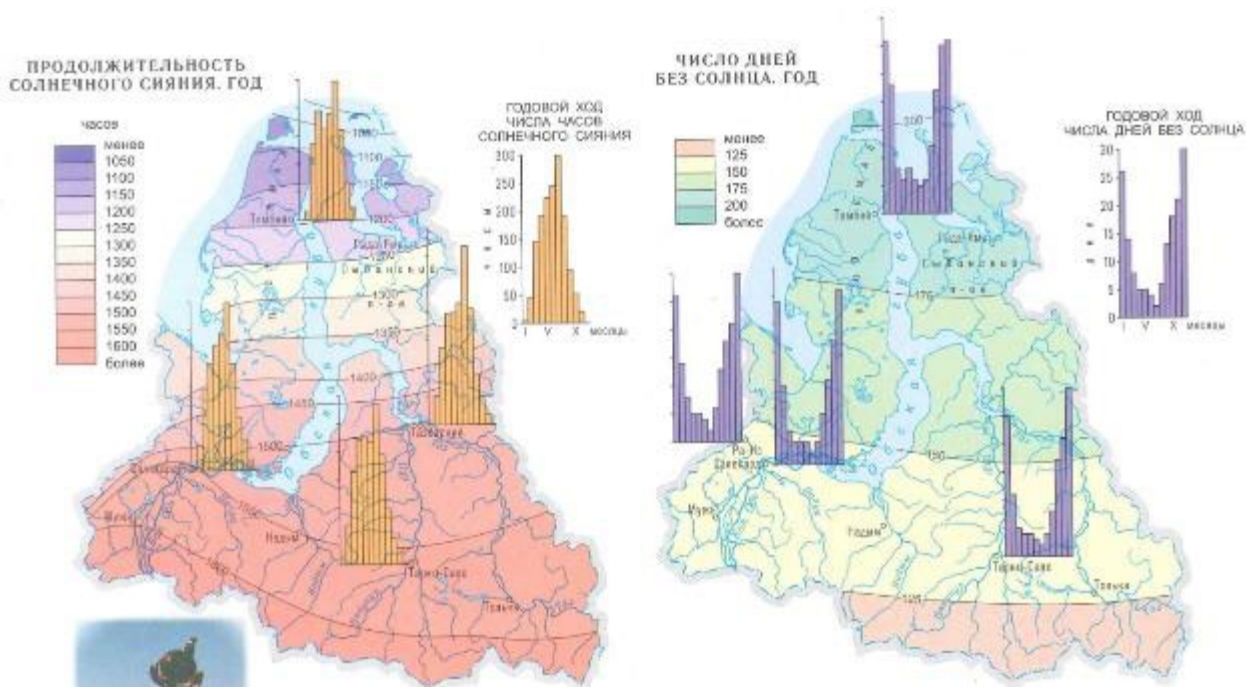


Рисунок 2.3 – Радиационный режим [1]

Основным источником тепловой энергии всех природных процессов является самый важный климатообразующий фактор – солнечная радиация. Продолжительность солнечного сияния является одной из характеристик радиационного режима и зависит от астрономических факторов, режима облачности и прозрачности атмосферы. Для тундровой и лесотундровой зон характерна наличие полярной ночи и полярного дня, а также небольшая высота солнца. На Крайнем Севере полярная ночь длится 85 суток и начинается 9 ноября, а заканчивается 2 февраля.

На севере наименьшее количество часов солнечного сияния объясняется большой облачностью и частыми туманами, а также положением в высоких широтах. Однако годовая продолжительность солнечного сияния увеличивается с севера на юг и достигает от 1000 до 1600 часов.

Число дней без солнца является косвенной характеристикой освещенности территории, когда солнечные лучи не достигают земли из-за облачности или тумана, а также в полярную ночь и ночные часы. Наибольшее количество дней без солнца на Крайнем Севере составляет более 200, а к полярному кругу уменьшается до 150 (рисунок 2.3) [1].

Годовой приход суммарной солнечной радиации составляет 3100-3200 МДж/м² при общем увеличении с севера на юг. В годовом ходе поступления суммарной радиации наименьшее ее значение наблюдаются в зимние месяцы, наибольшие – в летние. К северу от полярного круга, во время полярной ночи, суммарная радиация равна нулю (Рисунок 2.4) [1].

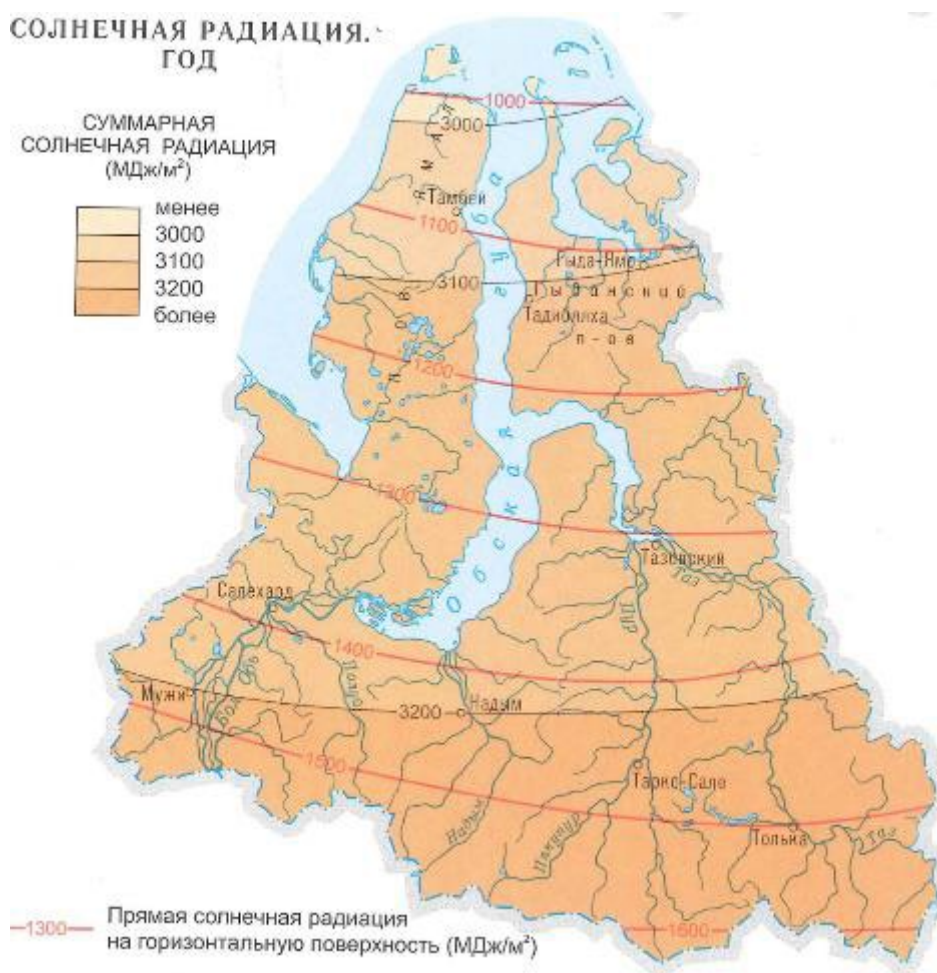


Рисунок 2.4 – Солнечная радиация [1]

Исследование климатических особенностей территории и их влияния на гидрогеологические условия является важной темой для понимания формирования ресурсов и запасов подземных вод. Распределение

атмосферных осадков и их летнего испарения играют главную роль в этом процессе, а также в химическом составе подземных вод.

Среднегодовое количество штилей составляет 3,5%, при этом повторяемость штилей от общего числа наблюдений может составлять от 2,3% до 5,4%.

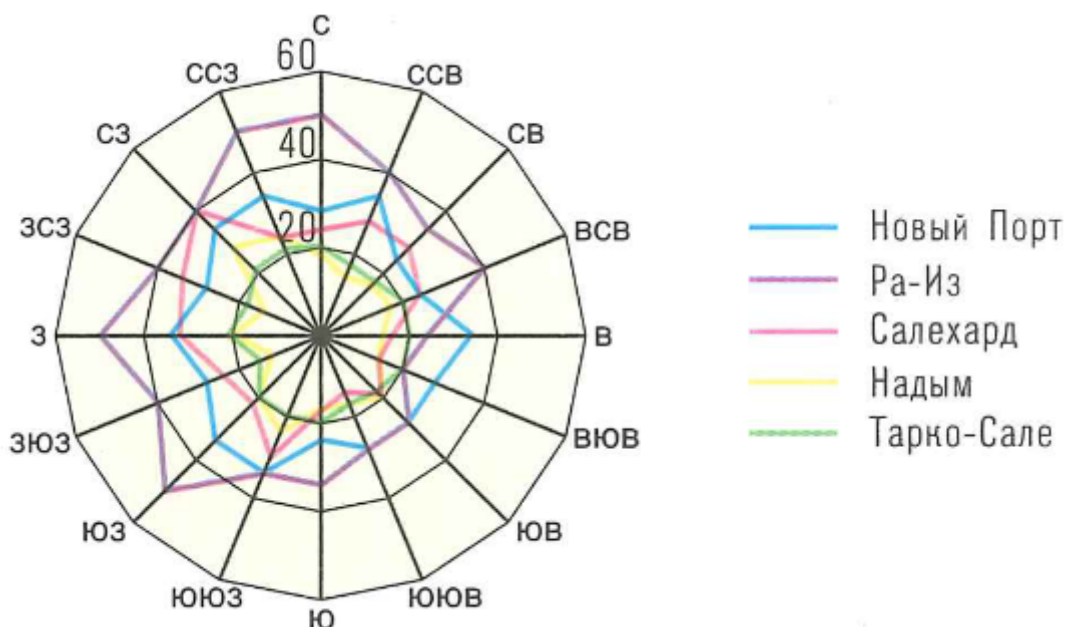


Рисунок 2.5 – Максимальная скорость ветра по направлениям за год, м/с [1]

Важным климатическим фактором является время начала и окончания снежного периода на территории. Первые снеговые осадки обычно фиксируются 11 сентября, а поздние - 25 октября. Среднее время появления снежного покрова составляет 25 сентября. Устойчивый снежный покров, который оказывает влияние на гидрогеологические условия, устанавливается в начале третьей декады октября – начале первой декады ноября. Однако, распределение снежного покрова по площади является неравномерным и зависит от степени расчлененности рельефа, а также от наличия и характера растительного покрова.

2.3 Рельеф

Данная территория, занимающая северную часть Западно-Сибирской равнины и восточные склоны гор Полярного Урала, отличается высокой заболоченностью в связи с очень слабым дренажем. Громадное количество

озерных впадин различного генезиса расположено практически на всей поверхности, включая междуречья, надпойменные террасы и поймы. Хорошо дренированные участки приурочены главным образом к отдельным возвышенностям и придолинным участкам междуречных равнин.

Следуя научному стилю, можно отметить, что равнинная территория округа не так однообразна и проста, как ее ранее считали. На самом деле, это поверхность, наклонная к северу и с несколько приподнятыми краями в Предуралье и вдоль Енисея. В последнее время был выявлен сложный и разнообразный характер ее рельефа, что сделало возможным увидеть крупные элементы, такие как низменности, возвышенности, гряды и увалы. Большинство из них имеют субмеридиональную ориентировку.

Экспертный анализ показывает, что в пределах данного субмеридионального отрезка низменности образуются два основных рукава реки – Малая и Большая Обь, а также целая система протоков и стариц. Стоит отметить, что здесь, в долине Оби, наблюдаются несколько террасовых уровней. Кроме того, на востоке данной территории примыкает возвышенность Нижнеенисейская, которая заходит на территорию Ямало-Ненецкого автономного округа своей северно-западной и юго-западной частью. Одна из особенностей данной территории заключается в том, что именно наиболее высокие абсолютные отметки междуречий отмечаются здесь.

Высоты возвышенного Надымо-Пуровского междуречья колеблются в районе 80-90 м, за исключением двух участков, где они достигают 115 и 135 м. Одним из значимых участков на картах является возвышенность Сатты. Расположенный вдоль южной границы округа увал Нумто является центральной частью Сибирских Увалов. Здесь высоты увала изменяются от 131 до 163 м, причем линия главного водораздела параллельна как северным и южным склонам, так и осевым частям ограничивающих его низменностей.

На западе граница Ямало-Ненецкого автономного округа проходит по водоразделу Уральских гор, а в самой северо-западной части – по их

продолжению, подножию хребта Пай-Хой. Холмисто-увалистые предгорья характеризуются общей сглаженностью форм рельефа, наличием широких продольных понижений и поперечных эрозионных долин, включая горы Малый Урал, хребет Онастэре, гряды Варчатумусюр и другие. Основная площадь в пределах округа занята поверхностями, практически не имеющими уклона или имеющими очень слабые уклоны – до 1,5. В связи с этим, они сильно заболочены и труднодоступны для освоения.

Процессы солифлюкции, оползней, селей наиболее интенсивно проявляются на склонах крутизной 6-20°. Однако наиболее недоступные склоны имеют крутизну от 20° до 45° и даже больше, на которых активно развиваются осыпи, камнепалы, обвалы и лавины. Обычно эти явления приурочены к высоким горным массивам. В Западно-Сибирской равнине, включая ее северную часть, ярусность и линейно-грядовый рельеф являются наиболее важными элементами геоморфологии в геологическом отношении.

В плиоцен-четвертичное время ярусность рельефа отражает этапность осадко- и рельефообразования наиболее наглядно. Различные типы морфоскульптуры (криогенной, криогенно-болотной, флювиальной, эоловой, антропогенной) активно развиваются на поверхности всех геоморфологических уровней севера Западно-Сибирской равнины. Широко распространены термокарстовые, солифлюкционные и полигональные микроформы рельефа, связанные именно с криогенными процессами. Развитие этих морфоскульптур в значительной степени обусловлено практически повсеместным развитием мощной толщи многолетнемерзлых пород.

2.4 Растительный покров и фауна

В округе наблюдается ярко выраженная зональность растительного покрова. На побережье Карского моря, в арктической тундре, растительность скудна и состоит главным образом из кустистых лишайников, зеленых мхов и осок. На юг от нее располагается мохово-лишайниковая тундра, где редкие

кустарники карликовой березы и ивы преобладают. В зонах с более теплым климатом растительность становится более разнообразной. В долинах рек появляются заросли ивняка, ольхи, достигающие высоты трех метров, а по поймам и оврагам до заливов Карского моря распространяются разнотравные луга.



Рисунок 2.6 – Растительность Ямала

В окрестностях г. Новый Уренгой можно встретить разнообразный растительный мир, включающий в себя 65 видов лишайников, 84 вида мхов и 66 видов сосудистых растений. Летом типичная мохово-лишайниковая тундра здесь обилием трав и ягод. Животный мир также представлен множеством видов, характерных для зоны северной тайги и тундры: более 40 видов млекопитающих и рыб, 250 представителей орнитофауны, 100 видов насекомых.

Зона лесотундры, простирающаяся на запад от тундры и на восток от тайги, имеет ширину от 15 до 200 км. Здесь тундровая растительность

чередуются с деревьями лиственницы, ели и березы. В этой зоне преобладает редколесье, а деревья растут медленно и низко.

В зону тундры входят арктическая, типичная и южная подзоны, границы которых пересекаются с очертаниями трёх полуостровов: Ямала, Гыданского и Тазовского. Отсутствие кустарников, в основном карликовой берёзки, и сочетание тундровых сообществ с обнаженными грунты являются основными диагностическими признаками арктических тундр. Эти пятнистые тундры занимают до 20-30% площади северного Ямала. В подзоне типичных тундр вместе с арктическими элементами флоры, такими как осока мечелистная, дриада точечная и ива ползучая, распространены бореальные виды, такие как багульник болотный, сабельник болотный, кровохлёбка лекарственная, седмичник европейский и осока шнурокорневая.

Зеленые мхи составляют основу мохового покрова в данном районе. В северной части подзоны южных тундр распространены низкорослые стелющиеся кустарники, такие как березки карликовые, ивы сизые, филиколоистные и мохнатые. Мерзлые болота (осоково-гипновые и лишайниково-моховые с кустарничками), ивняки и ольховники развиты по всей тундровой зоне в речных долинах, а на склонах можно увидеть заросли ерника. Злаковые и осоковые луга занимают малую площадь. Вдоль побережья Карского моря распространены северные приморские заливные луга (тампы) с осокой редко-цветной и галечной, вейником щучковидным, дюпонцией Фишера и валодеей красноватой, преобладающими видами.

Несмотря на сокращение объемов добычи углеводородного сырья, антропогенное воздействие на животный и растительный мир округа продолжает оставаться сильным. За последние годы, нефтегазодобывающий комплекс изъял из оборота 76 земельных участков общей площадью 75,524 тыс. га для обустройства месторождений и строительства коммуникаций, что привело к изъятию земель охотничьего фонда как среды обитания для представителей флоры и фауны.

Животный мир округа представлен более чем 40 видами млекопитающих и рыб, 250 представителями орнитофауны и 100 видами насекомых и характерен для зоны северной тайги и тундры.

Численность серого гуся вызывает особую озабоченность из-за ее катастрофического падения. Однако данные учета указывают на некоторый рост численности животных по сравнению с 80-ми годами XX века, возможно, это свидетельствует об их адаптации к антропогенному воздействию. Существует увеличение численности таких видов, как дикий северный олень, лось и лебедь. В 1996 году администрация ЯНАО утвердила перечень видов, подвидов и популяций животных, растений и грибов, которые должны быть включены в Красную книгу округа.

В регионе Южного Ямала обитает богатый видовой состав насекомых: около 30 видов равнокрылых, 10 видов клопов, около 200 видов жуков, около 200 видов бабочек, около 150 видов перепончатокрылых и 150-200 видов двукрылых насекомых. В этих местах развиты также оленеводство, звероводство и пушной промысел. В основном разводят серебристо-черных лисиц, голубых песцов и норок, промышленляют песцов в тундре и белку, соболя, росомаху в лесах. Кроме того, здесь можно наблюдать 5 видов стрекоз, 6 видов веснянок и 2 вида прямокрылых.

2.5 Почвенный покров

Изучение почв Ямальского региона считается особенно актуальным, учитывая масштабность и протяженность региона, а также недостаток исследований в этой области [Васильевская, 1980; Алексеев и др., 2015; Ejarque, Abakimov, 2016]. Почвенно-экологические, почвенно-химические и почвенно-таксономические исследования необходимы, чтобы установить инвариантное разнообразие и пространственную динамику факторов почвообразования. Это приводит к формированию десятков типов почв, так как почвообразовательный потенциал среды различен. В Ямале и Гыдане преобладают глееземы, криоземы и торфяно-глееземы.

Высокая гидроморфность ландшафтов и преобладание выровненных форм рельефа приводят к образованию криоземов на дренированных склонах и примыкающих к ним плакорах. В долинах и ложбинах наоборот, появляются стратоземы. На берегах Оби можно встретить криоземы и криоглееземы с вложенными профилями альфегумусовых почв, которые образуются благодаря эоловому фактору, облегчающему гранулометрический состав верхнего слоя. В окрестностях северных городов тип альфегумусовых почв довольно широко распространен в случае выхода песчаных и супесчаных отложений на поверхность.

Ареалы агрогенных почв, используемых местным населением для выращивания сельхозпродукции, приурочены к Салехарду и Лабытнанги. На склонах Полярного Урала широко распространены альфегумусовые почвы, которые представлены преимущественно подбурами, а реже встречаются подзолы. Лесотундровая часть ЯНАО в основном состоит из альфегумусовых почв и криоземов оглеенных, а лайды занимают обширные речные долины и понижения и представлены в основном торфяными почвами и торфяно-глееземами.

В южной части округа можно встретить сочетания альфегумусовых и торфяных почв, но здесь редки текстурно-дифференцированные почвы, как и в других регионах ЯНАО. Южнее Салехарда образования гидролакколитов не являются редкостью, но они перекрыты торфяной толщей органогенного материала.

2.6 Гидрологические условия

Ландшафт Ямало-Ненецкого автономного округа характеризуется богатством и разнообразием водных ресурсов. Он включает множество рек, озер, болот, подземных вод, а также многочисленные заливы и губы Карского моря. Самой крупной морской губой российской Арктики является Обская губа, ее площадь составляет 44000 км².

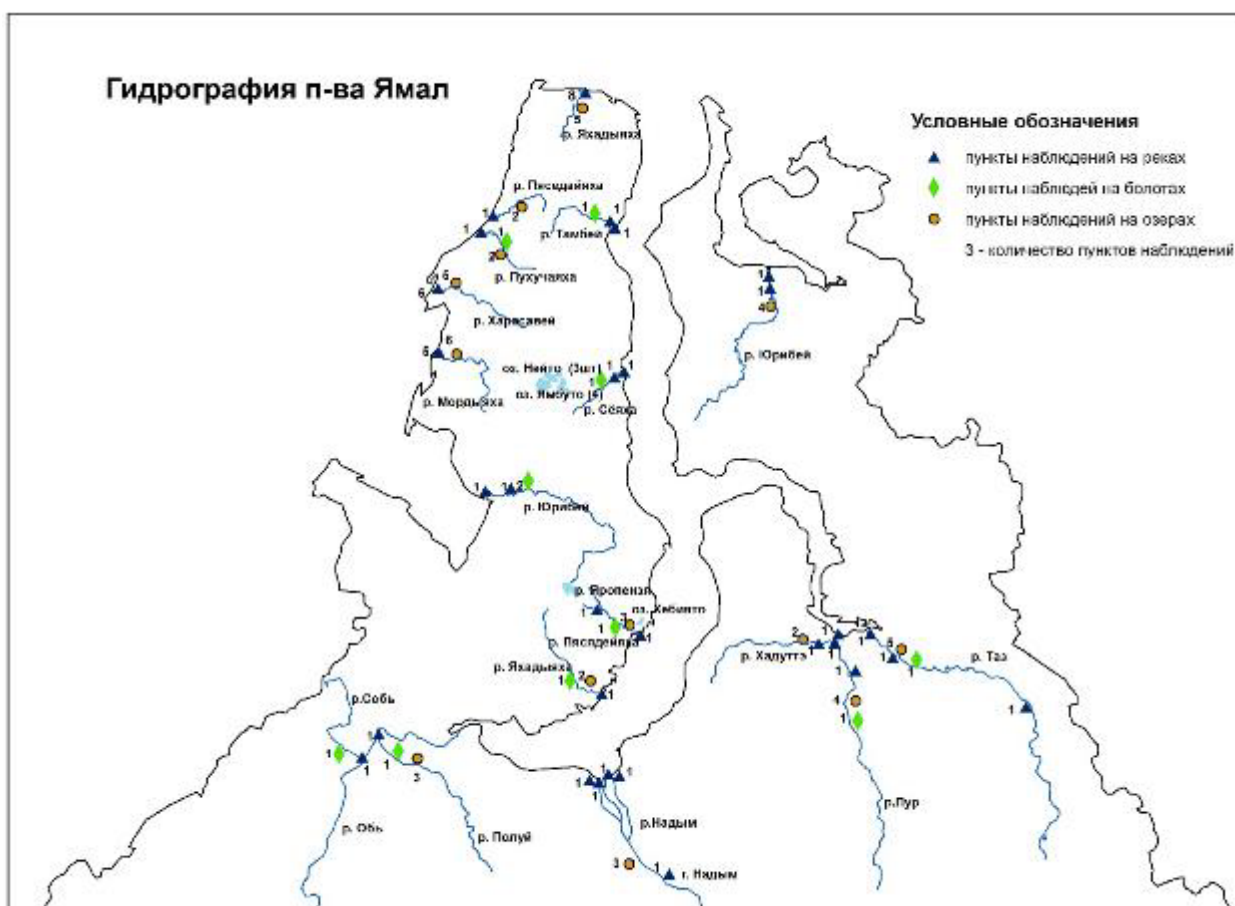


Рисунок 2.7 – Гидрография Ямала

На территории округа насчитывается около 300 тысяч озер и 50 тысяч рек, среди которых выделяются реки Надым, Таз и Пур, а также Обь в ее устье. Одной из характерных черт ландшафта Ямало-Ненецкого автономного округа является наличие озер, большинство из которых имеют ледниковое происхождение.

