

Инженерная Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли
УДК 004.722.45-047.36:628.4:551.578.46

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Ибрагимов Эмиржан Адылжанович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Токарева О.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные и общепрофессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные (общекультурные) компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций,
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

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

Инженерная школа Информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) Информационные системы и технологии
Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Ибрагимов Эмиржану Адылжановичу

Тема работы:

Оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2019 г. № 1240/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Границы снежных отвалов г. Томска в 2015 г.
--------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ предметной области, – подбор космических снимков, – выбор ПО, – предварительная обработка данных, – вычисление вегетационных индексов, расчет температуры поверхности, построение рельефа, – анализ результатов, – финансовый менеджмент, – социальная ответственность.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Шулинина Юлия Игоревна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Токарева Ольга Сергеевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Ибрагимов Эмиржан Адылжанович		

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

Инженерная школа Информационных систем и технологий
 Направление подготовки (специальность) Информационные системы и технологии
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2019	Анализ предметной области