2.6.1 Прибрежные воды

Побережье Ямало-Ненецкого автономного округа омывается водами Карского моря, к бассейну которого принадлежат реки Обь, Надым, Пур, Таз и многие другие. Береговая линия этого моря имеет множество изломов, а его прибрежная полоса характеризуется мелководностью и слабосоленостью вод. Карское море отличается небольшой глубиной, в среднем она составляет 118 метров. В течение девяти месяцев вода замерзает, начиная с середины октября, и наибольшая толщина льда достигает 6 метров. Речная сеть Ямало-Ненецкого округа, которая включает около 50 тысяч рек, ручьев и проток,

принадлежит к бассейну Карского моря, и более 44 тысяч из них имеют длину менее 10 километров.

Залив Карского моря, называемый Обской губой, простирается глубоко в сушу и является наибольшим морским заливом в секторе Арктики. Его площадь составляет около 44 км², а ширина в среднем колеблется от 45 до 55 км. В южной части Обская губа постепенно мелеет от наносов, которые приносят реки. Лед покрывает губу в течение 8 месяцев в году, а толщина льда может достигать 2 метров. Навигационный период длится от 92 до 117 дней, примерно столько же, сколько и в Тазовской губе. Кроме того, в северо-западной части округа находится Байдарацкая губа, которая омывает ее и является «ледяным мешком» Карского моря.

2.6.2 Реки

В автономном округе преобладают реки сравнительно малой извилистостью, которые плавно текут по широким заболоченным долинам. Ширина долин значительно меняется в зависимости от участка, например, в истоках рек она составляет 200-300 м, а в устьевых участках может превышать 10 км. Продольные уклоны не являются значительными, за исключением рек, которые протекают в районах увалов и при редких перепадах высот на небольших участках. Русла рек имеют корытообразную форму и обычно слабо врезаны, однако в период весеннего половодья берега могут интенсивно разрушаться вследствие боковой эрозии. Объем стока основных рек округа представлен в таблице 2.1.

Река Обь, одна из крупнейших рек на планете, течет в пределах округа двумя мощными рукавами и является одной из самых протяженных в России. Ее длина составляет 4345 км, а площадь бассейна – 2,99 млн. км². Река впадает в Обскую губу Карского моря, а ее годовой сток составляет 394 км³. Преобладает летний сток.

Средняя глубина реки в межень в среднем течении равна 1-1,5 метра, а ширина в верхнем и среднем течении составляет 60-100 метров, а в нижнем – 250 метров. У самого устья реки ширина достигает 900 метров. Питание реки

смешанное, с преобладанием снегового. Средняя продолжительность половодья составляет около 70 дней.

Река замерзает в октябре и вскрывается в конце мая – первой половине июня. Средняя продолжительность ледостава около 7,5 месяцев, а толщина льда в конце зимы достигает 110-115 см.

Таблица 2.1 – Объем стока основных рек Ямало-Ненецкого автономного округа

Наименование реки	Гидрологический створ	Объем стока, млн.м ³	
		Среднегодовое 50% обеспеченности	Минимальный 95% обеспеченности
Обь	п. Аксарка	384739,0	73567,2
Таз	п. Красноселькуп	28382,4	5310,6
Пур	п. Уренгой	27972,4	4888,5
Надым	г. Надым	14285,8	3632,9

Несколько рукавов реки Таз впадают в Тазовскую губу Карского моря, которая берет начало на Сибирских Увалах. Река течет среди болот в северо-восточной части Западно-Сибирской равнины, а ее долина является широкой, с многочисленными разветвлениями и меандрами, а в устье образуется мелководный бар. Площадь бассейна реки составляет 150 тысяч квадратных километров, а ее длина равна 1401 километру. Большинство притоков Таза - Толька (длина 391 км, площадь бассейна 13,3 тыс. км²) и Худосей (длина 409 км, площадь бассейна 11,2 тыс. км²). Река питается преимущественно снегом (54%) с большой долей грунтового (27%).

Река Пур имеет длину 389 км и образуется слиянием рек Пякупур и Айваседапур, истоки которых расположены на северных склонах Сибирских Увалов. Она протекает строго с юга на север и впадает в Тазовскую губу. Половодье Пура в верхнем течении наступает с конца апреля по сентябрь, а в низовьях – с конца мая по сентябрь. Наибольший расход воды составляет 6630 м³/с, наименьший – 157 м³/с, а средний расход воды в 357 км от устья

равен 930 м³/с (в устье около 1450 м³/с). Сток весной составляет 60%, летом и осенью – 21%, а зимой – 19%. Низовья Пура являются судоходными.

В бассейне реки Большой Пур, площадью 250 000 км², насчитывается около 6350 водотоков, из которых 5500 имеют длину менее 10 км. Обрывистые берега и двухсторонняя пойма характеризуют реку. Ширина долины изменяется от 5-10 км на верхнем участке до 10-12 км в среднем течении и до 20-25 км в нижнем. Перед впадением в Тазовскую губу русло реки делится на два рукава: левый – Большой Пур и правый – Малый Пур. На выходе реки в Тазовскую губу имеется бар (отмель). Половодье реки наступает в мае и достигает пика через 20-30 дней, после чего начинается спад, который длится в среднем 55 дней.

В бассейне реки Пур находятся газовые и газоконденсатные месторождения, а также ведется промысел сиговых, частичковых и других рыб. Кроме того, река Пур является судоходной.

2.6.3 Озера и болота

Ямало-Ненецкий автономный округ характеризуется наличием множества озер, которые можно назвать страной озер. Большинство из них относительно невелики и неглубоки, но есть и такие, как Яррото, Шурышкарский Сор и Большое Щучье, которые имеют площадь в 200 км² и глубину до 136 м. Озера в основном ледникового происхождения. Десятки тысяч озер разнообразны по размерам, форме и происхождению и находятся по долинам рек, особенно много озер в центральной части п-ова Ямал. Они являются одной из характерных черт ландшафта этого региона.

Озера на территории округа в основном мелкие, средняя глубина составляет 1-2 метра, иногда достигая 3 метров. Многие из них связаны с речной системой и обладают значительным запасом рыбы. На Пур-Тазовском водоразделе, в южной части округа, система озер, таких как Кожерель-Ту (Чертово озеро), Часельское, а также Нумто и другие озера в истоках реки Надым, имеют важное значение для рыбной промышленности. Берега озер являются излюбленным местом стоянки оленеводов, а летом здесь собирается

большое количество пернатой дичи. В горной части Полярного Урала можно найти глубокие озера, расположенные в каровых или троговых долинах.



Рисунок 2.8 – Типичные озёрно-болотные системы Ямала

В округе имеется множество озер, с различным качеством воды. Они подразделяются на ледниковые, термокарстовые, пойменные, западинные и прибрежно-лагунные озера. Суммарный объем воды в этих озерах составляет около 70-75 км³. Самым глубоким в Уральской горной системе является озеро Большое Щучье, расположенное на высоте 189 м над уровнем моря и имеющее глубину 136 м. Вода в озерах прозрачна и голубоватого цвета. Уровни воды в озерах полностью зависят от режима их питания и водного баланса. Наивысшие уровни воды наблюдаются в период очищения озер от ледяного покрова.

Солевой баланс водоемов определяет химический состав и минерализацию озерных вод. Соли поступают в озера с поверхностными и подземными водами, а также с атмосферными осадками. Внутриболотные озера, которые преобладают в Ямало-Ненецком автономном округе, имеют очень маленькую общую минерализацию воды в силу минимальных показателей минерализации атмосферных осадков и болотных вод, которые питают эти водоемы. Вода в этих озерах очень мягкая и преимущественно состоит из гидрокарбонатов и кальция, а концентрация водных ионов варьируется от щелочной до кислой. Количество биогенных веществ, железа, растворенных газов, органических и загрязняющих веществ значительно изменяется в различных территориях и со временем.

В Красноселькупском районе общее количество озер составляет всего 41. Среди них наиболее крупные - Выркпокотылькыто, Нумто, Кыпасылькыльпорыльту, Кэлыльто, Анато, Верхнее Чертово, и Ыпкыльто. В Надымском районе же насчитывается около 55 тысяч озер, приблизительно 700 из которых имеют площадь более 1,0 км². Большинство озер находится на болотах и заболоченных землях, а свыше 1200 озер располагаются в поймах рек. Интересно, что Надымский район единственный в автономном округе, где нет ни одного водоема площадью более 20 км², и всего четыре средних по величине озера - Сор (Явонгто), Хомскутлор (Емынглор), Сипаттато (Сымпатато) и Ямбто.

В Приуральском районе располагается свыше 20 тысяч озер, среди которых Большой Велемганский Сор, Большой Полуйский Сор, Большой Собтыеганский Сор, Воронковский Сор, Неутинский Сор и Орьяхлор являются крупнейшими, имеющими площадь свыше 25 км². В Пуровском районе же насчитывается около 85 тысяч озер, 1400 из которых имеют площадь от 1,0 до 5,0 км², 71 – от 5,0 до 10 км², а 20 – свыше 10 км². В районе отсутствуют озера, превышающие 100 км² в площади, но самые крупные, такие как Сенмуто, Часельское, Пякуто, Тетумаментотяй, Хынуто, Юрто (Юрольхто), Вытытотиань, Порнэяганто, Мал. Хынуто, Чончаррагато, Ньюто

и Косомыто имеют площадь свыше 50 км². Подавляющее большинство озер, а именно 86 %, находится на болотах и заболоченных землях, а 2900 водоемов являются пойменными.

В Тазовском районе насчитывается более 55 тыс. озер, среди которых около 600 имеют площадь зеркала от 1,0 до 10 км². Существует 17 средних озер, четыре из которых имеют площадь более 50 км². Одно озеро, Ямбуто, является самым крупным. На северо-востоке района находится компактная Ямбуто-Гыдинская озерная группа, которая состоит из крупных озер: Ямбуто, Периптавето, Хасато, Хучето и Гыда. В других местах самыми значительными озерами являются: Ярато, Парисенто, Вэнто, Хыденто, Ханебчето, Енелово, Ёрято, Пыемалто и Лангто.

В Шурышкарском районе насчитывается около 17 тыс. озер, включая Шурышкарский Сор, Питлярский Сор, Варчаты, Войкарский Сор, Куноватский Сор, Пословлор, Зажимчавский Сор, Ванкты, Кумлор – самые большие из них. Одно из 15 крупнейших озер Тюменской области находится в Шурышкарском районе.

В Ямальском районе, напротив, насчитывается около 53 тыс. озер, включая более 1000 озер с площадью зеркала от 1,0 до 10 км², 36 озер – от 10 до 50 км² и 8 озер – от 50 до 100 км². Ямальский район выделяется среди других районов округа по числу самых крупных озер. Большинство крупных водоемов образуют две компактные озерные группы – Центральнаямальскую (Нёято – Ямбуто) и Южнаямальскую (Верхнеюрибейскую, Ярато).

Болота являются колоссальнымместилищем воды. Для развития многочисленных болот округа имели существенное значение режим накопления осадков на древних озерно-аллювиальных равнинах и неоднократные морские трансгрессии четвертичного периода на севере Западной Сибири. Также важную роль в этом играет вечная мерзлота, которая распространена в пределах описываемой территории и является наследием четвертичной истории суши. Все это наложило существенный отпечаток на типологические особенности болот, которые подчинены в своем

географическом распределении, прежде всего, геолого-геоморфологическим факторам и только во вторую очередь – климатической зональности.

На описываемой территории, где царят суровые климатические условия, имеются арктические эвтрофные (низменные) минеральные и торфяно-минеральные болота, которые характеризуются скудной растительностью и ярко выраженным трещиноватым и валиково-полигональным мерзлотным рельефом.

2.7 Геологические условия

Фундамент Западно-Сибирской плиты формировался в течение длительного периода, начиная с рифея, когда произошёл раскол древнего суперконтинента Пангея I. Затем, на протяжении всего палеозойского времени, на востоке, юге и западе плиты длительно развивались геосинклинальные прогибы и формировались складчатые системы байкальского, салаирского и каледонского возраста. В конце позднего палеозоя, в результате деформаций сжатия, сформировались герцинские складчатые системы, которые спаялись воедино с разделявшими и обрамлявшими их древними массивами и догерцинскими складчатыми зонами. Это привело к образованию гетерогенного фундамента Западно-Сибирской плиты.

Процессы растяжения на рубеже палеозойской и мезозойской эр заменили процессы сжатия, что привело к формированию многочисленных субмеридиональных грабенов в западной и южной частях плиты в раннем триасе. Триасовая рифтовая система сыграла ключевую роль в формировании структур платформенного чехла. На протяжении мезозойско-кайнозойского времени территория Западной Сибири погружалась относительно западного, южного и восточного обрамления — Урала, Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского кряжа.



Рисунок 2.9 – Геологическая карта Западно-Сибирской равнины

В ранней юре северная и центральная части плиты испытывали общее опускание без дифференциации, что привело к формированию верхнего комплекса ее чехла. На основании этого комплекса расположены континентальные терригенные угленосные отложения. В середине юрского периода море начало проникать на территорию плиты, затопив ее в начале позднеюрской эпохи. Наиболее интенсивное опускание произошло в конце поздней юрского периода, когда внутренняя часть плиты быстро опустилась без компенсации. Это привело к возникновению широкого и относительно глубоководного прогиба и трансгрессии на большей части Западно-Сибирской плиты с севера.

В волжском веке отложения баженовской свиты, которые представляли собой маломощные глубоководные битуминозные кремнистые глины, формировались в условиях некомпенсированного осадконакопления. В конце юры и начале мела в Западной Сибири начался процесс позднекиммерийской складчатости, который привел к регрессии и некоторой активизации

тектонической жизни. От апта до конца эоцена на территории плиты существовал мелководный морской водоём, в котором откладывались терригенные (апт-сеноман) и кремнисто-терригенные (турон-эоцен) осадки.

Начиная с позднего эоцена, область денудации охватывала север, северо-западную и северо-восточную части Западно-Сибирской платформы, в то время как центральная и южная части плиты опускались. Воздымание северных регионов продолжалось вплоть до конца неогена, расширяясь в южном направлении, а центр прогибания смещался на юг плиты с позднего олигоцена. В четвертичный этап развития плиты возобновилось погружение северной части, что привело к формированию здесь достаточно мощной толщи осадочных образований.

2.8 Гидрогеологические условия

В разрезе платформенных отложений северной части Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) выделяются пять гидрогеологических (водоносных или преимущественно водоупорных) комплексов:

I включает в себя отложения от олигоценовых до четвертичных;

II – отложения туриноолигоценового возраста;

III – апт-сеноманские отложения;

IV – валанжин-барремские отложения;

V – юрские и триасовые отложения.

Гидрогеологические условия ЗСМБ зависят от нескольких факторов, включая наличие многолетнемерзлых пород (ММП) и агрегатное состояние подземных вод в микрizonaх. Ресурсы пресных подземных вод на полуострове Ямал ограничены, особенно в свете развития криопэг и высокой минерализации, (достигает 25-83 г/л, а на лайдах острова Карского моря – до 111 г/л).

В Ямало-Ненецком автономном округе находится провинция пресных подземных вод верхней водоносной системы мегабассейна, которая занимает всю территорию этого региона. Здесь формируются подземные воды

криогенной метаморфизации и выщелачивания с минерализацией до 0,3-0,5 г/л, пестрого анионного состава, которые подразделяются на очень, особо и умеренно пресные. Среди них наиболее распространены гидрокарбонатные натриевые воды I типа.

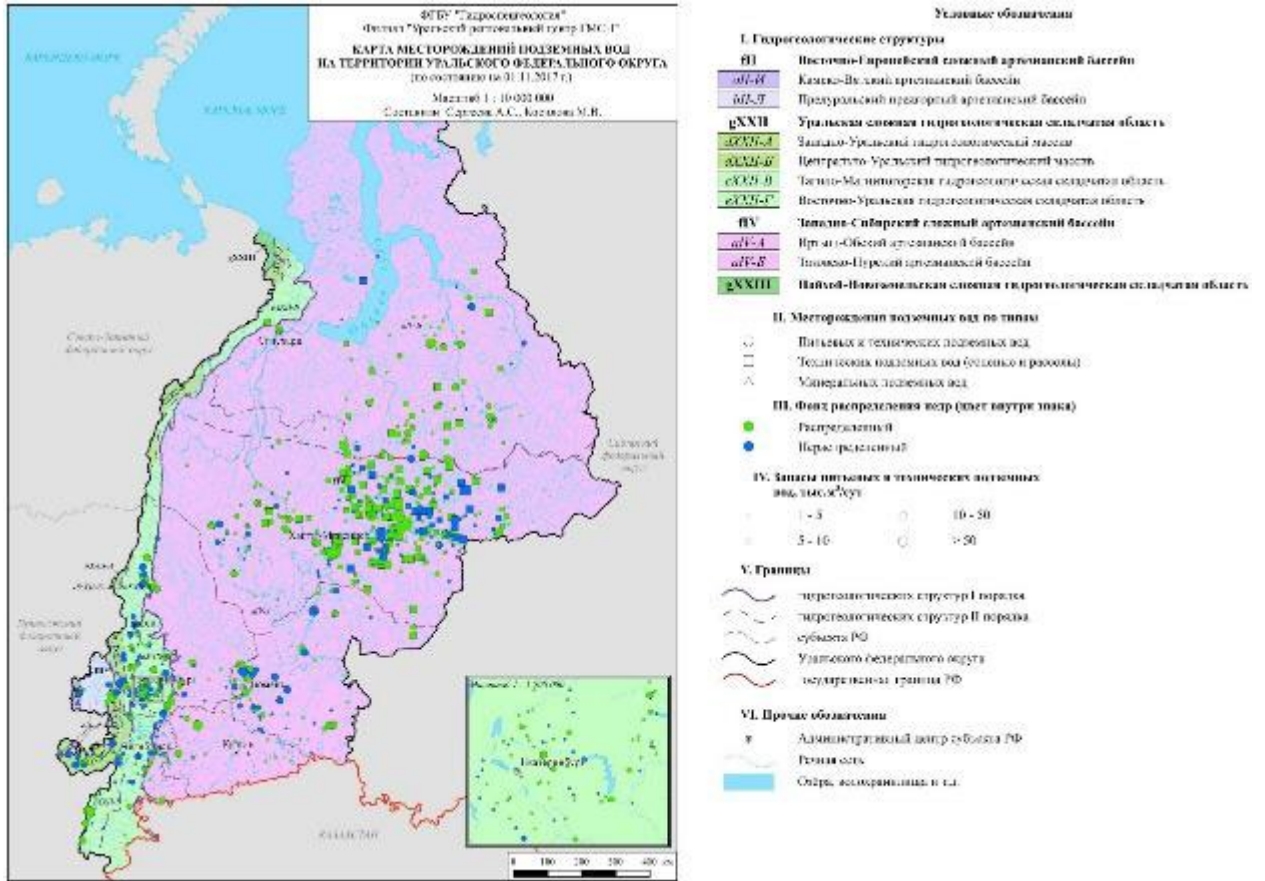


Рисунок 2.10 – Гидрогеологическая карта Уральского федерального округа

Второй гидрогеологический комплекс, состоящий из турон-олигоценых отложений, сложен преимущественно водоупорными породами.

Подмерзлотные воды третьего, четвертого и пятого гидрогеологических комплексов имеют солоноватый или соленый хлоридный натриевый состав. Вдоль Урала можно проследить узкую полосу пресных подземных вод в этих комплексах, а в Приенисейской зоне развита мощная зона пресных подземных вод на глубинах от 1,5 до 1,8 км.

Минеральные лечебные подземные воды юрских и триасовых отложений покурского и зареченского надгоризонтов обычно содержат йод, бром и кремнекислоту и имеют термальную температуру до 130-105 °С.

3 Методика применения данных дистанционного зондирования

3.1 Основы дистанционного зондирования Земли

Дистанционное зондирование – это метод получения информации без необходимости прямого контакта с объектом, явлением или областью, представляющей интерес. Этот процесс включает в себя бесконтактные исследования, проводимые с различных измерительных платформ, включая космические и бортовые транспортные средства, такие как спутники, космические аппараты, вертолеты и самолеты. Наземные станции, подводные лодки и суда также используются в качестве измерительных платформ. Дистанционная регистрация излучения позволяет получить двумерное изображение рассматриваемого объекта, которое известно как метрическое изображение. Этот тип изображения получается с помощью дистанционного зондирования.

Измеряя излучение, как отраженное, так и собственное, можно намеренно получить изображение объекта. Эта целенаправленная форма регистрации, измерения и визуализации излучения известна как моментальный снимок, который предоставляет географическую информацию о конкретном объекте. За последние несколько десятилетий объем материалов дистанционного зондирования значительно увеличился как по качеству, так и по разнообразию. В настоящее время только аэрокосмические снимки содержат более 100 000 000 изображений, что указывает на полный охват земной поверхности с многочисленными участками, многократно перекрывающимися.

Отметим, что программы аэрофотосъемки поверхности Земли сегодня повсеместно закрываются, вследствие чего все более актуальной становится космическая съемка. Базисом космических систем является регулярно пополняемая длительная работа спутниковых систем, представляющих собой группировки спутников. В подобные спутниковые системы интегрирована

сложная инфраструктура, позволяющая космическим аппаратам функционировать на земной орбите, осуществлять прием различных данных, их распространение и хранение.

Космические снимки за счёт имеющихся у них свойств широко применяются в различных сферах. Благодаря полученным из космоса материалам исследования Земли, науки о Земле расширяются и дополняются. Космическая съёмка актуальна и в тех исследованиях, которые посвящены природным ресурсам, изучению окружающей среды и исследованию динамики явлений природы. Благодаря космическим снимкам можно изучать ключевые структурные характеристики биосферы, гидросферы, атмосферы и литосферы. Помимо этого, космические снимки позволяют изучать ландшафты на глобальном, зональном и региональном уровне. Существуют различные научные направления, такие как метеорология, космическая картография, спутниковая гидрофизика, океанология и геодезия, которые используют дистанционное зондирование для получения данных. Это позволяет оперативно обновлять и составлять тематические и общегеографические карты. Кроме того, такая информация может использоваться для оперативного контроля за состоянием окружающей среды, что положительно влияет на качество геоэкологического мониторинга.

При помощи дистанционных методов исследования природных явлений и объектов обеспечивается более обзорный подход. Благодаря возможности повторного проведения исследований и получения актуальных данных через определенные временные интервалы, этот подход позволяет получать более точную картину, отслеживать изменения в развитии тех или иных процессов. Дистанционные методы также обеспечивают возможность быстрого передачи и получения изображений, а также проведения комплексного анализа динамики исследуемого явления на основе данных оперативного картографирования.

Отмечу, что космические снимки обладают очень ценными свойствами, обуславливающими их высокую значимость для картографирования. К таким свойствам относятся, в частности, следующие:

- возможность произвести большой охват территорий, вследствие чего повышается генерализованность изображений;
- возможность обеспечить систематический повтор съемок, что позволит судить о развитии и изменениях явлений природы, как эпизодических (например, наводнений, лесных пожаров, вулканических извержений и т.п.), так и периодических (циклически повторяющихся каждый сезон или каждые сутки), а также изучать характер хозяйственной деятельности (например, скорость уборки урожая, процесс созревания урожая, исследовать использование посевных площадей, загрязнение моря и суши и т.д.);
- возможность осуществить съемку больших территорий одновременно, вследствие чего можно говорить о взаимосвязи ландшафтных компонентов;
- возможность на основе снимков сделать выводы о региональных, зональных и структурных особенностях всей планеты.

Карты, составляемые на основе космических снимков, более чётко и достоверно позволяют отобразить многие явления, которые без подобных снимков вообще нельзя было бы зафиксировать.

Перечислим основные преимущества применения дистанционного зондирования при картографировании:

- данные, использующиеся во время исследования, являются максимально достоверными;
- границы объектов можно определить с высокой точностью;
- обеспечиваются высокие значения коэффициента объективности при выделении объектов или отнесении их к какому-либо классу;

- происходит сокращение объема проводимых наземных исследований, что позволяет завершить исследования более оперативно.

Отметим, что дистанционные методы – это, косвенные методы, то есть при помощи их фиксируются не сами параметры исследуемых объектов, а ряд величин, связанных с ними. Для дешифрации полученных параметров нужно осуществлять предварительные исследования, которые предполагают применение контактных методов изучения объекта исследования во время экспериментов.

Итак, методы, позволяющие изучать планету из космоса, являются высокотехнологичными, поскольку требуют применения сложных электронных и оптических приборов, ракетной техники и компьютеров, а также новых подходов, позволяющих интерпретировать полученные результаты. Несмотря на то, что сложные подспутниковые исследования осуществляется на сравнительно небольшой поверхности, полученные данные можно обобщать и распространять на большие территории (вплоть до всей земной поверхности).

3.2 Виды излучения и его взаимодействие с поверхностью Земли

Дистанционные методы основываются на принципе интерпретации данных, полученных вследствие измерений уровня электромагнитного излучения, отражаемого объектом или излучаемого им. Такое электромагнитное излучение регистрируется в определённой точке пространства, в некоторой удалённости от объекта исследования.

Электромагнитные излучения практически не видны для человеческого глаза. Воспринимаемый человеческим зрением спектр – это так называемый видимый диапазон, находящийся в интервале 0,38-0,73 мкм. Отметим, что по большей части электромагнитный спектр лежит за границами возможности человеческого зрения, однако в ряде случаев электромагнитное излучение может восприниматься иными органами чувств. В частности, человек может

воспринимать инфракрасное излучение кожей, поскольку для неё оно ощущается как тепло.

Дистанционные методы классифицируются на активные и пассивные в зависимости от источника энергии. Собственно датчики, являющиеся приборами дистанционного зондирования, уже могут воспринимать более широкий диапазон излучений, что открывает новые возможности для изучения окружающей среды и ее состояния. Однако, существенный рост объемов входящей информации создает проблему обработки получаемых данных со спутников. Для решения этой проблемы необходимо создавать новые, более совершенные алгоритмы, которые позволят извлечь из спутниковых данных заложенную в них информацию.

Если речь идёт об активных методах, то в данном случае спутник генерирует за счёт своего источника энергии информационный сигнал, посылает его на Землю, а затем производит регистрацию отражения данного сигнала. В качестве источника энергии может выступать радиолокационный передатчик, лазер и т.д.

Отметим, что наиболее применимыми являются пассивные методы, основанные на регистрации солнечной энергии, отраженной от объектов или на регистрации электромагнитного излучения, которое фиксируется на участках поверхности (рисунок 3.1).

Приемные системы спутника обрабатывают данные излучения, преобразуя его в электрический сигнал, который затем передается на Землю для дальнейшей обработки. Каждое отражение содержит информацию о конкретных участках, отражающих излучение, и их свойствах. Во время пути к спутнику атмосфера частично рассеивает и поглощает отраженный сигнал, а приемная система собирает как отраженное, так и рассеянное излучение. Интерпретация полученной информации представляет значительную сложность. Не следует забывать, что Солнце не является единственным источником излучения, а также атмосфера и подстилающая поверхность могут выступать в этой роли.

Если говорить о видимой спектральной области, то и атмосфера, и подстилающая поверхность незначительно влияют на излучение, однако ситуация меняется уже в инфракрасной зоне.

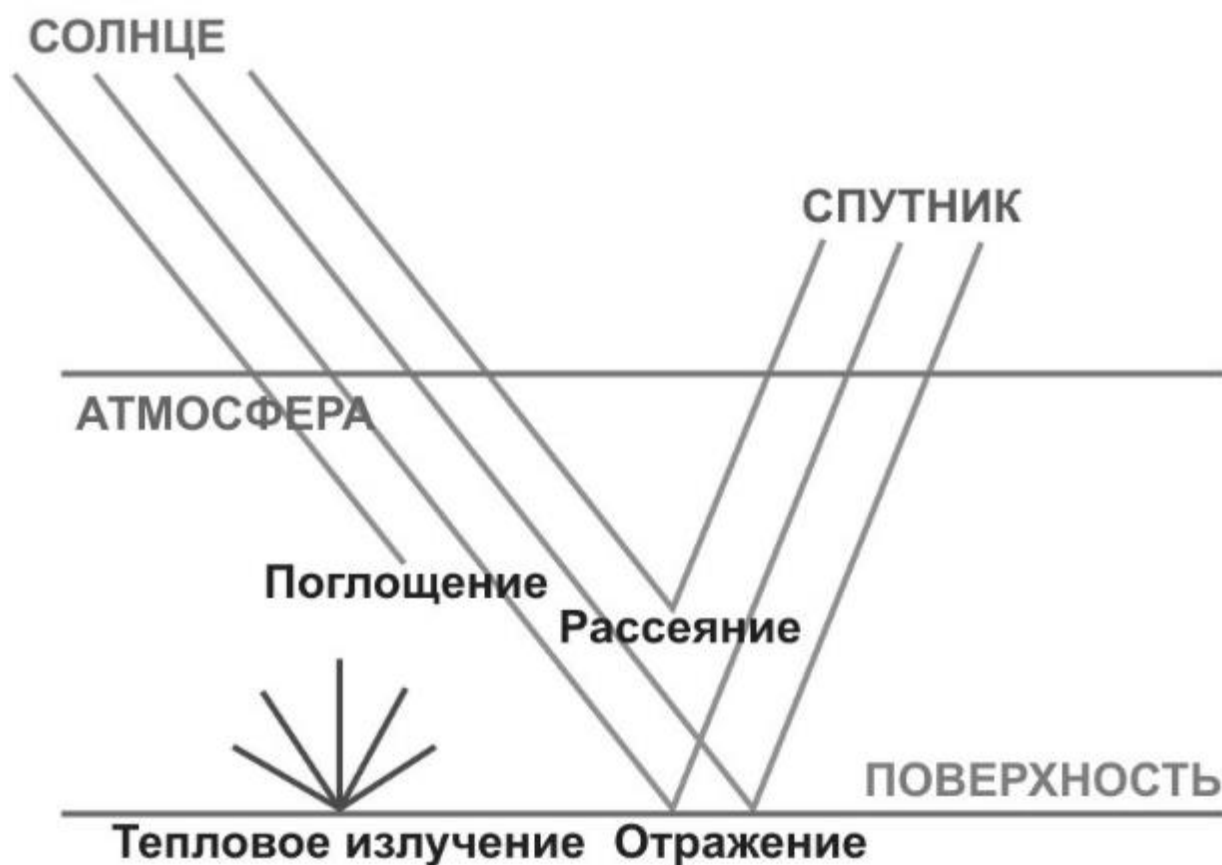


Рисунок 3.1 – Трансформации электромагнитного излучения в дистанционном зондировании

Земля излучает собственное тепло, при этом если длины волн составляют более 4 мкм, то тепловое излучение нашей планеты превышает солнечное излучение. На основе регистрируемых из космоса значений интенсивности теплового излучения, можно с достаточной степенью достоверности определить температуру водной поверхности и поверхности суши Земли. Такие данные представляют собой очень важную экологическую информацию.

Пассивное дистанционное зондирование подразумевает применение части электромагнитного спектра, куда включаются длины волн в диапазоне 0,25 мкм-1 м. Более подробно охарактеризуем каждый из диапазонов, входящих в этот участок спектра:

- 0,25-0,4 мкм – ультрафиолетовый диапазон;
- 0,4-0,7 мкм – видимый диапазон;
- 0,7-1,3 мкм – ближний инфракрасный диапазон;
- 1,3-3 мкм – средний инфракрасный диапазон;
- 3-1 000 мкм – дальний, или тепловой инфракрасный диапазон;
- 1 000 мкм – 1 м – миллиметровый и микроволновый участки радиодиапазона.

Падающее электромагнитное излучение может вступать с объектами в три типа взаимодействия:

- отражение;
- пропускание;
- поглощение.

Соотношение, связывающее все компоненты изучения, может быть выведено на основе закона сохранения энергии.

Свойства поглощенного, отраженного и пропущенного излучения будут отличаться для различных объектов, находящихся на поверхности Земли. Особенно важно вещество, из которого состоит объект, а также физические условия окружающего объекта. Благодаря этим различиям объекты на снимке могут быть идентифицированы. Даже у объектов, относящихся к одному типу, соотношение между отраженным, поглощенным и пропущенным излучением может отличаться в зависимости от длины волны.

В рамках одного спектрального диапазона объекты могут казаться неразличимыми, но в другом диапазоне будут явственно различаться. Если говорить о видимой спектральной части, то различия могут проявляться в световом изменении. Например, если большую часть излучения объектов отражает синяя спектральная часть, то объекты будут казаться синими, а если большую часть отражения приходится на зеленый диапазон спектра, то объекты будут выглядеть зелеными. Это применимо и к другим цветам.

Амплитудные вариации спектра отраженного излучения используют для дешифрирования различных объектов на снимке.

Поскольку множество систем дистанционного зондирования работает в тех спектральных диапазонах, где доминирует отраженное излучение, отражательные свойства различных объектов играют очень важную роль при их идентификации.

Также важно учитывать геометрические характеристики отражения, которые в основном зависят от неровности поверхности. На плоской поверхности наблюдается зеркальное отражение, при котором угол отражения равен углу падения. На неровной поверхности возникает диффузное (или ламбертово) отражение, при котором падающее излучение отражается равномерно во всех направлениях. В реальной ситуации отражение носит смешанный характер.

На рисунке 3.2 представлены различные виды отражения. Категория поверхности зависит от отношения размеров ее неровностей к длине волны падающего излучения. Так, например, в видимом диапазоне песчаный пляж является неровной поверхностью, но в более длинноволновой части электромагнитного спектра он ведет себя как плоская поверхность. Иными словами, если длина волны падающего излучения много меньше вариаций высоты поверхности или размеров слагающих ее частиц, то отражение будет диффузным.

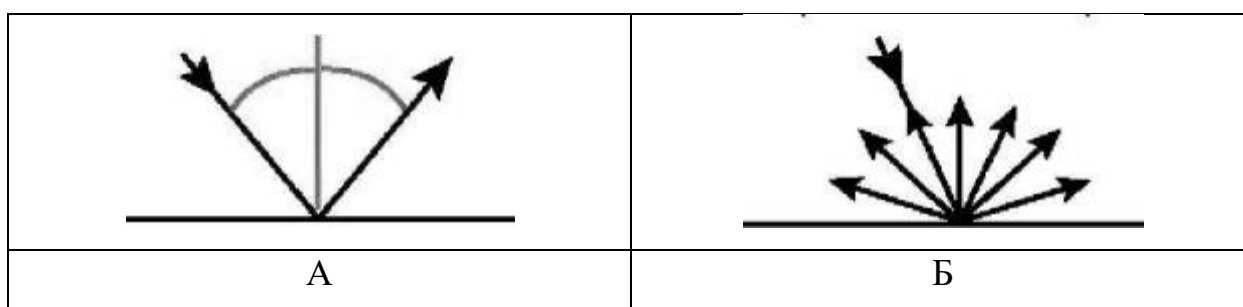


Рисунок 3.2 – Зеркальное (А) и диффузное (Б) отражение

При диффузном отражении спектр излучения содержит в себе также информацию касаясь цвета поверхности, чего не наблюдается в случае с зеркальным отражением. В этой связи при осуществлении дистанционного зондирования важным является произведение измерений диффузных характеристик отражения территорий.

Различные элементы поверхности (почва, растительность и вода) отражают излучение по-разному в зависимости от зон электромагнитного спектра. График зависимости спектральной отражательной способности объекта от длины волны называется кривой спектральной отражательной способности. Изучение данной кривой позволяет оценить спектральные особенности объекта. При выборе диапазона спектра для дистанционного зондирования вид кривой играет важную роль. Для измерения отражательной способности в полевых или лабораторных условиях используется спектрометр.

Ход кривых отражательной способности может меняться в зависимости от состояния объекта. Например, имеются кривые для влажной почвы, сухой почвы, загрязненной и чистой воды, а также для лесов.

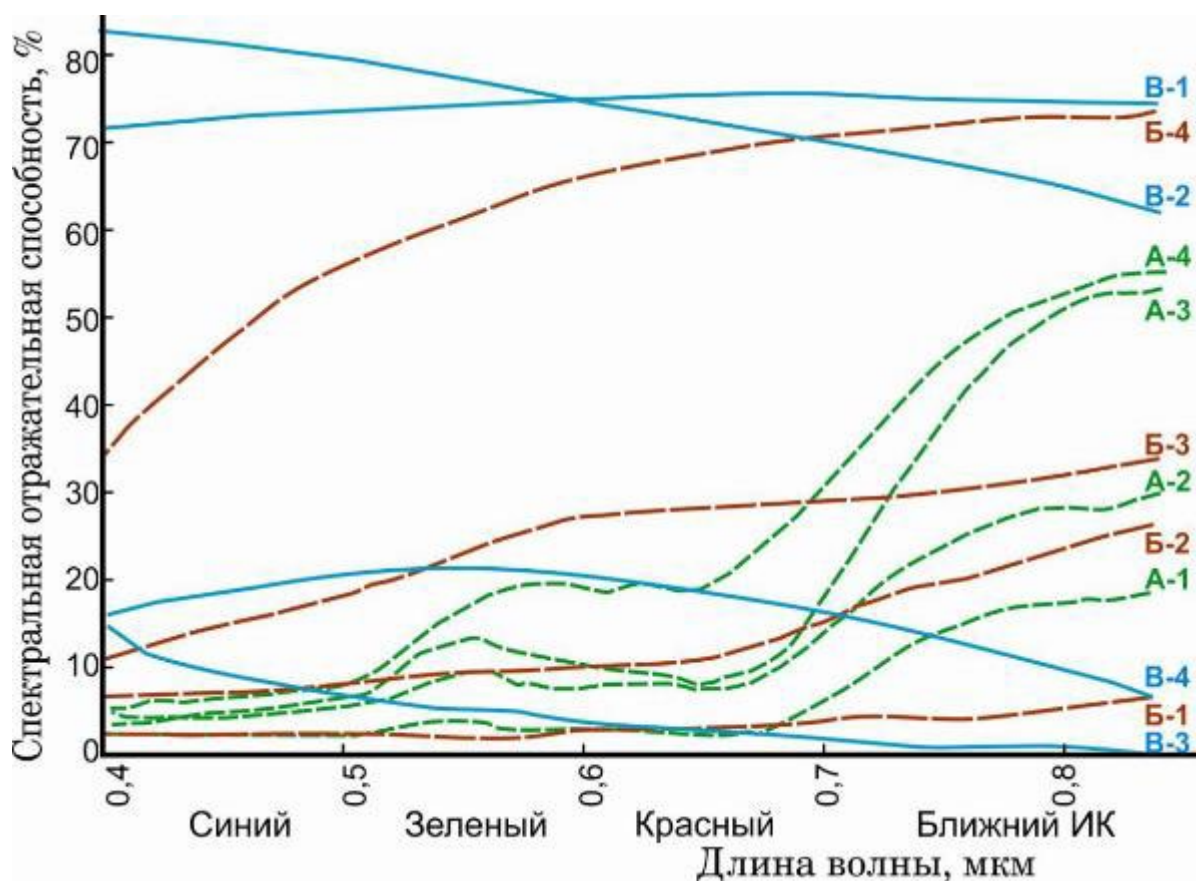


Рисунок 3.3 – Кривые спектральной отражательной способности различных природных объектов (пояснения см. в таблице 3.1)

На рисунке 3.3 приведены примеры обобщенных спектральных кривых для типичных объектов Земли.

Таблица 3.1 – Пояснения к рисунку 3.3

Класс А	Растительный покров
А-1	Кривая расположена очень низко, слабый максимум в видимой и незначительный подъем в ближней ИК-области спектра, <i>соответствует хвойным лесным породам в зимний период</i>
А-2	Кривая имеет четкий максимум в видимой области спектра, расположена выше предыдущей кривой, заметно выше поднимается в ближней ИК-области спектра, <i>соответствует хвойным лесным породам в летний период</i>
А-3	Кривая имеет резко выраженный максимум в желто-зеленом участке и очень высокий подъем в ближней ИК-области спектра, <i>соответствует лиственным лесам в летний период и травяным покровам с густой и сочной растительностью</i>
А-4	Кривая имеет подъем во всем видимом диапазоне, высокий подъем в ближней ИК-области спектра, <i>соответствует лиственным лесам в осенний период, созревшим (пожелтевшим) полевым культурам</i>
Класс Б	Почвы и обнажения
Б-1	Кривая равномерно поднимается в направлении ближнего ИК-участка спектра, <i>соответствует черноземным почвам</i>
Б-2	Кривая равномерно поднимается в видимой области спектра и имеет более крутой подъем в ближней ИК-области спектра, расположена выше кривой первого типа, <i>соответствует дерновоподзолистым почвам</i>
Б-3	Кривая имеет более крутой подъем и выпуклость на участке спектра 0,55–0,65 мкм, расположена выше кривых первого и второго типов, <i>соответствует пескам, обнажениям пустыни, некоторым горным породам</i>
Б-4	Кривая выпуклая с крутым подъемом, расположена значительно выше всех трех предыдущих типов, <i>соответствует известняку, глине и другим светлым объектам</i>
Класс В	Водные поверхности и снежный покров
В-1	Нейтральная высоко расположенная кривая, <i>соответствует снегу, покрытому ледяной коркой</i>
В-2	Кривая имеет постепенное и равномерное падение к ближней ИК-области спектра, расположена высоко, <i>соответствует свежесыпавшему снегу</i>
В-3	Кривая имеет сильное падение в видимой и очень пологое понижение в ближней ИК-области спектра, <i>соответствует чистой воде</i>
В-4	Кривая расположена существенно выше предыдущей кривой и <i>соответствует мутной воде</i>

Для тех задач, которые предусматривают количественные оценки растительности, чаще всего применяют такой индекс, как NDVI

(вегетационный индекс). Данный индекс является относительным нормализованным индексом растительности, принимающим положительное значение для растительности. Индекс прямо пропорционален количеству зелёной фитомассы: чем больше фитомассы, тем выше индекс. Влияние на индекс оказывает также и состав растительности исходя из её вида, её вегетации и сомкнутости, пространственных характеристик поверхности таких как – угол наклона и экспозиция, а также оттенков почвенного покрова.

Нормализованный относительный индекс растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}, \quad (3.1)$$

где ρ_{NIR} – снимок канала в ближнем инфракрасном диапазоне, ρ_{RED} – снимок канала в красном диапазоне.

Расчёт данного показателя может осуществляться на базе любых снимков, которые имеют спектральные каналы в ближнем инфракрасном и красном диапазонах (разрешение при этом может быть как высоким, так и средним или даже низким).

Расчёт данного показателя может осуществляться на базе любых снимков, которые имеют спектральные каналы в ближнем инфракрасном и красном диапазонах (разрешение при этом может быть как высоким, так и средним или даже низким).

На основе принимаемых данных по электромагнитному излучению работают спутниковые радиометры. Таким образом, для получения данных о температуре суши и воды на основе оценки спутниковых радиометров нужно понимать, на каких принципах базируются дистанционные методы, знать законы и понятия электромагнитного излучения.

Радиационный инфракрасный метод, при помощи которого можно производить измерение температур воды, базируется на законах излучения. Так, если температура тела выше, чем абсолютный ноль, то оно испускает излучение. Молекулы данного тела находятся в движении, а внутренняя

энергия частично преобразовывается в энергию излучения. Комбинируя каналы, можно определить температуру поверхности.

3.3 Описание и характеристики программы Landsat 8

Программа Landsat – наиболее продолжительный проект по созданию спутниковых снимков Земли. Первый из спутников в рамках программы был запущен в 1972; последний, на настоящий момент, Landsat 9 – 27 сентября 2021. Оборудование, установленное на спутниках Landsat, сделало миллиарды снимков. Снимки, полученные в США и на станциях получения данных со спутников по всему миру, являются уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, разведки, образования и национальной безопасности.

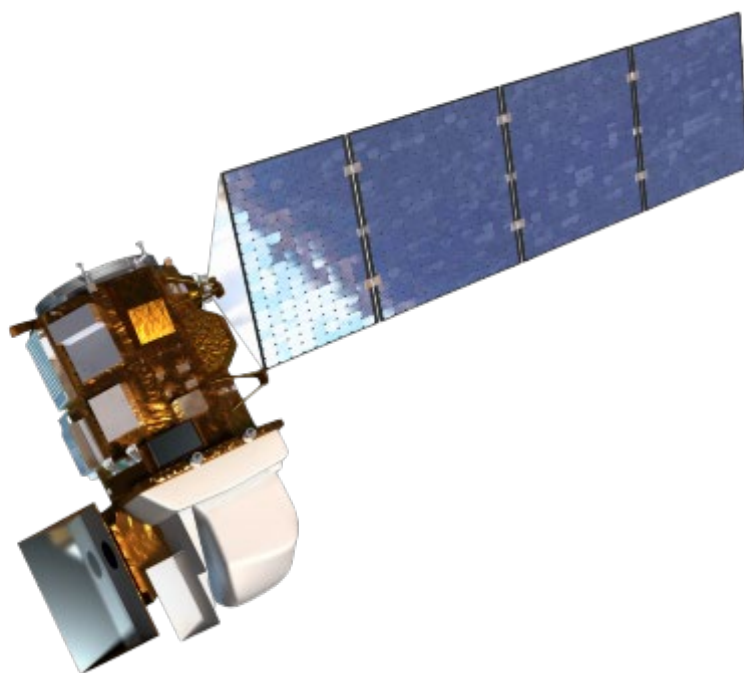


Рисунок 3.4 – Спутник Landsat 8 в развёрнутом состоянии

Landsat-8 – американский спутник дистанционного зондирования Земли, восьмой в рамках программы Landsat (седьмой выведенный на орбиту). Изначально назывался Landsat Data Continuity Mission (LDCM), создан совместно NASA и USGS. Выведен на орбиту 11 февраля 2013 года.

Спутник был построен на базе платформы LEOStar-3 компанией Orbital Sciences Corporation. Полезная нагрузка космического аппарата создана компанией Ball Aerospace и Центром космических полётов Годдарда (NASA), запуск произведен United Launch Alliance.

Приблизительно 100 дней после вывода LDCM проходил настройку и проверку и находился под управлением NASA. 30 мая 2013 года, после завершения проверок LDCM был передан под управление USGS (Геологическая служба США) и получил официальное обозначение Landsat 8.



Рисунок 3.5 – Наземное тестирование спутника Landsat 8

Спутник Landsat-8 получает данные для программы, используя два набора инструментов, Operational Land Imager (OLI) и Thermal InfraRed Sensor (TIRS). Первый набор получает изображения в 9 диапазонах видимого света и ближнего ИК, второй набор — в 2 диапазонах дальнего (теплого) ИК. Производится съемка суши и полярных регионов. В сутки снимается порядка 400 сцен (у предыдущего Landsat-7 было всего 250 сцен в день). Сенсоры OLI

и TIRS имеют более высокое отношение сигнал-шум (SNR) и позволяют снимать до 12 бит на точку. Спутник рассчитан на срок активного существования в 5,25 лет, однако запас топлива позволяет использовать его до 10 лет.

Параметры продукции Landsat-8:

- Уровень обработки: 1T (коррекция рельефа)
- Формат изображений: GeoTIFF
- Размер пикселя: 15 метров / 30 метров / 100 метров (панхроматический / мультиспектральный / дальний ИК-канал, соответственно)
- Проекция: UTM, также полярная стереографическая для Антарктиды
- Система координат: WGS 84

Точность позиционирования:

- OLI: КВО 12 метров (90 %)
- TIRS: КВО 41 метр (90 %)

Основные научные задачи Landsat-8:

- Сбор и сохранение многоспектральных изображений среднего разрешения (30 метров на точку) в течение не менее чем 5 лет;
- Сохранение геометрии, калибровки, покрытия, спектральных характеристик, качества изображений и доступности данных на уровне, аналогичном предыдущим спутникам программы Landsat;
- Бесплатное распространение изображений, полученных с помощью Landsat-8.

Все компоненты, за исключением двигателей и систем ориентации, закреплены снаружи корпуса платформы. Для питания используются раскрывающиеся солнечные батареи и бортовой аккумулятор NiH₂ на 125 ампер-часов. Для хранения данных установлен твердотельный накопитель (флеш-память) объёмом 3.14 терабит (порядка 0,4 терабайт). Передача данных как напрямую с OLI и TIRS, так и с накопителя производится с помощью

трансммитера X-диапазона. Инструменты OLI и TIRS закреплены на переднем конце космического аппарата.

Набор инструментов *Operational Land Imager (OLI)* является основным на спутнике. Создан в рамках контракта NASA в компании Ball Aerospace. OLI использует подход, ранее опробованный на экспериментальном спутнике NASA, EO-1 (инструмент Advanced Land Imager). В OLI используется схема pushbroom (используются длинные линейные массивы фотодатчиков, снимающие сразу всю ширину поля зрения спутника – 185 километров), тогда как в более ранних аппаратах Landsat использовалась схема whiskbroom (использовались небольшое количество фотоприёмников и дополнительное сканирующее зеркало). Новая схема требует применения более 6,5 тысяч детекторов для каждого спектрального канала (и 13 тысяч для панхроматического), однако имеет более высокое время экспонирования (4 мс вместо 10 мкс на ETM+) и как следствие большую чувствительность, кроме того, в ней используется меньшее количество движущихся частей.

OLI работает в 9 спектральных диапазонах, семь из которых близки к тем, которые использовались в более ранних инструментах Thematic Mapper (TM) и Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) с предыдущих спутников Landsat, за счет чего обеспечивается преемственность и совместимость с ранее накопленным массивом данных Landsat. Добавлено два новых диапазона, канал 1 (темно-синий и фиолетовый) для изучения прибрежных вод и аэрозолей и канал 9 (ближний ИК) для упрощения поиска облаков на снимках.

В фокальной плоскости Operational Land Imager установлено 14 модулей Focal Plane Modules, в каждом модуле установлено 10 линейных сенсоров различных диапазонов (один из сенсоров закрыт от света непрозрачным фильтром и используется для калибровки ИК-сенсоров).

Телескоп OLI состоит из 4 неподвижных зеркал.

Таблица 3.2 – Характеристики диапазонов системы Landsat 8 [6]

Спектральный канал	Длины волн, мкм	Разрешение на один пиксель, м
Канал 1 - побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue) для изучения прибрежных территорий и мелководий. Также используется для обнаружения аэрозолей, пыли, дыма.	0,433-0,453	30
Канал 2 - синий (Blue) для батиметрического картографирования; отделение почвенного покрова от растительности, картографирование типов лесов, выявление техногенных объектов.	0,450-0,515	30
Канал 3 - зелёный (Green) полезна для определения пика вегетации; здоровья растений.	0,525-0,600	30
Канал 4 - красный (Red) выявление типов растительности, почвы и определение элементов городской застройки.	0,630-0,680	30
Канал 5 - ближний ИК (Near Infrared, NIR) эта зона полезна для определения типов растительности и анализа. Может использоваться в комбинации с 4 зоной для вычисления нормализованного разностного вегетационного индекса (Normalised Difference Vegetation Index, NDVI). Он позволяет оценить общее состояние растительности. Об этом мы поговорим в будущей статье.	0,845-0,885	30
Канал 6 - ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2) для определения содержания влаги в почве и растительности, анализа последствий засухи. Может использоваться в пострадавших от пожаров районах и для обнаружения активных пожаров.	1,560-1,660	30
Канал 7 - ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3) дополнительная, для определения активных пожаров (особенно ночью). Также используется для анализа влажности и засухи.	2,100-2,300	30
Канал 8 - панхроматический (Panchromatic, PAN) мультиспектральные изображения с повышенной резкостью для более высокого разрешения.	0,500-0,680	15
Канал 9 - перистые облака (Cirrus, SWIR) полезна для обнаружения перистых облаков.	1,360-1,390	30
Канал 10 - дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR1) картографирование температуры грунта и влаги в почвах. Эти зоны снимаются со 100-метровым разрешением и приводятся (ресамплинг) к 30-метровому разрешению. По данным геологической службы USGS для Landsat 8, есть погрешность калибровки зоны 11 и пользователям рекомендуется воздержаться от использования этой зоны.	10,30-11,30	100
Канал 11 - дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR2)	11,50-12,50	100

Инструмент *Thermal InfraRed Sensor (TIRS)* был создан в центре NASA Goddard Space Flight Center и предназначен для получения изображений в дальнем ИК. В фокальной плоскости TIRS установлены фотодатчики Quantum

Well Infrared Photodetector (QWIP) на базе GaAs. Инструмент TIRS использует тот же принцип получения изображений pushbroom, что и OLI, и также имеет полосу обзора в 185 километров. Получение изображений происходит в двух каналах, 10 и 11, которые, совместно, работают в том же диапазоне, что и канал TIR на более ранних спутниках программы Landsat. Из-за того, что решение о добавлении TIRS в состав Landsat-8 принималось относительно поздно и для упрощения проектирования, TIRS имеет запланированное время работы 3 года.

Фокальная сборка TIRS, состоящая из 3 модулей, охлаждается до 43 кельвинов при помощи криогенератора, работающего по циклу Стирлинга.

Инфракрасный телескоп TIRS использует 4 линзы, изготовленные из германия и селенида цинка. Телескоп охлаждается до 185 кельвинов за счет излучения тепла с специального радиатора.

3.4 Предварительная обработка данных полевых измерений

Для того, что дальше полноценно работать, необходимо выполнить так называемый входной контроль имеющихся данных.

Были отбракованы данные с термометрических скважин имеющие явные грубые ошибки либо недостаточность данных (в основном это операторские ошибки при приёмке-передаче данных):

- скважины без координат («потерялись» при записи файлов);
- скважины с явно неверными координатами (ошибки исполнителей и контролёров);
- скважин без дат замеров (ошибки исполнителей и контролёров);
- скважины с аномальными температурами на начальных глубинах (например, у соседних скважин температура на глубине 1,0 – минус 2...5°С, а у отбракованной скважины плюс 4, что говорит о наличии какой-либо природной, а наиболее вероятно техногенной аномалии, либо вообще содержат неверное измерение).

3.5 Перевод координат

После проведения первоначального контроля данных полевых измерений необходимо определиться с территорией для поиска и получения дальнейшей информации: космоснимков, подбора метеостанций.

Так как изыскания выполняются в местной системе координат, необходимо осуществить переход к какой-либо общеземной системе, например Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90) либо World Geodetic System 1984 (WGS-84), тем более что привязка снимков Landsat 8 осуществляется именно в этой системе координат. Для этого необходимо воспользоваться методикой, описанной в ГОСТ 32453-2017 «Межгосударственный стандарт. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» [3].

3.6 Выбор метеостанций, определение границ территории для снимков

По получившимся данным был определён район исследований (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Координаты крайних точек района исследований

№ точки	Широта	Долгота
1	67°42'36"С	72°48'13"В
2	67°42'13"С	72°52'49"В
3	67°39'14"С	72°49'44"Е
4	67°44'47"С	72°29'03"В

Используя открытые данные Росгидромета, подобрали ближайшие метеостанции: Новый Порт и Ныда (рисунок 3.3).

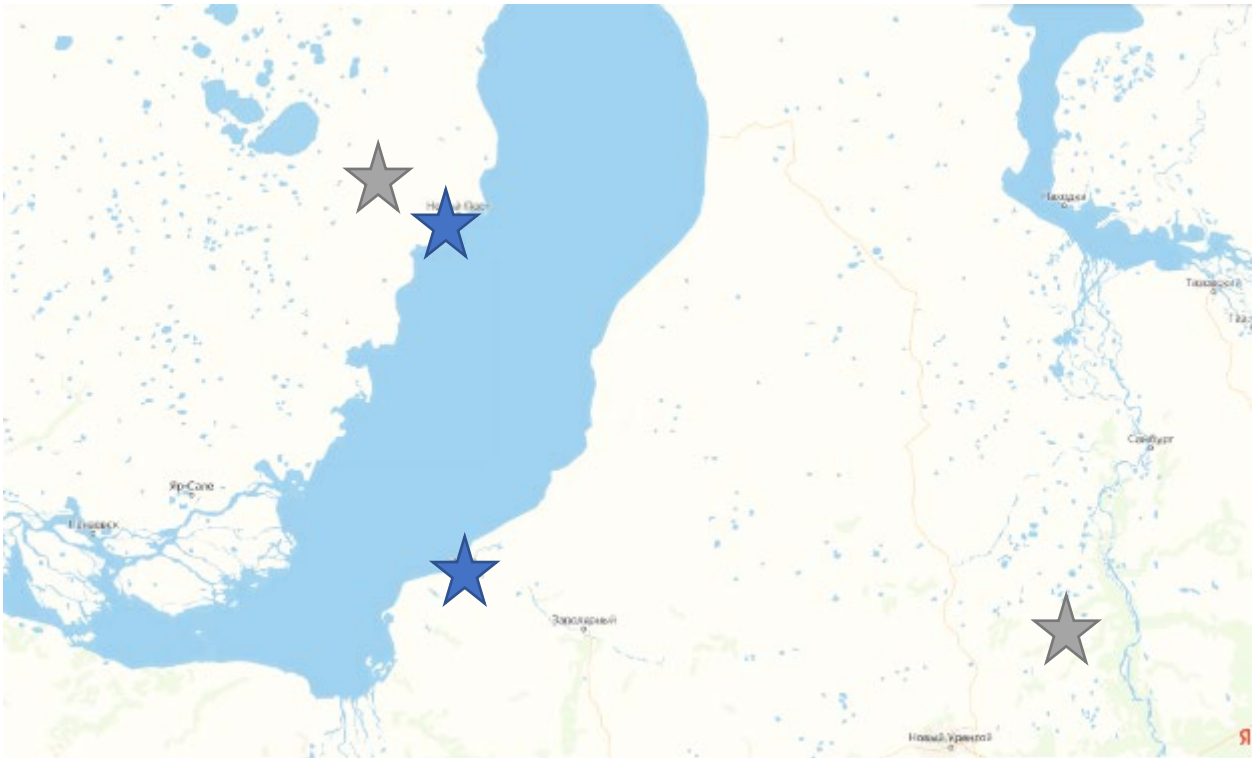


Рисунок 3.6 – Схема расположения объекта исследования и метеостанций.

Затем используя сайт владельца-оператора спутниковой системы Landsat 8 Геологической службы США (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) необходимо выбрать район исследований (Enter Search Criteria). Это можно сделать либо расставляя точки на рабочем поле, либо заранее подготовив файл с координатами и загрузив его здесь же, в рабочем окне.

Далее выбираем диапазон дат, для которых нам нужны снимки и процент облачности, так как облака довольно сильно экранируют отражающие лучи и вносят искажения в спектральные каналы.

Получив выборку, выбираем интересующие нас снимки и загружаем их полный набор, так в нём есть все спектральные каналы, на компьютер для дальнейшей обработки.

USGS
science for a changing world

EarthExplorer

Search Criteria | Data Sets | Additional Criteria | Results

Search Criteria Summary (Show)

1. Enter Search Criteria

To narrow your search area, type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area. For advanced map tools, view the help documentation, and/or choose a date range.

Geocoder: KM (Stepwell Update)

Select a Geocoding Method
Fainina (CNR)

Search Limits: The search result limit is 100 records, select a Country, Feature Class, and/or Feature Type to reduce your choices or exceeding this limit.

US Features: World (Canada)

Feature Name
(use % as wildcard)

State
All

Feature Type
All

Show Clear

Polygon Circle Predefined Area

Decimal/Degrees/Minutes/Seconds Decimal

1. Lat: 67° 42' 36" N, Lon: 672° 48' 12" E	🗑️ ✖️
2. Lat: 67° 42' 12" N, Lon: 672° 52' 48" E	🗑️ ✖️
3. Lat: 67° 50' 14" N, Lon: 672° 48' 44" E	🗑️ ✖️
4. Lat: 67° 44' 47" N, Lon: 672° 28' 03" E	🗑️ ✖️

Use Map Add Coordinates Clear Coordinates

Date Range Cloud Cover Result Options

Cloud Cover Range: 0% - 10%

Unknown Cloud Cover Values: Included

Use when only 0% is applied to date sets that support cloud cover. Warning if 0% is the chosen cloud cover value support.

Data Sets Additional Criteria Results

The provided maps are not for purchase or for download; they are to be used as a guide for reference and search purposes.

Рисунок 3.7 – Выбор координат и граничных критериев для поиска космоснимков.

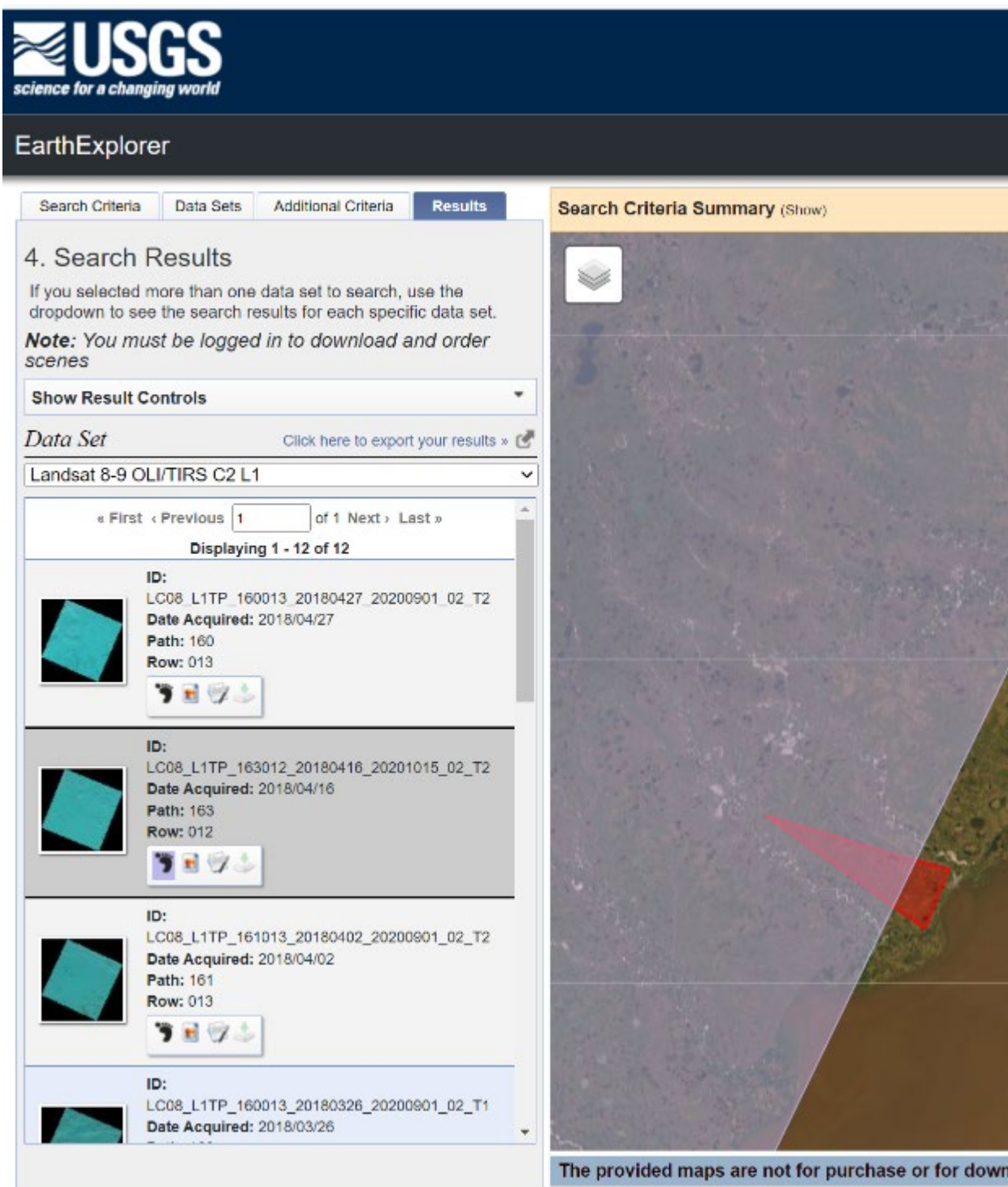



Рисунок 3.8 – Выбор требуемых космоснимков из всего массива найденных.

3.7 Обработка снимков в ArcGIS

Получив таким образом набор папок со снимками за разные даты, над спутниковыми данными необходимо провести радиометрическую и атмосферную коррекцию.

Необходимо распаковать снимки в соответствующие папки. В них будет находиться стандартный набор каждого снимка:

- название папки состоит из идентификатора системы снимков – LC08_L1TP (Landsat 8 Layer 1), затем идёт номенклатура снимков согласно бланковой карте Landsat – 157013 (путь 157, ряд 013), далее дата съёмки и дата обработки файла 20180321_20200901;
- внутри папок будут снимки в формате GeoTIFF (с пространственными привязками) по каждому каналу (имеют окончание ...B1...B11);
- различные метаданные (внутренние данные об эфемеридах, параметрах съёмки, бортовые отклонения, солнечной радиации и т.д.) спутниковой системы в текстовых файлах (в основном MTL).



LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_ANG	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B1	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B2	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B3	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B4	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B5	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B6	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B7	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B8	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B9	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B10	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_B11	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_MTLjson	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_MTL	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_MTL	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_QA_PIXEL	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_QA_RADSAT	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_SAA	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_stac.json	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_SZA	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_thumb_large	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_thumb_small	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_VAA	01.04.2022 14:26
LC08_L1TP_157013_20180321_20200901_02_T2_VZA	01.04.2022 14:26

Рисунок 3.9 – Структура комплекта файлов Landsat 8.

Для получения температуры поверхности грунта воспользуемся методикой, описанной в руководстве «Landsat 8. Data Users Handbook» [8]. Для этого проводим операции, приведённые на рисунке 3.10.

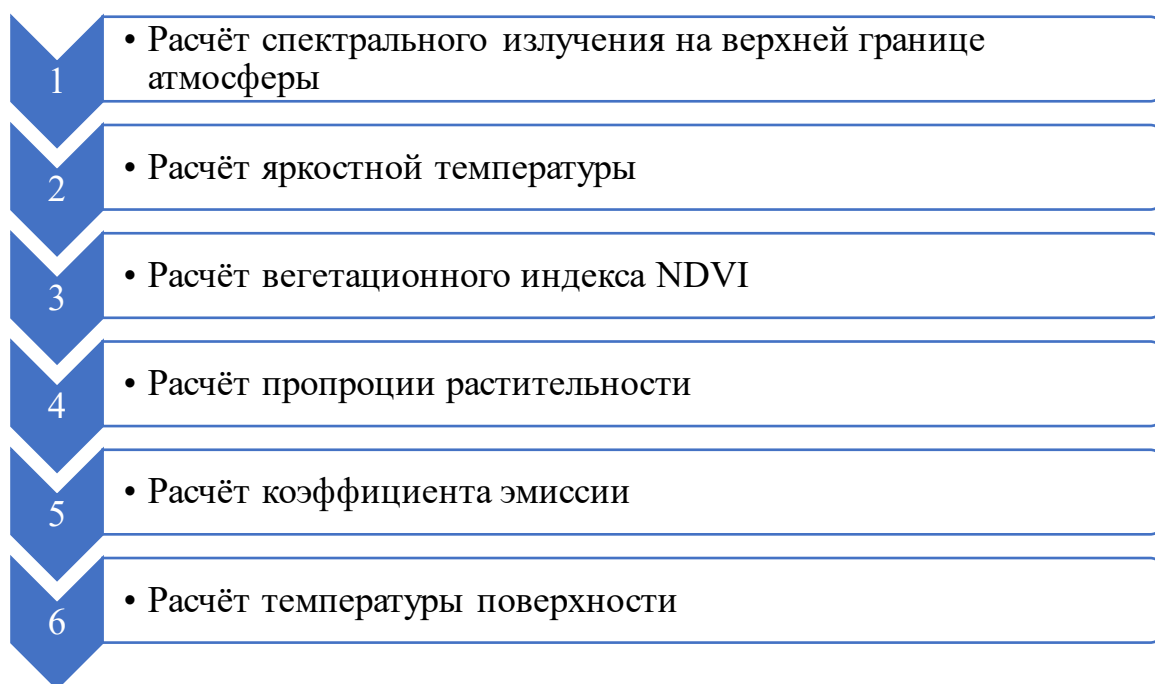


Рисунок 3.10 – Алгоритм перехода к температуре поверхности по данным космоснимков

Обработку снимков можно проводить в различных программах, позволяющих работать с растровыми изображениями в алгебраической форме, например: ArcGIS, QGIS и т.п.

ArcGIS – мощная геоинформационная система программ американской компании ESRI, состоящая из ArcMap, ArcCatalog и некоторых вспомогательных. Применяется в различных сферах деятельности, где только возможно применение данных дистанционного зондирования: при проведении и ведении земельного кадастра, в задачах землеустройства, учёта объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии и недропользования и других областях. Данная программа является проприетарной.

QGIS, первоначально известная как Quantum GIS — свободная, в отличие от ArcGIS, кроссплатформенная геоинформационная система, состоящая из настольной и серверной части.

Для работы использовался программный комплекс ArcGIS 10.8.

С помощью модуля ArcCatalog необходимо создать новый проект и произвести настройку проекции WGS-84.

Затем загружаем файл, соответствующий 10 каналу. Так как графические данные хранятся в формате GeoTIFF, то он автоматически подгружается в соответствующие координаты.

Далее используя инструмент «Алгебра карт» из набора Spatial Analyst, считаем спектральное излучение на верхней границе атмосферы TOA (Top of Atmospheric) и сохраняем изображение с суффиксом TOA:

$$TOA(L) = M_L \cdot Q_{cal} + A_L, \quad (3.2)$$

где M_L – мультипликативный коэффициент пересчета для спектра (значение берётся из метаданных снимка Radiance_Mult_Band_10 группы данных радиометрического масштабирования LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING), Q_{cal} – соответствующий спектр (значение берётся из метаданных снимка Radiance_Add_Band_10), A_L – аддитивный коэффициент пересчёта (равен 0,1).

```

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = LEVEL1_MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2654E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2958E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1940E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0069E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1617E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5323E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1648E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1395E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4081E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -63.26959
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -64.78884
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.70236
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.34439
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.80826
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.66173
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.58241
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -56.97600
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.04057
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05

```

Рисунок 3.11 – Коэффициенты для вычисления спектрального излучения на верхней границе атмосферы

Проводим пересчет TOA в BT (Brightness Temperature – яркостную температуру) с использованием соответствующих коэффициентов из метаданных и сохраняем изображение с суффиксом BT:

$$BT = (K_2 / \ln((K_1 / TOA) + 1)) - 273.15, \quad (3.3)$$

где K_1 – константа термического преобразования из метаданных снимка K1_CONSTANT_BAND_10 группы температурных констант LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS, K_2 – константа термического преобразования из метаданных снимка K2_CONSTANT_BAND_10.

```

NET_LIST_NAME_BAND_10 = 0.000000
END_GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = LEVEL1_PROJECTION_PARAMETERS

```

Рисунок 3.12 – Коэффициенты для вычисления яркостной температуры

Затем высчитываем вегетационный индекс NDVI для оценки коэффициента эмиссии теплового излучения и сохраняем изображение с суффиксом NDVI:

$$NDVI = \frac{Band_5 - Band_4}{Band_5 + Band_4}, \quad (3.4)$$

где $Band_4$ и $Band_5$ – снимки 4 и 5 каналов соответственно.

После этого считаем пропорцию растительности P_v (Proportion of vegetation) и сохраняем изображение с суффиксом PV:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2, \quad (3.5)$$

где $NDVI_{min}$ – минимальное значение индекса NDVI, $NDVI_{max}$ – максимальное значение индекса NDVI. Оба значения снимаются в свойствах слоя с суффиксом NDVI.

Далее рассчитываем коэффициент эмиссии ε и сохраняем изображение с суффиксом em:

$$\varepsilon = 0,004 \cdot P_v + 0,986, \quad (3.6)$$

Получив предыдущие данные, затем производим расчёт температуры поверхности LST (Land Surface Temperature) и сохраняем изображение с суффиксом LST:

$$LST = \frac{BT}{1 + \frac{0,00115 \cdot BT}{1.4388} \cdot \ln(\varepsilon)}, \quad (3.7)$$

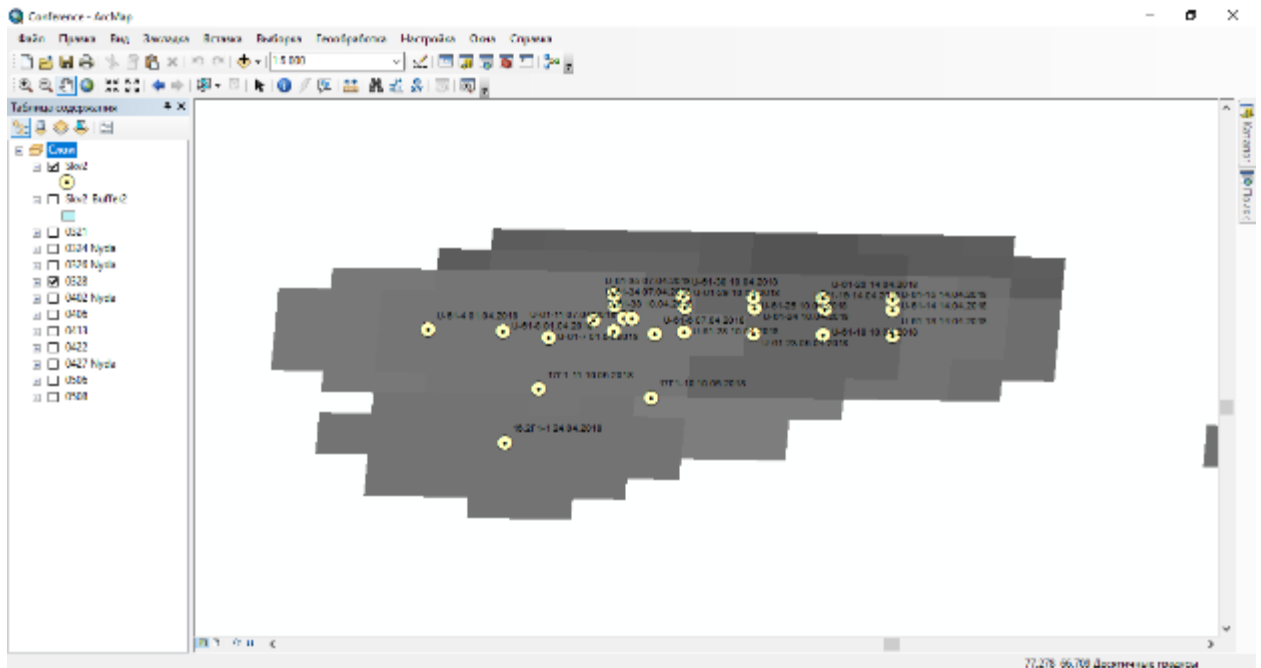


Рисунок 3.13 – Построение буферных зон вокруг термометрических скважин

После этого возле каждой скважины необходимо построить буферные зоны по 100 м для захвата 3 соседних ячеек для получения локальной оценки, чтобы исключить локальные экстремальные термические отклонения, такие как тепло от работающих механизмов, возможных костров, возможные ошибки округления при пересчётах и т.д. То есть внутри этой буферной зоны за каждый доступный день наблюдения данные по температуре осредняются (рисунок 3.13).

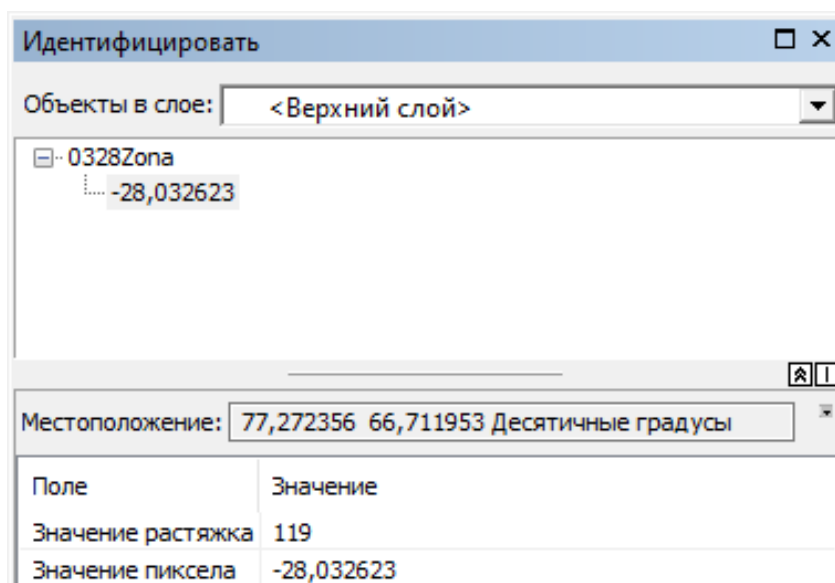


Рисунок 3.14 – Получение конечной температуры поверхности

После этого используя инструмент «Идентифицировать» нажимаем на интересующую нас область и снимаем получившееся значение температуры и заносим в таблицу (возле скважин с термометрическими наблюдениями) (рисунок 3.14).

3.8 Выбор температурных массивов

В ходе исследований необходимо сравнить получившуюся температуру поверхности с другой доступной температурой – в работе используется температура воздуха по метеостанции.

Данные по температуре метеостанции можно получить разными способами с различной степенью достоверности:

- запросить в региональном Управлении гидрометеослужбы по нужной метеостанции интересующий период. Данный способ обеспечит достоверность информации, но возможно будет экономически невыгоден, так как за эти данные взимается плата;
- воспользоваться ресурсами Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (<http://meteo.ru/data>). Данный способ так же обеспечит достоверность данных и к тому же бесплатный;
- возможно пользоваться различными интернет-сайтами метеорологической тематики (<http://www.pogodaiklimat.ru/>, <https://www.gismeteo.ru/> и т.д.). У данного способа довольно низкая степень достоверности, так как данные ничем не подтверждены.

В работе использовался второй способ. С сайта <http://meteo.ru/data> были скачаны данные по температуре метеостанций Новый порт и Ныда. После обработки данных были отобраны сведения о температуре за интересующий период, то есть согласно датам снимков.

3.9 Обработка значений температур

Для проверки принципиальной гипотезы о возможности использования такого способа оценки температур поверхности была проведена обработка 14 пар данных по метеостанции. Получившиеся данные статобработки признаны хорошими и по итогу коэффициент корреляции составил 0,888, что говорит о хорошей, устойчивой и вероятно прямой связи между этими наборами данных.

Таблица 3.4 – Результаты сравнения температур в районе метеостанций

Дата	Температура по метеостанции	Температура снимок
Метеостанция Ныда		
14.04.2018	-8,9	-10,5
10.04.2018	-9	-10,5
14.04.2018	-8,9	-10,5
01.04.2018	-20,1	-28
01.04.2018	-20,1	-28
01.04.2018	-20,1	-28
21.04.2018	-18,6	-16,3
25.04.2018	-8,6	-15,7
Метеостанция Новый Порт		
26.11.2017	-19	-23,2
20.12.2017	-8,8	-13,5
22.12.2017	-7,4	-13,1
23.12.2017	-9,4	-15,6
25.12.2017	-18,5	-20,1
14.03.2018	-19,1	-23,2
Коэффициент корреляции		0,888

Так как предварительные результаты дали хороший результат, далее была проведена аналогичная работа с выборкой значений по скважинам.

Выборка составила 143 пары. Используя высказанное ранее предположение, что связь между наборами данных прямая, была произведена статистическая обработка отношения температуры со снимка к измеренной

температуре на метеостанции. По получившимся коэффициентам была проведена отбраковка по критерию Смирнова-Граббса.

В итоге осталось 100 пар данных. Были отбракованы резко выделяющиеся отклонения, связанные с инертностью термодинамических процессов. Например, по данным метеостанции продолжительное время стояла морозная погода, а затем резко наступила кратковременная оттепель. Из-за этого температура воздуха на метеостанции резко изменилась, а поверхность ещё не успела изменить свою температуру.

По этим данным была произведена попытка расчёта коэффициента корреляции, который составил 0,872, что опять же говорит об устойчивой связи этих температур (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – результаты статистической обработки отношений вычисленной температуры по данным дистанционного зондирования к измеренной температуре воздуха на метеостанции

Количество значений	143	130	100
Среднее	2,56	1,44	1,22
Стандартное отклонение	2,786	0,536	0,256
Коэффициент вариации	1,086	0,372	0,209
Коэффициент корреляции			0,872

То есть на конкретном примере мы получили связь между температурой ближайшей метеостанции и данными спутниковых снимков, что позволяет нам использовать более точные значения температур окружающего воздуха для дальнейшего этапа работ. В производственном, прикладном плане это может иметь значение:

- при производстве инженерных изысканий в суровых условиях Крайнего Севера, более быстрое получение результатов и как итог, экономически более эффективно;
- при выборе теплоизолирующих материалов, что позволит уменьшить расходы на них, либо наоборот предусмотреть дополнительную защиту окружающей среды от отепляющего

воздействия сооружения, что в конечном итоге так или иначе всё равно связано с экономической составляющей для ликвидации негативных последствий процессов оттаивания.

Далее, согласно СП 25.13330.2020 [4], были рассчитаны теплофизические характеристики грунтов, и как итог – расчётные температуры грунтов на различных глубинах.

Для этого в связи с большим объёмом обрабатываемых данных была произведена выборка термометрических скважин по возможности с разными грунтами, слагающими разрез.

Затем была проверена гипотеза о связи теоретических, расчётных данных с данными полевых измерений, произведена их статистическая обработка и анализ получившихся результатов (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Результаты статистической обработки отношений расчётной температуры к измеренным в термометрических скважинах на различных глубинах

Номер скважины	Дата замера	Глубина измерения/расчёта, м				
		1	2	3	4	5
U-61-11	07.04.2018	0,238	0,206	0,216	0,179	0,156
U-61-13	14.04.2018	0,514			0,435	0,289
U-61-18	10.04.2018	0,602		0,593	0,363	0,289
U-61-19	14.04.2018	0,083	0,347	0,351	0,248	0,172
U-61-4	01.04.2018	0,642				
U-61-6	07.04.2018	0,115	0,179	0,237	0,198	0,184
U-61-7	01.04.2018	0,143				
U-61-8	01.04.2018	0,198		0,790	0,538	0,359
U69-1	21.04.2018	0,101	0,173	0,236	0,235	0,178
U69-18	24.04.2018	0,087	0,071	0,128	0,162	0,158
U69-6	25.04.2018	0,103	0,157	0,242	0,214	0,186
U69-8	27.04.2018	0,107	0,128	0,170	0,112	0,106
U69-9	26.04.2018	0,092	0,123	0,179	0,174	0,140
ТС ПК95+50.62	26.11.2017		0,470	0,304	0,164	0,111
ТС ПК112+00.72	28.11.2017		0,383	0,244	0,149	0,111
ТС ПК130+00.83	20.12.2017		0,352	0,250	0,162	0,113
ТС ПК143+50.92	22.12.2017	0,543	0,705	0,339	0,283	0,205
ТС ПК151+00.97	23.12.2017		0,687	0,304	0,262	0,165
ТС ПК163+00.105	25.12.2017	0,937	0,638	0,293	0,192	0,140
ТС ПК172+00.111	14.03.2018		0,670	0,282	0,185	0,137

Номер скважины	Дата замера	Глубина измерения/расчёта, м				
		1	2	3	4	5
Количество измерений		15	15	17	18	18
Среднее значение		0,273	0,229	0,161	0,109	0,070
Стандартное отклонение		0,300	0,352	0,303	0,236	0,178
Коэффициент вариации		0,910	0,651	0,531	0,462	0,392

В итоге после обработки данных из 21 пар температур – расчётной и измеренной осталось по 15-18, по которым статистическая обработка укладывается в допустимые пределы. При графическом отображении результатов и анализе прослеживается зависимость, которую можно описать формулами и применять при дальнейших расчётах в районе распространения многолетнемёрзлых грунтов (рисунок 3.15).

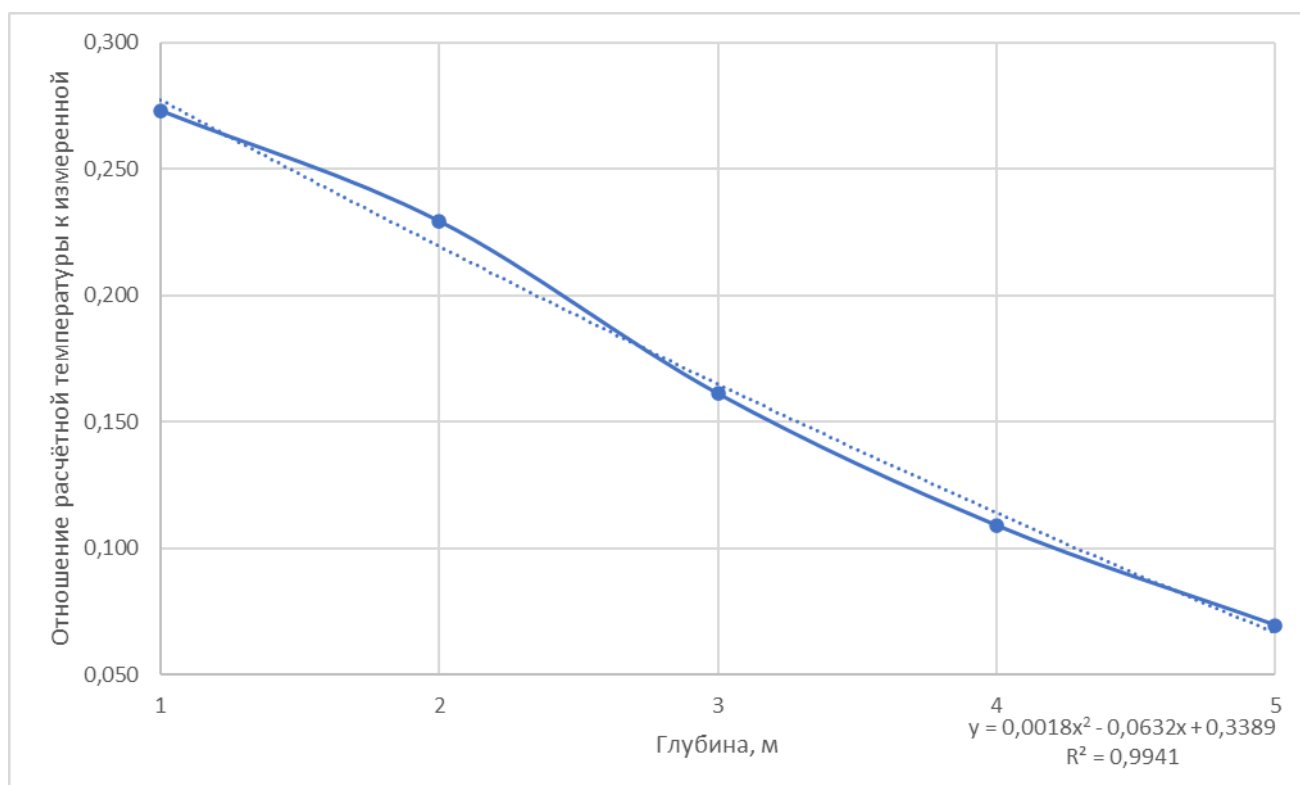


Рисунок 3.15 – Графическое и аналитическое выражение зависимостей отношений расчётной температуры к измеренным в термометрических скважинах на различных глубинах

3.10 Моделирование и теплотехнический расчёт

Далее, получившиеся значения пригодны к применению в различных программах для производства расчётов. Таких как: «Борей 3D», «Frost 3D», «Фундамент» и тому подобных.

Программа «Frost3D» разработана для решения пространственной задачи прогноза температурного режима влагонасыщенных грунтов вблизи строительных сооружений при воздействии сезонных колебаний температуры воздуха. Программа позволяет численно решать пространственные задачи теплообмена с различными граничными условиями и прогнозировать температурный режим для различных инженерных сооружений с учетом сложной геометрии области моделирования и произвольного распределения охлаждающих элементов различного типа.

Прогнозный расчет был выполнен для мачты прожекторной. Расчетная область имеет размеры 30,0 x 30,0 x 30,0 м (по осям x, y, z соответственно). Результаты прогнозного расчета представлены на конец летних периодов в графической форме (рисунки) и в табличной форме (таблицы). Расчетный период – тридцать лет. На начало расчёта несущая способность свай обеспечивается (таблица 3.8). При эксплуатации наблюдается повышение эквивалентных температур грунта по длине смерзания сваи вследствие повышенного снегонакопления. На двадцатый год эксплуатации свая теряет свою несущую способность на выдерживающую нагрузку совместно с касательными силами морозного пучения. Несущая способность, эквивалентная температура и длина смерзания определена при температуре не выше минус 0,3 градусов. Результаты расчёта несущей способности свай приведены в таблице 3.8.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод: что на начало расчета инженерно-геокриологический разрез представлен мерзлыми грунтами, несущая способность свай на сжатие и на воздействие выдерживающих нагрузок и касательных сил морозного пучения обеспечивается. Согласно результатам прогнозного расчета, за тридцатилетний период эксплуатации температура грунтов основания мачты повышается вследствие повышенного снегонакопления возле свай мачты в зимний период.

Таблица 3.7 – Температура грунта по свае

Глубина замера температуры грунтов от планировочной отметки земли (43,25), м	Температура грунта по свае 1 на начало расчета (26 октября), °С	Температура грунта по свае 1 на конец летних периодов (1 октября), °С								
		Первый год	Второй год	Третий год	Пятый год	Десятый год	Пятнадцатый год	Двадцатый год	Двадцать пятый год	Тридцатый год
1,0	1,00	3,54	3,62	3,74	3,79	3,83	3,85	3,87	3,88	3,90
2,0	10,00	2,79	3,12	3,19	3,21	2,91	2,94	2,85	2,64	2,65
3,0	0,13	1,31	1,43	1,46	1,54	1,56	1,57	1,58	1,60	1,61
4,0	-0,13	0,03	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,39
5,0	-0,36	-0,42	-0,43	-0,41	-0,37	-0,34	-0,31	-0,29	-0,28	-0,27
6,0	-0,92	-0,76	-0,75	-0,73	-0,67	0,59	0,53	0,49	0,47	0,44
7,0	-1,19	-1,06	-1,03	-1,00	-0,94	-0,83	-0,76	-0,70	-0,66	-0,63
8,0	-1,44	-1,32	-1,28	-1,24	-1,18	-1,04	-0,96	-0,89	-0,84	-0,80
9,0	-1,64	-1,54	-1,50	-1,46	-1,38	-1,24	-1,14	-1,06	-1,01	-0,96
10,0	-1,83	-1,73	-1,69	-1,64	-1,57	-1,41	-1,31	-1,23	-1,31	-1,11
11,0	-1,89	-1,90	-1,85	-1,81	-1,73	-1,57	-1,46	-1,37	-1,31	-1,25
Температура грунта под концом сваи, (T ₂), °С	-1,78	-1,68	-1,64	-1,59	-1,52	-1,36	-1,26	-1,18	-1,12	-1,07
Эквивалентная температура грунта(T _с), °С	-1,16	-1,07	-1,06	-1,03	-0,98	-0,87	-0,81	-0,75	-0,72	-0,68
Длина смерзания сваи, м	5,11	5,05	4,96	4,94	4,88	4,84	4,79	4,76	4,74	4,72
Температура грунта под концом сваи, (T ₂), °С	-1,94	-1,85	-1,81	-1,76	-1,69	-1,53	-1,42	-1,33	-1,27	-1,21
Эквивалентная температура грунта(T _с), °С	-1,27	-1,19	-1,17	-1,14	-1,08	-0,97	-0,90	-0,84	-0,80	-0,76
Длина смерзания сваи, м	6,11	6,05	5,96	5,94	5,88	5,84	5,79	5,76	5,74	5,72

Таблица 3.8 – Несущая способность свай

№свай	Диаметр свай, мм	Длина свай в грунте, м	Расчетная вдавливающая нагрузка на сваю, кН		Сила морозного пучения, кН	Несущая способность с учетом коэффициента γ_n на начало расчета (26 октября), кН		Несущая способность с учетом коэффициента γ_n на конец первого летнего периода (1 октября), кН		Несущая способность с учетом коэффициента γ_n на конец тридцатого летнего периода (1 октября), кН	
			$\gamma_n=1.1$ Сила, удерживающая сваю от выпучивания	$\gamma_n=1.15$ На сжатие		$\gamma_n=1.1$ Сила, удерживающая сваю от выпучивания	$\gamma_n=1.15$ На сжатие	$\gamma_n=1.1$ Сила, удерживающая сваю от выпучивания	$\gamma_n=1.15$ На сжатие		
1	325	9,72	259,80	130,80	128,60	351,23	420,86	331,37	399,70	226,50	286,34
Эквивалентная температура по длине смерзания свай, (T_e), °С						-1,16		-1,07		-0,68	
Длина мерзания свай						5,11		5,05		4,72	
1,00	325,00	10,72	259,80	130,80	128,60	445,10	516,14	422,77	492,93	296,95	358,69
Эквивалентная температура по длине смерзания свай, (T_e), °С						-1,27		-1,19		-0,76	
Длина смерзания свай						6,11		6,05		5,72	

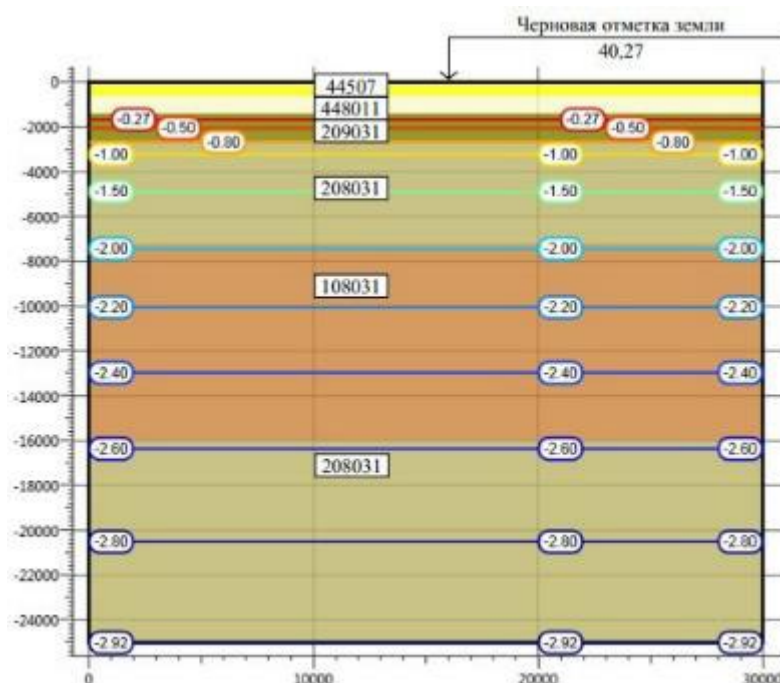


Рисунок 3.16 – Температура грунта по скважине 16 на 25 октября 2017 года

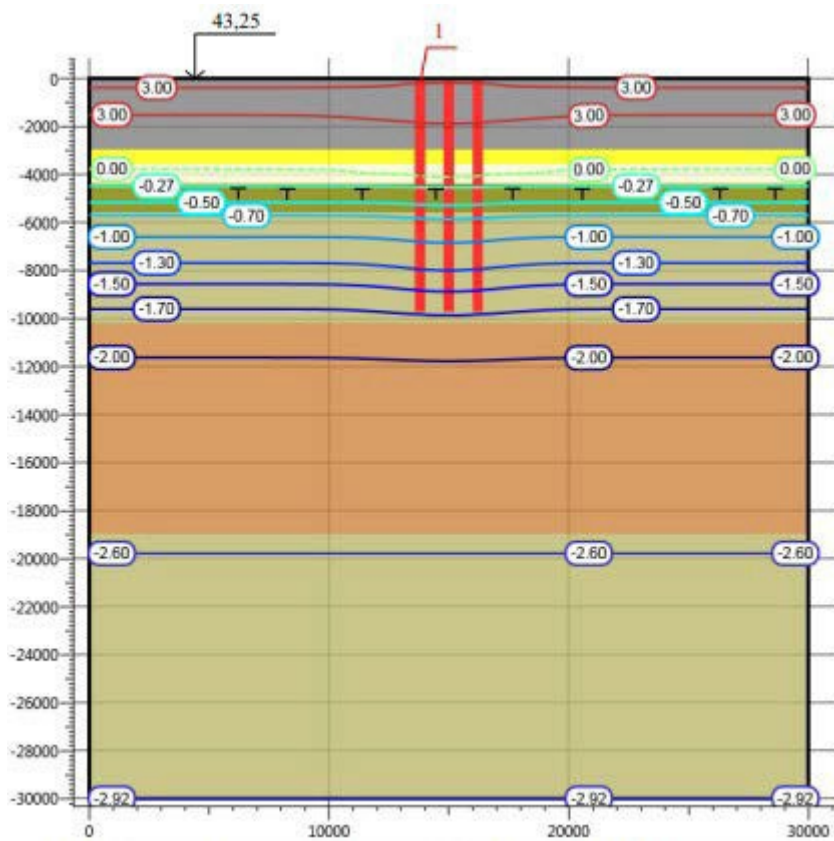


Рисунок 3.17 – Температура грунта на конец первого лета (1 октября)

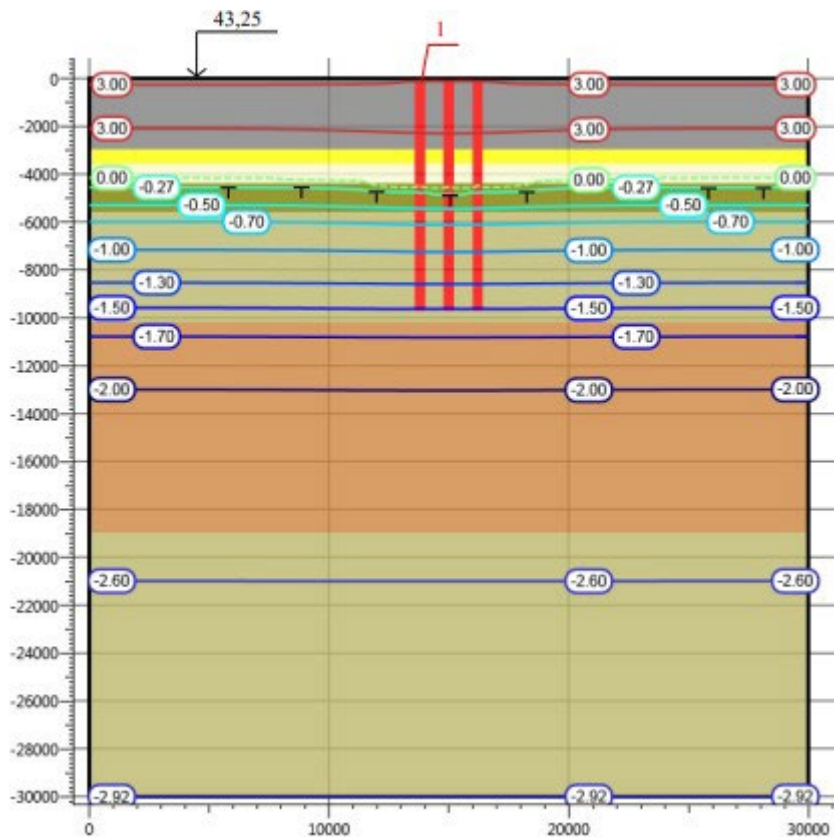


Рисунок 3.18 – Температура грунта на конец пятого лета (1 октября)

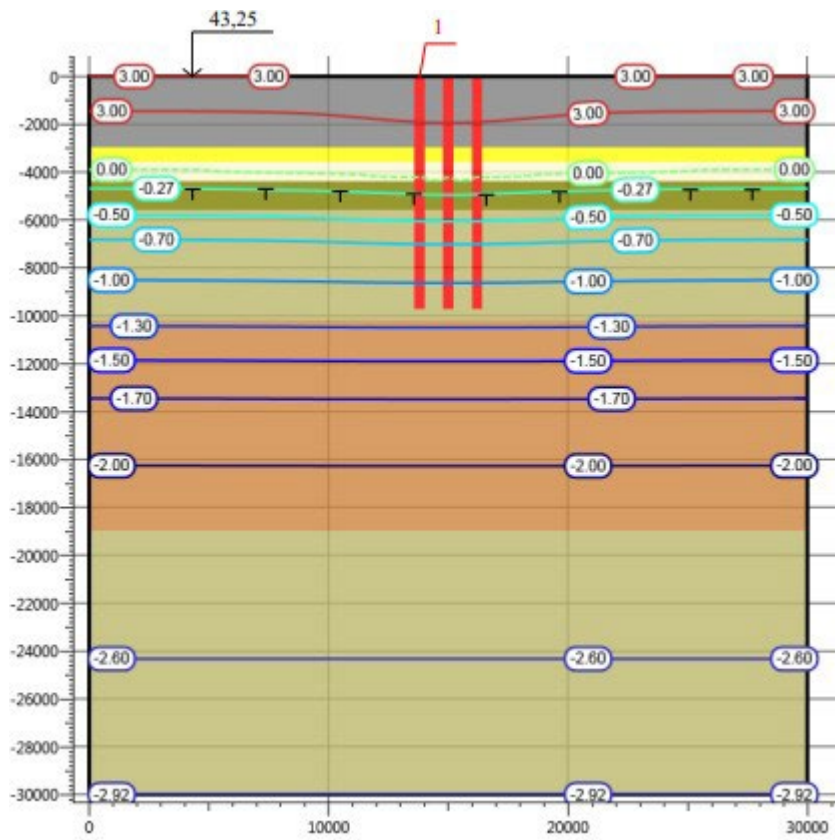


Рисунок 3.19 – Температура грунта на конец двадцатого лета (1 октября)

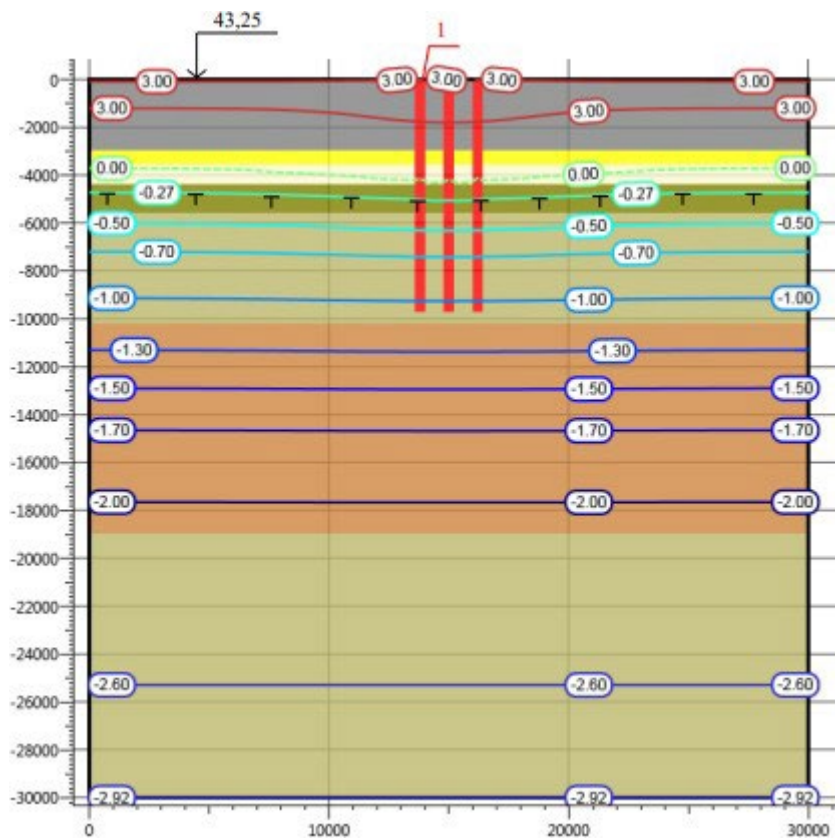


Рисунок 3.20 – Температура грунта на конец тридцатого лета (1 октября)

Устойчивость свай к воздействию выдергивающих нагрузок и касательных сил морозного пучения теряется на двадцатый год эксплуатации (таблица 3.8 и рисунок 3.19). Для обеспечения устойчивости свай к воздействию выдергивающих нагрузок совместно с силами морозного пучения на весь период эксплуатации мачты рекомендуется удлинение свай на 1,0 м с сохранением их отметки верха, либо термостабилизация грунтов основания. Данный прогнозный расчет является аналогом для мачт с аналогичными инженерно-геокриологическими условиями.

Таким образом, проведя теплотехнический расчёт с применением полученных температур грунта, можно сделать вывод о том, что данная методика прошла первичное опробирование и рекомендуется к применению, под контролем с учётом опытной эксплуатации.

3.11 Выводы по основному разделу

Проведя работу, описанную выше, можно сделать следующие выводы:

- проведя довольно небольшую подготовительную работу в полевых условиях, можно значительно снизить трудозатраты в дальнейшем по получению весьма достоверных данных по теплофизическим характеристикам грунта;
- данный процесс в камеральном отношении относительно не трудоёмок, зато наработав в регионе коэффициенты перехода от температур, полученных с помощью космоснимков, к температурам грунта, можно в дальнейшем оперативно получать информацию при планировании дальнейших проектных и производственных работ. Тем более камеральную нагрузку можно ещё снизить, воспользовавшись средствами автоматизации прокладных программ, того же ArcGIS.

Практическая часть данной работы в плане моделирования выполнялась в команде со студентами ТПУ. Мой вклад в данные исследования: изучение теоретических основ пересчёта температур, разработка алгоритма работы,

пересчёт координат, определение температур, составление и анализ получившихся результатов.

4 Социальная ответственность

В ходе выпускной квалификационной работы разработан метод, позволяющий упростить и удешевить инженерные изыскания в сложных и суровых климатических условиях.

Выполнение изысканий в суровых условиях Крайнего Севера накладывают негативный отпечаток как на социальное положение исполнителей, так и экономически затратно для заказчиков данных работ.

Камеральная обработка является важной частью исследовательской работы, представляющей собой компьютерную обработку собранного материала. Она позволяет с достаточной вероятностью предсказать температурный режим грунта. Применение компьютерных технологий играет ключевую роль в процессе накопления и обработки информации, а также в представлении результатов исследовательской деятельности. Это значительно повышает эффективность исследований, производительность труда и сокращает сроки обработки информации. В результате открываются пути к получению новых качественных результатов.

Потенциальными пользователями результатами настоящего исследования будут являться различные изыскательские, проектные организации, а также эксплуатирующие организации в целях мониторинга своих объектов и сооружений.

В административно-территориальном отношении участок изысканий находится в Ямальском и Надымском районах Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Ямало-Ненецкий автономный округ – один из четырёх автономных округов Российской Федерации. Административный центр – г. Салехард. Его площадь превосходит территорию любого европейского государства. С севера на юг округ протянулся на 1150 км, с запада на восток – на 1130 км.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

4.1.1.1 Режим рабочего времени

В ООО «ГеоСиб», на базе которого проводилась исследовательская работа, действует режим пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями в соответствии со ст. 100 Трудового Кодекса Российской Федерации. Исключение составляют случаи, когда работники находятся в командировке – в этих ситуациях устанавливается ненормированный рабочий день, с последующим предоставлением времени для отдыха.

В соответствии со статьей 111 ТК РФ суббота и воскресенье являются общими выходными днями.

Согласно статье 91 ТК РФ, при пятидневной рабочей неделе продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

По статье 95 ТК РФ продолжительность рабочего дня или смены, предшествующей нерабочему праздничному дню, уменьшается на один час.

4.1.1.2 Защита персональных данных работника

Защита персональных данных работников в ООО «ГеоСиб» осуществляется согласно ст. 86-90 ТК РФ и Федеральному закону №152-ФЗ.

4.1.1.3 Оплата и нормирование труда

Оплата и нормирование труда работников ООО «ГеоСиб» осуществляется согласно ст. 129-163 ТК РФ.

В городе Омск, где осуществляет свою деятельность ООО «ГеоСиб» установлен районный коэффициент 1.15. Если работники выполняют работы в условиях Крайнего Севера, то районный коэффициент составляет 1.8.

4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны проводились согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие

эргономические требования», так как основная часть проводимого исследования относится к легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего (работа за персональным компьютером при наличии данных полевых исследований).

4.1.2.1 Общие положения

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Для обеспечения безопасности труда рабочее место должно соответствовать стандартам, техническим условиям и методическим указаниям.

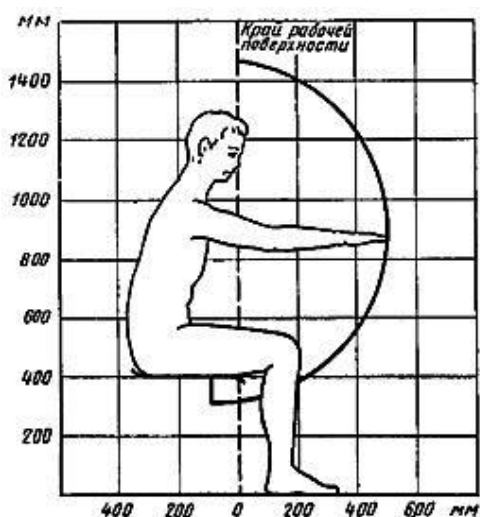


Рисунок 4.1– Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

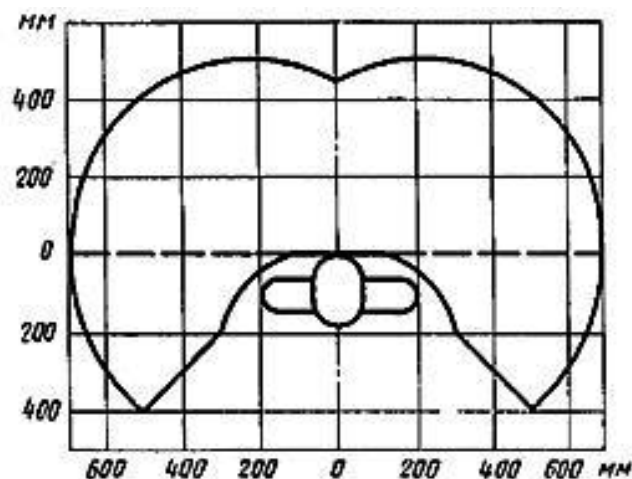


Рисунок 4.2– Зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости при высоте рабочей поверхности над полом 725 мм

Конструкция рабочего места должна позволять выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. На рисунках 4.1 и 4.2 показаны зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека.

На рисунке 4.3 представлены зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления. Оптимальная зона

моторного поля, где находятся наиболее важные и очень часто используемые органы управления, должна быть расположена в пределах легкой досягаемости. Зона легкой досягаемости моторного поля, где размещаются часто используемые органы управления, также должна быть обеспечена. Редко используемые органы управления могут быть размещены в зоне досягаемости моторного поля. Важно обеспечить выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» в соответствующих зонах.

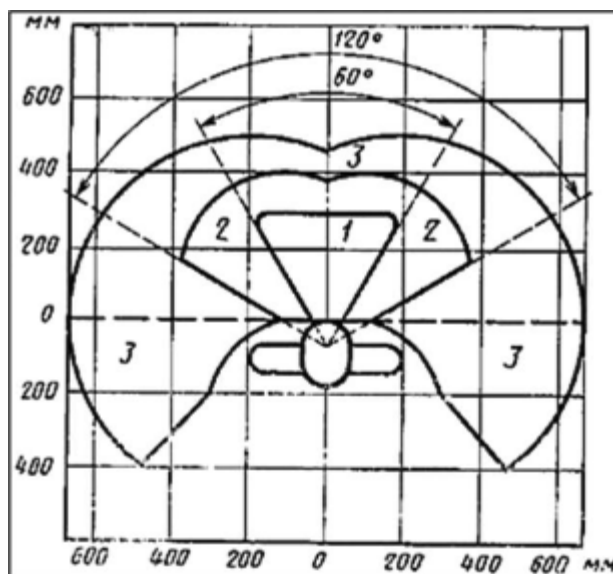


Рисунок 4.3– Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления (1 – зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления (оптимальная зона моторного поля); 2 – зона для размещения часто используемых органов управления (зона легкой досягаемости моторного поля); 3 – зона для размещения редко используемых органов управления (зона досягаемости моторного поля))

При организации рабочего места и проектировании оборудования необходимо учитывать антропометрические показатели работников. Если на рабочем месте работают только женщины, то следует учитывать их показатели, а если работают только мужчины - то их. Если же на рабочем месте работают и мужчины и женщины, то необходимо учитывать общие средние показатели.

4.1.2.2 Требования к размещению средств отображения информации

Что касается требований к размещению средств отображения информации, то они определены по ГОСТ 22269-76. Для очень часто используемых средств отображения информации, которые требуют точного и быстрого считывания показаний, необходимо устанавливать вертикальную плоскость под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и горизонтальную плоскость под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости (см. рисунки 4.4 и 4.5).

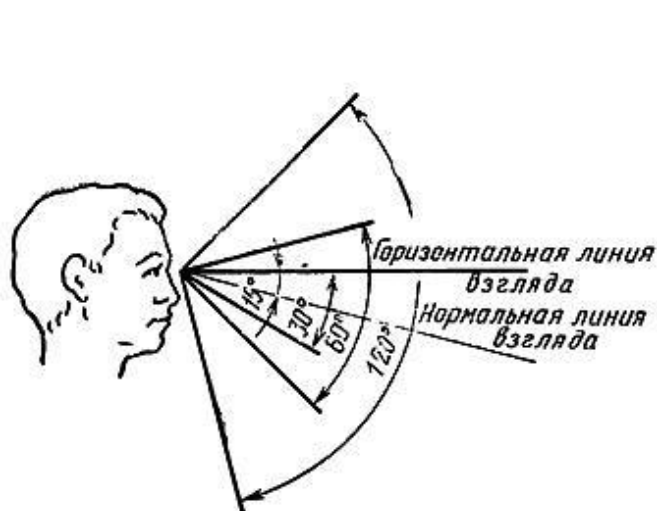


Рисунок 4.4— Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

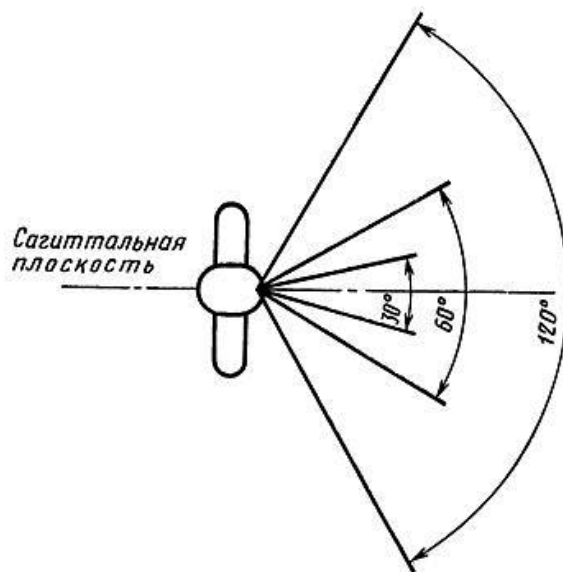


Рисунок 4.5— Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при выполнении исследования

Камеральная обработка и расчёты не являются процессом, который может вызвать вредные или опасные факторы. Однако, при проведении камеральных работ возможен риск вредных факторов, перечисленных в таблице 4.1 в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Камеральный этап работ	Нормативные документы
1.Отклонение показателей микроклимата	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. РД 52.88.699-2008 Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений.
2.Отсутствие или недостаток естественного света	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
3. Физические перегрузки организма работающего.	-	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
4. Нервно-психические перегрузки.	+	СП 51.13330.2011. Защита от шума. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

4.2.2 Отклонение показателей микроклимата

Внутренняя среда производственных помещений определяется температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха и температурой окружающих поверхностей. Этот климат, называемый микроклиматом, оказывает влияние на организм человека. Государственный стандарт устанавливает требования для рабочих зон, которые включают в себя

пространства высотой до 2 метров над уровнем пола или площадки, где работают люди. Постоянным рабочим местом считается место, на котором человек проводит более 50% рабочего времени или более 2 часов непрерывно. Если работа выполняется в разных частях рабочей зоны, то все рабочее пространство считается постоянным рабочим местом.

В соответствии с [43], микроклимат в производственных помещениях характеризуется показателями, такими как температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

4.2.2.1 Оптимальные условия микроклимата

Критерии оптимального теплового и функционального состояния человека определяют оптимальные микроклиматические условия, которые обеспечивают ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены с минимальным напряжением механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, способствуют высокой работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Таблица 4.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

4.2.2.2 Допустимые условия микроклимата

В соответствии с критериями допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены установлены допустимые микроклиматические условия. Эти условия не причиняют повреждений или нарушений состояния здоровья, однако могут вызывать общие и локальные ощущения теплового дискомфорта, напряжение механизмов терморегуляции, ухудшение самочувствия и понижение

работоспособности. В случаях, когда оптимальные величины не могут быть обеспечены по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам, устанавливаются допустимые величины показателей микроклимата.

В соответствии с таблицей 4.3, показатели микроклимата на рабочем месте должны соответствовать значениям, допустимым для выполнения работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 4.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Іб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3

4.2.3 Отсутствие или недостаток естественного света

Произведем расчет системы равномерного искусственного освещения для помещения, в котором происходила работа.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами:

- 1 H – высота помещения, которая составляет 3,5 м.
- 2 h_c – расстояние светильников от перекрытия, 0,1 м.
- 3 $h_{п}$ – высота светильника над полом, 3.4 м;
- 4 $h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом, 1 м;
- 5 h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью составляют 2,4 м;
- 6 L – расстояние между соседними светильниками или рядами, которое рассчитывается по формуле:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (4.1)$$

где λ – наивыгоднейшее расположение светильников, значение для светильников типа ГС, ЛЦ составляет 1,6. Следовательно L можно вычислить как отношение 2,4 к 1,6. $L = 3,84$ м.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$. Следовательно $l = 3,84/3 = 1,28$ м.

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{4 - \frac{2}{3} \cdot 3,84}{3,84} + 1 = 1,38, \quad (4.2)$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; B – ширина помещения, м; L – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{8 - \frac{2}{3} \cdot 3,84}{1 + 0,5} = 3,63, \quad (4.3)$$

где $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду; A – длина помещения, м; $l_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 4,99, \quad (4.4)$$

где N – общее количество светильников;

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{32}{2,4(8+4)} = 1,11, \quad (4.5)$$

Значения коэффициента использования светового потока светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ГС		
	$\rho_n, \%$	30	50
$\rho_c, \%$	10	30	50
i	Коэффициент использования, %		
0,7	29	31	34
0,8	32	33	37

Расчёт светового потока производится по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_d \cdot \eta}, \quad (4.6)$$

где E_n – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016, лк (в случае рабочего помещения – 150 лк, как для работ средней точности при продолжительности зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность более 70%);

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (для помещений с малым выделением пыли – 1,5);

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп – 1,1),

N_d – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{150 \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,32} = 2320 \text{ лм.}$$

Расчитав световой поток Φ , зная тип лампы, по таблице 4.5 выбирается ближайшая стандартная лампа.

Таблица 4.5 – Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850

Далее определяется электрическая мощность всей осветительной системы по формуле:

$$P = N_{л} p_{л}, \quad (4.7)$$

где $N_{л}$ – число ламп в помещении,

$p_{л}$ – мощность, Вт.

$$P = N_{л} p_{л} = 10 \cdot 40 = 400 \text{ Вт.}$$

Далее выполняется проверка полученных с помощью формулы (4.7) значений.

Если необходимый поток лампы будет выходить за пределы диапазона (–10...+20 %), то необходимо скорректировать число светильников либо высоту подвеса светильников.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} 100\% \leq 20\%,$$

$$-10\% \leq -0,86\% \leq 20\%.$$

Неравенство верно.

В ходе расчёта общего искусственного освещения было установлено, что световой поток в рабочем помещении равняется 2320 лм, а номинальная электрическая мощность осветительной системы равна 400 Вт.

4.2.4 Физические перегрузки организма, работающего

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы» физические перегрузки или тяжесть труда являются вредными производственными факторами трудового процесса. Они возникают при перемещении материалов и других действиях на расстоянии. Полевой этап работы характеризуется высоким уровнем физических нагрузок,

связанных с буровыми работами, такими как постоянная ходьба и перетаскивание тяжелых предметов. Для предотвращения физических перегрузок необходимо устраивать перерывы в работе.

Статическая нагрузка, возникающая у сотрудников камерального отдела за компьютерами, связана с сидячим положением человека. Для предотвращения данной нагрузки необходимо исключение статической работы, изменение рабочей позы и проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом упражнений. При проектировании рабочих мест следует учитывать естественную позу человека и стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно более комфортной.

4.2.5 Нервно-психические перегрузки:

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы», физические перегрузки или тяжесть труда являются вредными производственными факторами, которые связаны с перемещением материалов и другими подобными задачами на расстояния. Наиболее тяжелым этапом для работников является полевой этап, так как они постоянно занимаются буровыми работами, что требует постоянного передвижения и перетаскивания тяжелых предметов. Для того чтобы избежать физических перегрузок, необходимо делать перерывы в работе.

Для сотрудников камерального отдела, работающих за компьютерами, статическая нагрузка является проблемой, вызываемой сидячим положением. Для предотвращения этого необходимо использовать профилактические меры, такие как изменение позы во время работы, проведение гимнастики и выполнение рационального комплекса упражнений. При проектировании рабочих мест следует стремиться к тому, чтобы поза работника была максимально естественной.

4.3 Экологическая безопасность

При проведении инженерно-геологических работ необходимо соблюдать правила и мероприятия по охране природы, чтобы избежать вреда окружающей среде, что отмечено в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при инженерно-геологических работах

Природные ресурсы, компоненты геологической среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Почва	Уничтожение и повреждение почвенного слоя	Рекультивация земель
	Загрязнение горюче-смазочными материалами	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники
	Загрязнение производственными отходами	Вывоз и захоронение отходов
Грунты	Нарушение состояния геологической среды	Ликвидационный тампонаж скважин, геомониторинг
	Нарушение физико-механических свойств горных пород	Мероприятия по укреплению грунтов (цементация, битуминизация, силикатизация)
Подземные воды	Загрязнение производственными сточными водами и мусором, нефтепродуктами, буровым раствором	Сооружение водоотводов, складирование или вывоз мусора, обезвреживание сточных вод

В частности, запрещается загрязнять участок проведения работ и разводить костры в неположенных местах. Также необходимо соблюдать правила пожарной безопасности и установить маслосборники для устранения горюче-смазочных материалов.

Для ликвидации скважин можно использовать метод послойной засыпки ствола и извлечения грунта с последующей трамбовкой. После завершения работ в поле необходимо соблюдать указанные правила. В период изысканий

необходимо выявлять загрязняющие вещества, которые могут оказаться опасными для здоровья людей в геологической среде. Для их устранения следует разрабатывать соответствующие решения, проводить обследование состояния верхнего слоя грунта и давать рекомендации по замене грунта на определенных участках территории. Небольшой ущерб, нанесенный окружающей среде, может привести к серьезным последствиям в будущем, которые достаточно сложно предсказать.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

При проведении исследований на рабочем месте необходимо проанализировать возможные чрезвычайные ситуации. В числе возможных ЧС на рабочем месте может произойти пожар. Пожар – это неконтролируемое горение, которое не происходит в специальном очаге, и может привести к материальному ущербу и несчастным случаям. Причинами пожара могут послужить неправильная эксплуатация оборудования, такого как компьютеры и оргтехника, перепад напряжения, который может привести к электрическому замыканию, и неисправность проводок. Еще одним возможным ЧС на рабочем месте является несчастный случай.

Переломы, порезы, ушибы и другие несчастные случаи могут возникнуть по многим причинам, таким как неаккуратность и торопливость. Для предотвращения ЧС и разработки порядка действия в случае их возникновения, нужно принимать меры. В случае пожара в здании необходимо остановить работу оборудования и обесточить его, а также строго соблюдать установленный противопожарный режим. Каждый работник должен знать, как пользоваться первичными средствами пожаротушения и порядок эвакуации на случай пожара.

4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для того чтобы избежать пожара на рабочем месте, необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности: запрещается допускать к работе лиц, не прошедших первичный противопожарный инструктаж; необходимо сообщать о возгорании пожарным и ответственному руководителю; оценивать возможное распространение пожара и создающую угрозу для людей и пути возможной эвакуации; приступать к ликвидации очага возгорания при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель, песок, кошма и т.д.). Курение в организации допускается только в строго определенных местах, соответствующим образом оборудованных и обеспеченных средствами пожаротушения (на улице), а курить в зданиях категорически запрещено.

Каждый работник организации должен проверить наличие и состояние первичных средств пожаротушения, противопожарное состояние электрооборудования, работоспособность системы вентиляции, исправность телефонной связи, состояние эвакуационных выходов и проходов. Лица, нарушающие требования пожарной безопасности, привлекаются к административной ответственности. В случае возгорания необходимо немедленно сообщить руководителю, ответственному за пожарную безопасность, и вызвать городскую пожарную команду, звоня с городской АТС по номеру 101 или с мобильного телефона по номеру 112. Также необходимо принять меры по ликвидации очага возгорания и эвакуации людей и имущества из помещения.

Для обеспечения безопасности в случае несчастного случая необходимо оказать первую медицинскую помощь пострадавшему, организовать его транспортировку в больницу или травмпункт, а также сообщить о произошедшем непосредственному начальству. Во избежание возможных трагических последствий, рабочий персонал должен быть подготовлен к

предоставлению первой медицинской помощи в соответствии с инструкцией по безопасности, принятой на фирме.

4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Проведенное исследование по социальной ответственности показало, что соблюдение правил безопасности и мероприятий по устранению отрицательных последствий может привести к улучшению производства.

Соблюдение правил и требований, связанных с расчетами теплопроводности грунтов, может улучшить работу производства и дать положительный результат. При этом, камеральные работы не оказывают влияния на здоровье человека и загрязнение экологии, но используемые данные для расчетов зависят от полевых и камеральных работ. Полевые работы напрямую влияют на литосферу, экологию в целом и здоровье человека, в то время как камеральные работы больше влияют на здоровье работника.

При выполнении комплекса работ при моделировании теплофизических процессов были обоснованы мероприятия по защите здоровья, экологии и предотвращению чрезвычайных ситуаций. Для этого были изучены нормативные документы, которые регламентируют правила в части охраны труда, экологии и чрезвычайных ситуаций.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Концепция дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) заключается в использовании спутников или летательных аппаратов для сбора информации о поверхности Земли. В инженерных изысканиях ДЗЗ может быть полезным инструментом для получения информации о геоморфологии, геологической структуре, гидрологии и других характеристиках местности.

ДЗЗ может использоваться для создания цифровых моделей рельефа, что способствует определению оптимального местоположения для строительства. Отличительной особенностью является возможность проведения анализа изменений в местности во времени. Это может быть полезно для определения эффектов природных катастроф, таких как наводнения или землетрясения, на местность и ее изменений.

Таким образом, ДЗЗ является важным инструментом в инженерных изысканиях, который позволяет получать ценную информацию о местности и ее характеристиках, что может быть использовано при планировании и строительстве сооружений.

Цель данной работы заключается в оценке использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов с возможностью минимизации затрат на инженерные изыскания с достаточной степенью достоверности получаемых данных, что является очень актуальным вопросом.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Дистанционное зондирование земли может быть полезным инструментом для определения температуры грунтов. С помощью ДЗЗ можно получить информацию о температуре поверхности земли и грунтов на больших территориях, что может быть полезно для мониторинга климатических изменений, а также для планирования и управления сельскохозяйственными культурами.

Существуют специальные спутники, которые могут измерять температуру поверхности земли, используя инфракрасный диапазон. Эти данные могут быть использованы для создания карт температуры поверхности земли и грунтов, а также для выявления горячих точек, которые могут указывать на наличие подземных источников тепла, например, вулканов или геотермальных источников.

Потенциальными потребителями результатов оценки использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов являются компании, ориентированные на строительство и проектирование строительных объектов, могут быть организации, занимающиеся строительством и проектированием объектов различного назначения, а также научные учреждения, ответственные за оперативный контроль за состоянием окружающей среды, во время геоэкологического мониторинга регионов.

При рассмотрении целевой аудитории относительного определения температуры грунтов можно выделить следующие лица:

- Геологи и геотехнические инженеры: для изучения изменений на местности, таких как оползни и затопления, для предотвращения аварийных ситуаций;
- Сельскохозяйственные организации: для планирования и управления сельскохозяйственными культурами;

- Метеорологи: для мониторинга климатических изменений;
- Научно-исследовательские институты и университеты: исследования в области геоморфологии, геологической структуре, гидрологии и других характеристик местности.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений при планировании проекта по дистанционному зондированию местности (ДЗЗ) является важным этапом для определения наилучших технических решений, которые могут быть использованы в проекте. Это позволяет изучить технологические возможности и ограничения, а также определить лучшие практики и инновации, используемые в индустрии.

Проведении данного анализа способствует тому, что можно выявить преимущества и недостатки различных технологий, идентифицировать потенциальные риски и проблемы, а также определить наилучшие способы улучшения проекта. Это позволяет сократить время и затраты на проект и повысить его эффективность и качество.

В таблице 5.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 5.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,14	5	5	4	0,70	0,7	0,56
2. Технологичность	0,18	5	4	3	0,90	0,72	0,54
3. Объем базы данных	0,15	4	3	4	0,60	0,45	0,60
4. Эффективность работы	0,15	4	3	3	0,60	0,45	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,12	4	3	5	0,48	0,36	0,60
2. Конкурентоспособность продукта	0,14	5	4	3	0,70	0,56	0,42

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,12	4	5	3	0,56	0,70	0,42
Итого	1	3	27	25	4,54	3,94	3,59

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 4,54$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ является методом оценки сильных и слабых сторон, возможностей и угроз организации или проекта. Это очень полезный инструмент для формирования визии и структурирования стратегического планирования.

При создании проекта SWOT-анализ позволяет оценить:

- Конкурентные преимущества проекта, такие как уникальность и эффективность;
- Потенциальных угроз проекта, которые можно нивелировать заранее.

В целом, SWOT-анализ является мощным инструментом стратегического планирования и может быть использован во многих областях, где необходимо принимать важные решения. Он помогает выявить проблемы и угрозы, анализировать сильные стороны, и планировать действия, что способствует созданию успешного проекта.

В первую очередь необходимо составить матрицу SWOT, в которой описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.2.

Следующим этапом создания матрицы SWOT является оценка эффективности проекта, далее будут представлены соотношения параметров представлены в таблицах 5.3–5.7.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Экономичность и эффективность проекта.	Сл1. Точность данных ниже местных исследований.
С2. Удобство в использование материала.	Сл2. Необходимость в поиске клиентов.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Необходимость в повышении квалификации сотрудника.
С4. Конкуренентоспособность.	Сл4. Ограниченность в связи с погодными условиями (облачность или туман).
С5. Возможность исследования больших территорий за короткий промежуток времени	
Возможности	Угрозы
В1. Возможность проведения анализа территорий, на которых не проводились инженерные изыскания	У1. Конкуренция на рынке дистанционного зондирования земли может привести к увеличению цен на услуги и уменьшению прибыли проекта.
В2. Появление спроса со стороны потенциальных потребителей.	У2. Увеличение стоимости используемого программного обеспечения.
В3. Развитие новых технологий могут способствовать улучшению качества получаемых данных	У3. Развитие других технологий и методов исследований местности может уменьшить спрос на дистанционное зондирование земли и угрожать его позиции на рынке.
В4. Снижения уровня рисков для специалистов, работающих в опасных или труднодоступных местах.	

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	+	+
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	-	-	-	+
	B4	+	-	+	+	-

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	+
	B2	-	-	-	-
	B3	+	+	-	+
	B4	-	-	-	-

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	+	-	+
	У2	+	-	-	+	+
	У3	-	-	-	-	+

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	+
	У2	+	-	-	-
	У3	-	-	-	+

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 5.6.

Таблица 5.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-	стороны	Слабые стороны научно-	стороны
--	--------------------------------	----------------	-------------------------------	----------------

	<p>исследовательского проекта</p> <p>С1. Экономичность и эффективность проекта.</p> <p>С2. Удобство в использование материала.</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Конкурентоспособность.</p> <p>С5. Возможность исследования больших территорий за короткий промежуток времени.</p>	<p>исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Точность данных ниже местных исследований.</p> <p>Сл2. Необходимость в поиске клиентов.</p> <p>Сл3. Необходимость в повышение квалификации сотрудника.</p> <p>Сл4. Ограниченность в связи с погодными условиями (облачность или туман).</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Возможность проведения анализа территорий, на которых не проводились инженерные изыскания</p> <p>В2. Появление спроса со стороны потенциальных потребителей.</p> <p>В3. Развитие новых технологий могут способствовать улучшению качества получаемых данных</p> <p>В4. Снижения уровня рисков для специалистов,</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1В2В4С1С4 В2В3В4С2С3С5</p> <p>В связи с экономичностью и энергоэффективностью проекта повышается заинтересованность потребителей, что способствует конкурентоспособности проекта.</p> <p>Развитие новых технологий в данном сегменте будут увеличивать объем исследуемых территорий. В связи с этим будет повышено удобство материала, так как будет получена более свежая информация, помогающая потенциальным специалистам.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1В3СЛ1СЛ2СЛ4</p> <p>При недостаточном развитии новых технологий, в связи с меньшей точностью данных, появится необходимость в появлении новых клиентов, так как имеется дополнительная ограниченность в виде погодных эффектов.</p>

<p>работающих в опасных или труднодоступных местах.</p>		
<p>Угрозы У1. Конкуренция на рынке дистанционного зондирования земли может привести к увеличению цен на услуги и уменьшению прибыли проекта. У2. Увеличение стоимости используемого программного обеспечения. У3. Развитие других технологий и методов исследований местности может уменьшить спрос на дистанционное зондирование земли и угрожать его позиции на рынке.</p>	<p>Угрозы развития У1У2С1С3 УЗС4С5 Экономичность проекта в комбинации с более свежей информацией, которую можно получить по большим территориям, поспособствует закреплению на рынке. Развитие других технологий может поспособствовать развитию дополнительной конкуренции, однако возможность исследования больших территорий позволит оставаться проекту конкурентоспособным</p>	<p>Уязвимости: У1СЛ2 У2УЗСл1Сл4 В связи с возможностью увеличения конкуренции и дестабилизации рынка, может появиться необходимость в поиске новых клиентов. При развитии новых технологий есть риск в увеличении стоимости программного обеспечения, так как данный проект обладает сниженной точностью.</p>

Согласно SWOT-анализу, преимущества разработанной технологии перевешивают её недостатки. Эти недостатки в настоящее время не устранены на практике, но теоретически уже могут быть решены. Результаты этого анализа будут использованы для будущих исследований и разработок.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научно-исследовательской деятельности;
- определение количества исполнителей исследования;
- определение продолжительности научного исследования;
- составление программы исследования.

Для оптимизации работ целесообразно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является линейный график выполнения всех работ. Последовательность этапов работы и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель,
	2	Календарное планирование выполнения работ	Научный руководитель, инженер
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проектной деятельности	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка проектной деятельности	Инженер
	7	Завершение проектной деятельности	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
	9	Оценка правильности полученных результатов	Научный руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Поскольку затраты на оплату труда составляют большую часть затрат на разработку в научных исследованиях, определение трудоемкости предстоящей работы является важным этапом калькуляции затрат.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;
 $t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;
 $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;
 $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (5.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,48 \quad (5.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году (2022 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
5. Планирование проектной деятельности	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка проектной деятельности	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Завершение проектной деятельности	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	13,5	68,5	68,5	112

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	■											
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■										

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	Выбор методов исследования	Исп2	6		■										
5	Планирование проектной деятельности	Исп1 Исп2	7			▨ ■									
6	Подготовка проектной деятельности	Исп2	9				■								
7	Завершение проектной деятельности	Исп2	25					■	■	■					
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								■	■	■		
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									▨ ■		▨	
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13										■	■	■

Примечание:

▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

5.3 Бюджет научно-технического исследования

Во время планирования бюджета научно-технического исследования учитываются следующие группы затрат:

- Материальные затраты НИР;
- Затраты на программное обеспечение;
- Основная заработная плата исполнителей проекта;
- Дополнительная заработная плата исполнителей проекта;
- Накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

При разработке данного проекта были указаны затраты на приобретение необходимых материалов для проведения работ.

Материальные затраты – это затраты на приобретение и использование материальных ресурсов, таких как сырье, оборудование, инструменты, расходные материалы и другие материальные объекты, необходимые для

выполнения работ или производства продукции. Они могут включать в себя затраты на закупку, хранение, транспортировку и утилизацию материалов.

Результаты расчета затрат представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Материальные затраты.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Бумага для принтера	350	2	700
Картридж для лазерного принтера	3 668	1	3 668
Краска для принтера	726	1	726
Итого:			5144

5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации проекта необходим для определения стоимости износа оборудования и других активов, используемых в рамках проекта, которые будут использоваться в течение длительного времени. Он также позволяет определить, какую долю стоимости оборудования следует включить в расходы проекта на каждом этапе его реализации.

Проведение расчета амортизации помогает снизить налоговые обязательства проекта, так как амортизационные расходы могут быть списаны с налоговой базы. Кроме того, это помогает определить, когда следует заменить оборудование или другие активы, используемые в проекте, чтобы избежать простоя или снижения производительности.

При вычислении использовались следующие формулы:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot t, \quad (5.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; t – время использования, мес.

Таблица 5.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	$H_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Frost 3D	1	5	1,53	0,2	1314000	32850
2	Компьютер	1	5	3,03	0,2	59999	5416,5
3	Программное обеспечение ArcGis	1	3	1,63	0,33	240000	19800
Итого:						58066,5 руб.	

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата – это фиксированная часть заработной платы исполнителей, которая выплачивается им за выполнение работы. При определении основной заработной платы учитываются такие факторы, как уровень квалификации исполнителей, сложность выполняемой работы, ее объем и продолжительность.

Основная заработная плата исполнителей является одним из основных видов расходов организации и представляет собой оплату труда исполнителей за выполнение работы. Она является важным фактором мотивации и удержания квалифицированных сотрудников в организации.

Правильное определение уровня основной заработной платы исполнителей позволяет организации привлекать и удерживать талантливых сотрудников, повышать их мотивацию и эффективность работы, а также улучшать общую производительность организации. Кроме того, правильное управление основной заработной платой исполнителей может помочь организации сократить расходы на персонал и увеличить свою конкурентоспособность на рынке.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 5.8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (5.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,15 = 29325 \text{ руб.} \quad (5.11)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска) и 1,15 (для г. Омска).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное чо дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{\partialн}, руб$	$T_p, раб. дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,15	29325	1466,2	68,5	100438,1
Итого:								129426,7

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\partialоп} = k_{\partialоп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

– для инженера:

$$Z_{\partialоп} = k_{\partialоп} * Z_{осн} = 0,15 * 100438,1 = 15065,7 \text{ руб.} \quad (5.13)$$

где $k_{\partialоп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{\partialоп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{\partialоп}) = 0,3(100438,1 + 15065,7) = 34651,1 \text{ руб.} \quad (5.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425 НК РФ).

5.3.5 Накладные расходы

Расчет накладных расходов необходим для определения полной стоимости производства товаров или услуг, которые предоставляет организация. Накладные расходы не относятся к прямым затратам на производство, но необходимы для поддержки деятельности организации в целом. Они включают в себя расходы на аренду помещений, коммунальные услуги, страхование, рекламу, зарплаты административного персонала и другие затраты.

Сумма 5 статьи затрат, которые были рассчитаны выше, приведена следующая таблица для расчета накладных расходов.

Таблица 5.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
58066,5	5114	129426,7	19414	44652,2	256673,5

Величина накладных расходов определяется по формуле (5.15):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.15)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

5.3.6 Бюджет НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости научного исследования «Моделирование и теплотехнический расчёт грунтов оснований газопровода Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения Ямала» по форме, приведенной в таблице 5.15. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 5.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
		Текущий Проект	
1	Материальные затраты НИР	5114	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	58066,5	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	129426,7	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19414	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44652,2	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	51334,7	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		308 008,2	Сумма ст. 1- 6

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности (ИПФЭ) является многомерным показателем, который позволяет оценить финансовую эффективность компании с учетом нескольких аспектов ее деятельности. Он является средством для измерения степени достижения целей, поставленных компанией, и позволяет оценить результаты ее деятельности в целом.

ИПФЭ учитывает различные факторы, такие как финансовые результаты (например, прибыльность), операционную эффективность (например, производительность), использование активов (например, оборачиваемость капитала) и другие. При расчете ИПФЭ используются различные методы анализа данных, включая факторный анализ, многомерное шкалирование и другие.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 308008,2$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 315272,4$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 351042,4$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{308008,2}{351042,4} = 0,87;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{315272,4}{351042,4} = 0,89;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{351042,4}{351042,4} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан наиболее приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{ri}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	4	5	5
2. Увеличение производительности	0,2	5	3	4
3. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
4. Востребованность	0,3	5	4	3
5. Энергосбережение	0,15	4	4	3
ИТОГО	1	4,65	4	3,75

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 = 3,75.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,87} = 5,34, \quad I_{исп.2} = \frac{4}{0,89} = 4,49, \quad I_{исп.3} = \frac{3,75}{1} = 3,75.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 5.17).

Таблица 5.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,89	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,34	4,49	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,70

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

5.5 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

По итогу работы над данным разделом было выявлено, что:

- 1 Во время проведения анализа конкурентных технических решений было принято, что данный проект является актуальным для нынешнего технологического развития и находится на высоком конкурентноспособном уровне. Данные показатели указывают на то, что проект является выгодным и ресурсоэффективным;
- 2 По мере проведения планирования проекта была произведена оценка затрат, которая равняется 308008,2 руб. В перечень затрат входят: амортизация; сырье и материалы; основная и дополнительная заработная плата; отчисления в фонды; накладные расходы проекта;
- 3 В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 112 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 84 дня; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 15 дней;
- 4 Результат оценки эффективности ИР показывает:
 - 1 Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,54, если сравнить их со значениями конкурентов, равными 3,94 и 3,59, можно выявить, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.
 - 2 Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,34, по сравнению с 4,49 и 3,75 и является наиболее высоким. Полученные данные указывают на то, что техническое решение проекта является наиболее эффективным вариантом.

6 Заключение

В работе была исследована возможность получения необходимых данных по температуре многолетнемёрзлых грунтов в суровых климатических условиях территории Крайнего Севера. Были изучены принципы и основы дистанционного зондирования Земли, методика получения различной информации с помощью спутниковых снимков, разработан алгоритм расчёта температуры поверхности и в конечном итоге расчёт температуры грунтов на различных глубинах.

Таким образом в работе были получены результаты, которые могут:

- значительно сократить сроки и стоимость дорогостоящих инженерных изысканий на этапе проектирования;
- обеспечить информацией мониторинговые организации при ведении наблюдений в труднодоступных местах.

Вполне возможно, что для разных регионов, будут разные формулы зависимости. Но выработанный алгоритм, после его подтверждения эмпирическим путём можно будет брать за основу.

Для использования данного метода необходимо в требуемом регионе оборудовать несколько термометрических скважин. Затем снять по ним показания посредством термометрической косы на различных глубинах. Загрузить спутниковые снимки за требуемые даты. Вычислить зависимость в регионе расчётной и измеренной температур. По получившейся зависимости можно вычислить температуру грунта на глубине и применять в необходимых случаях.

Таким образом, получив уже такие зависимости, можно сделать выводы о том, что для оценки температуры грунтов вполне можно использовать данные дистанционного зондирования Земли.

7 Список публикаций автора

- 1 Палилкин, А. А. Применение космоснимков для оценки температуры грунтов / А. А. Палилкин; науч. рук. Н. Н. Бракоренко, А. Н. Никитенков // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXVI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященный 90-летию со дня рождения Н. М. Рассказова, 120-летию со дня рождения Л. Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М. А. Усова, Томск, 4-8 апреля 2022 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2022. — Т. 1. — [С. 202-204].

8 Список используемых источников

- 1 Геокриология СССР: Западная Сибирь/Под редакцией Э.Д. Ершова – М.: Недра, 1989г. – 454 с.: ил.
- 2 Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа/Тюменский государственный университет. Эколого-географический факультет. – Тюмень.: ФГУП «Омская картографическая фабрика» 2004г. – 303 с.: цв. ил.;
- 3 «ГОСТ 32453-2017. Межгосударственный стандарт. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» (введен в действие Приказом Росстандарта от 12.09.2017 N 1055-ст);
- 4 «СП 25.13330.2020. Свод правил. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. СНиП 2.02.04-88» (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 N 915/пр) (ред. от 31.05.2022)
- 5 Матузко А.К. Определение температуры поверхности воды по данным дистанционного зондирования Земли // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы IV Междунар. науч. конф. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2017. С. 271–274.
- 6 Landsat 8 in Land Surface Temperature Estimations // Life in GIS URL: <https://www.lifeingis.com/landsat-8-in-land-surface-temperature-estimations/> (дата обращения: 28.09.2022).
- 7 Technical description // Landsat 8 URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (дата обращения: 01.04.2023).
- 8 Vayghn Ihlen Landsat 8. Data Users Handbook. - Sioux Falls, South Dakota: Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2019. - 106 с.
- 9 Shiza, Mushtaq Assessment of urban heat: approaching walkability from a multi-scalar perspective : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Shiza Mushtaq ; Graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university. — Ankara, Turkey, 2023. — 237 с.

10 Giannini M.B., Belfiore O.R., Parente C., Santamaria R. Land Surface Temperature from Landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data // Journal of Engineering Science and Technology Review. 2015. V. 8, No 3. P. 83–90.

Приложение А

(справочное)

Application of remote sensing data for calculating surface temperature

Раздел 3

Методика применения данных дистанционного зондирования

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ11	Палилкин Алексей Александрович		

Консультант школы отделения геологии ИШПР

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев Олег Геннадьевич	д. г. н., профессор		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Терре Дина Анатольевна	Кандидат филологических наук		

3 Application of remote sensing data for calculating surface temperature

3.1 Basics of remote sensing

In order to gather information about a particular object, phenomenon or territory, it is not necessary to make direct contact with them: you can use remote sensing. Remote sensing is the process of gathering information in a non-contact manner. In particular, it includes any type of non-contact surveys from measurement platforms. Sensing platforms include space and airborne vehicles (e.g. helicopters, airplanes, satellites, spacecraft, etc.), ground stations, submarines, and vessels. The image is a metric two-dimensional image of a certain object, which is formed by means of remote registration of radiation. It is also possible to obtain an image of an object by purposeful measurement of radiation (note that it can be reflected or intrinsic). Thus, a snapshot is a purposeful form of registration, measurement and visualization of radiation, which conveys geographical information about a particular object. It should be said that the quality and variety of remote sensing materials have increased enormously in volume over the last few decades. Today only aerospace imagery includes more than 100,000,000 images, which give complete coverage of the earth's surface, with many areas overlapping many times.

The increasing relevance of space imagery is due to the closure of aerial photography programs of the Earth's surface worldwide. Therefore, satellite systems, which operate continuously and consist of constellations of satellites, form the basis of space systems. Such systems are integrated with complex infrastructure that enables spacecraft to operate in the earth's orbit, receive, distribute and store various data.

Due to their unique properties, space images are utilized in a variety of fields. The study of Earth and its sciences is being enhanced and enriched thanks to the materials obtained from space. Furthermore, space imagery is highly relevant in natural resource studies, environmental research, and the investigation of natural phenomenon dynamics. By utilizing space images, key structural characteristics of

the hydrosphere, biosphere, atmosphere, and lithosphere can be studied. Additionally, space images can be used to examine landscapes on a regional, zonal, and global level.

Due to remote sensing, cartography is rapidly developing with updated and compiled thematic and general geographic maps. Different branches of science such as satellite hydrophysics, meteorology, space cartography, oceanology and geodesy are advancing with the information received through these methods. Additionally, the investigated method allows for the operative control of the environment, which positively influences the quality of geo-ecological monitoring.

Space images provide researchers with a number of very valuable opportunities, which are of great importance for mapping. Such benefits are, in particular, the following:

- possibility to produce a large coverage of territories, as a consequence of which the generalization of images is increased;
- possibility to provide the systematic repetition of surveys, which enables to judge the dynamics of natural phenomena, both episodic (e.g. volcanic eruptions, forest fires, etc.) and periodic (repeated every season or every day), and to study the nature of economic activities (e.g. dynamics of harvesting, ripening of crops, study of crop areas, land and sea pollution, etc.)
- possibility to perform imaging of large territories at the same time, so it is possible to speak about the interrelation of landscape components;
- possibility to draw conclusions about regional, zonal and structural features of the whole planet based on the images.

Maps produced based on space images enable to clearly and reliably reflect many phenomena, which could not have been detected without such images at all.

Let us list the main advantages of using remote sensing in mapping:

- the data used during the survey are as reliable as possible;
- the boundaries of objects can be defined with high accuracy;

- high values of objectivity coefficient are ensured in singling out objects or classifying them into some classes;
- there is a reduction in the volume of ground surveys, which allows completing the research more quickly.

It should be noted that remote methods involve indirect means of investigation. Instead of fixing parameters of the object being studied, they focus on a number of related values. To decipher these parameters, preliminary research is required, which involves using contact methods to study the object during experiments. As a result, the methods used to study planets from space are highly advanced, requiring the use of complex electronic and optical devices, rocket technology, and computers. New approaches are also needed to interpret the results obtained.

Although subsatellite studies cover a relatively small surface area, they provide data that can be generalized and applied to large areas, even the entire Earth's surface.

3.2 Types of radiation and its interaction with the Earth surface

Remote methods are based on the principle of interpretation of data obtained by measuring the level of electromagnetic radiation reflected or emitted by an object. Such electromagnetic radiation is recorded at a certain point in space, at some distance from the target of study.

Electromagnetic radiation is practically invisible to the human eye. Spectrum perceived by human vision - this is the so-called visible spectrum, is in the range of 0.38-0.73mkm. The electromagnetic spectrum lies commonly beyond the limits of human vision, but in a number of cases electromagnetic radiation can be perceived by other senses. In particular, a person can perceive infrared radiation by the skin, as it is perceived as heat.

The increased range of studies, that sensors, remote sensing devices, can detect, presents new opportunities for studying the environment and its current state. However, the amount of information received is also significantly higher, leading to

the problem of processing the data obtained from satellites. To address this issue, new and more advanced algorithms are required to extract the information contained in the satellite data. Remote methods using energy sources are further divided into active and passive ones.

Passive methods based on the registration of solar energy or electromagnetic radiation are the most applicable when it comes to satellite communication. These methods involve the transmission of information about specific areas reflected by the radiation and their properties. On the other hand, active methods require the satellite to generate an information signal using its energy source, which is then sent to Earth and its reflection registered. The energy source can be a radar transmitter, laser, etc.

The radiation data is collected by the satellite receiving systems, which then convert it into an electrical signal before transmitting it back to Earth for processing. During the journey to the satellite, signal is partially scattered and absorbed by the atmosphere, and the receiving system captures both the scattered and reflected radiation. As a result, interpreting the incoming information poses a significant challenge. It is worth noting that the Sun is not the only source of radiation; the atmosphere and underlying surface also contribute to the radiation received by the satellite.

Passive remote sensing involves utilizing a portion of the electromagnetic spectrum, ranging from 0.25 μm -1m. When discussing the visible spectrum, one should consider that radiation is slightly impacted by both the atmosphere and underlying surface. However, the situation changes when it comes to the infrared zone. To provide a more comprehensive understanding of each range within this portion of the spectrum, let us examine them in detail:

- 0.25-0.4 μm is the UV range;
- 0.4-0.7 μm - visible range;
- 0.7-1.3 μm - near-infrared range;
- 1.3-3 μm - mid-IR range;
- 3-1,000 μm - long-range, or thermal IR range;

- 1,000 μm to 1 m - millimeter and microwave portions of the radio range.

The incident electromagnetic radiation can enter into three types of interactions with objects:

- reflection;
- transmittance;
- absorption.

Based on the law of conservation of energy, a relationship can be derived that relates all components of the study to each other.

The properties of absorbed, reflected and transmitted radiation will be different for different objects on the surface of the Earth. In particular, the matter of importance is the substance of which the object is composed, as well as the physical conditions surrounding the object. Because of these differences, objects in the image can be identified. Based on the wavelength, the ratios between reflected, absorbed and transmitted radiation can differ even among objects of the same type. Thus, within one spectral range, objects may seem indistinguishable, but in another range, they will be clearly distinguishable. In case of the visible spectral part, such differences appear as a change of light. If most of the radiation is reflected by objects in the blue part of the spectrum, objects will appear blue, and if most of the reflection is in the green part of the spectrum, objects will appear green. This also applies to other colors.

Reflectance characteristics such as geometric are also important. Such characteristics are closely related to the flatness or irregularity of the surface. A specular reflection will be recorded when the surface is flat, i.e. the angle of incidence is equal to the angle of reflection. If the surface is uneven, there will occur diffuse reflection, i.e. when uniform reflection of the incident radiation in all directions is observed. Reflection in real situation, as a rule, demonstrates mixed character.

In diffuse reflection the spectrum of radiation also contains information concerning the color of the surface, which is not observed in the case of specular

reflection. In this regard, when performing remote sensing, it is important to measure the diffuse characteristics of the reflection of territories.

It should be noted that radiation is reflected differently by different elements of the surface: soil, vegetation and water have differences in the reflection of radiation based on the zones of the electromagnetic spectrum. A spectral reflectance curve is a graph of the dependence of the spectral reflectance of an object on its wavelength. By studying this curve, it is possible to judge the spectral characteristics of the object and the type of the curve itself plays an essential role when choosing the spectral range to be used for remote sensing. A spectrometer is used to measure reflectance in the field or in the laboratory.

Depending on the condition of the object, the course of the reflectance curves varies. In particular, there are wet soil curves, dry soil curves, contaminated water curves, clean water curves, and forest curves. In case of quantitative assessment of vegetation, an index like NDVI (vegetation index) is most commonly used. This index is a relative normalized vegetation index that takes a positive value for vegetation. The index is directly proportional to the amount of green phytomass: the more phytomass, the higher the index. The index is also influenced by the composition of the vegetation based on its type, condition and connectivity, slope angle and surface exposure, soil color.

Calculated by the following formula:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}, \quad (3.1)$$

where ρ_{NIR} is reflectance in the near infrared region of the spectrum, ρ_{RED} is reflectance in the red region of the spectrum.

The NDVI index can be calculated using any image that has spectral bands in the near infrared and red range (the resolution can be either high, medium or even low).

Satellite radiometers record the received electromagnetic radiation data. Thus, to obtain terrestrial and water temperature data based on satellite radiometer estimates, it is necessary to understand the operating principles of remote sensing and know the laws as well as concepts of electromagnetic radiation.

The radiation infrared method by which water temperatures can be measured is based on the laws of radiation. Thus, if the temperature of a body is higher than absolute zero, it emits radiation. The molecules of this body are in motion and the internal energy is partially converted into radiation energy. By combining the channels, it is possible to determine the surface temperature.

3.3 Preliminary processing of field measurement data

In order to provide an efficient operation, it is necessary to perform the so-called input control of the available data.

Data from thermometric wells with obvious gross errors or insufficient data were rejected (mainly operator errors during data acceptance and transmission):

- wells without coordinates;
- wells with obviously incorrect coordinates;
- wells without measurement dates;
- wells with abnormal temperatures at initial depths (for example, neighboring wells have a temperature at a depth of 1.0 – minus 2...5 ° C, and a rejected well has plus 4, which indicates the presence of some natural, and most likely man-made anomaly, or even contain an incorrect measurement).

3.4 Translation of coordinates

After conducting the input control of field measurement data, it is necessary to determine the territory to search for further information: satellite images, selection of weather stations.

Since the surveys are carried out in the local coordinate system, it is necessary to make the transition to some general Earth system, for example, PZ-90 or WGS-84, especially since the binding of Landsat 8 images is carried out in this coordinate system. To do this, it is necessary to use the methodology described in GOST 32453-2017 "Interstate standard. Global navigation satellite system. Coordinate systems. Methods of transformation of coordinates of defined points".

3.5 Selection of weather stations, determination of the boundaries of the territory for images

Based on the resulting data, the area was determined. Using the open data of Roshydromet, we picked up the nearest weather stations: Novy Port and Nyda

Then using the website of the owner-operator of the Landsat 8 satellite system of the US Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) it is necessary to select the research area (Enter Search Criteria). This can be done either by placing dots on the work field, or by preparing a file with coordinates in advance and uploading it here.

Next, we select the date range for which we need images and the percentage of clouds, since clouds shield the reflecting rays quite strongly and cause distortions in the spectral channels.

After receiving the sample, we select the images we are interested in and upload their full set, so that it can have all the spectral channels, to the computer for further processing.

3.6 Image processing in ArcGIS

Having obtained a set of folders with images for different dates, it is necessary to carry out radiometric and atmospheric correction of satellite data. Image processing can be carried out in various programs that allow you to work with raster images in algebraic form, for example: ArcGIS, QGIS, etc.

ArcGIS is a powerful geoinformation system of programs of the American company ESRI, consisting of ArcMap, ArcCatalog and some auxiliary ones. It is used in various fields of activity, where it is only possible to use remote sensing data: when conducting and maintaining a land cadastre, in land management tasks, accounting for real estate objects, engineering communications systems, geodesy and subsoil use, and other areas. This program is proprietary.

QGIS, originally known as Quantum GIS, is a free, unlike ArcGIS, cross-platform geoinformation system consisting of a desktop and server part.

The ArcGIS 10 software package was used for the work.

It is necessary to unpack the pictures into the appropriate folders. They will contain a standard set of each image: data for each channel (ending with ...B1...11), and various satellite metadata in text files.

Then we upload the file corresponding to channel 10. Since the graphic data is stored in GeoTIFF format, it is automatically loaded into the corresponding coordinates.

Next, using the "Map Algebra" tool from the Spatial Analyst set, we calculate the spectral radiation at the upper boundary of the atmosphere TOA (Top of Atmospheric) and save the image with the suffix TOA:

$$TOA(L) = M_L \cdot Q_{cal} + A_L, \quad (3.2)$$

where M_L is the multiplicative conversion coefficient for the spectrum (the value is taken from the metadata of the Radiance_Mult_Band_10 snapshot), Q_{cal} is the corresponding spectrum (the value is taken from the metadata of the Radiance_Add_Band_10 snapshot), A_L is the additive conversion coefficient (equal to 0.1).

We recalculate TOA to BT (Brightness Temperature - brightness temperature) using the appropriate coefficients from the metadata and save the image with the BT suffix:

$$BT = (K_2 / \ln((K_1 / TOA) + 1)) - 273.15, \quad (3.3)$$

where K_1 is the constant of thermal transformation from the metadata of the snapshot K1_CONSTANT_BAND_10, K_2 is the constant of thermal transformation from the metadata of the snapshot K2_CONSTANT_BAND_10.

Then, we calculate the vegetation index NDVI to assess the coefficient of emission of thermal radiation and save the image with the suffix NDVI:

$$NDVI = \frac{Band_5 - Band_4}{Band_5 + Band_4}, \quad (3.4)$$

where $Band_4$ and $Band_5$ are pictures of 4 and 5 channels, respectively.

After that, we calculate the proportion of vegetation P_v (Proportion of vegetation) and save the image with the PV suffix:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2, \quad (3.5)$$

where $NDVI_{min}$ is the minimum value of the NDVI index, $NDVI_{max}$ is the maximum value of the NDVI index. Both values are removed in the properties of the layer with the NDVI suffix.

Next, we calculate the emission coefficient ε and save the image with the suffix em:

$$\varepsilon = 0,004 \cdot P_v + 0,986, \quad (3.6)$$

Having received the previous data, then we calculate the surface temperature LST (Land Surface Temperature) and save the image with the suffix LST:

$$LST = \frac{BT}{1 + \frac{0,00115 \cdot BT}{1,4388} \cdot \ln(\varepsilon)}, \quad (3.7)$$

It is necessary to build buffer zones of 100 m near each well to capture 3 adjacent cells to obtain a local estimate in order to exclude local extreme thermal deviations, such as heat from operating mechanisms, possible fires, possible rounding errors during recalculations, etc. That is, within this buffer zone, temperature data is averaged for each available observation day.

After that, using the "Identify" tool, we obtain the resulting temperature value in the areas of interest (near wells with thermometric observations).

3.7 Selection of temperature arrays

In the course of research, it is necessary to compare the resulting surface temperature with another available temperature, the air temperature of the weather station is used in the work.

Data on the temperature of the weather station can be obtained in various ways with varying degrees of reliability:

- request the regional hydrometeorological service for the desired weather station for the period of interest. This method will ensure the accuracy of the information, but it may be economically unprofitable, since a fee is charged for this data;
- use the resources of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data

Center" (<http://meteo.ru/data>). This method will also ensure the reliability of the data and is also free;

- it is possible to use various meteorological websites (<http://www.pogodaiklimat.ru> /, <https://www.gismeteo.ru> / etc.). This method has a rather low degree of reliability, since the data is not confirmed by anything.

The second method was used in the work. From the website <http://meteo.ru/data> data on the temperature of the Novy Port and Nyda weather stations were downloaded. After processing the data, information about the temperature for the period of interest was selected, that is, according to the dates of the images.

3.8 Processing of temperature values

To test the fundamental hypothesis about the possibility of using such a method for estimating surface temperatures, 14 sets of paired data on the weather station were processed. The resulting statistical processing data was recognized as good and, as a result, the correlation coefficient was 0.888, which indicates a good, stable and probably direct relationship between these data sets.

Since the preliminary results gave a good result, a similar work was carried out with a sample of values for wells.

The sample consisted of 143 sets of paired data. Using the previously stated assumption that the relationship between the data sets is direct, statistical processing of the ratio of the temperature from the image to the measured temperature at the weather station was performed. The rejection was carried out according to the Smirnov-Grubbs criterion.

As a result, there are 100 sets of paired data left. Sharply distinguished deviations associated with the inertia of thermodynamic processes were rejected.

According to these data, an attempt was made to calculate the correlation coefficient, which was 0.872, which indicates a stable relationship between these temperatures. Thereby, using a specific example, we obtained a relationship between

the temperature of the nearest weather station and satellite imagery data, which allows us to use more accurate ambient temperatures for the next stage of work. In the production, application plan, this may make a difference:

- while engineering surveying in the harsh conditions of the Far North, faster results are obtained and, as a result, the operations are more economically efficient;
- when choosing heat-insulating materials, which will reduce the cost of operations (or vice versa) and provide additional protection of the environment from the warming effects of the structure, which in the end is connected with the economic component to eliminate the negative consequences of thawing processes.

Afterwards, because of a large volume of processed data, a sample of thermometric wells can be made, if possible, with different soils composing the section.

According to SP 25.13330.2020, the thermophysical characteristics of the soils were calculated, and as a result, soil temperatures at various depths are calculated.

Then, the hypothesis of the correlation of theoretical, calculated data with field measurement data was tested, their statistical processing and analysis of the results were performed.

After processing paired data from 21 temperature sets – both calculated and measured, only 15-18 sets of paired data were selected for further analysis as in these cases statistical processing meets the requirement of acceptable limits. The results having been graphically displayed and analyzed, a dependence can be traced, which can be described by a set of formulas.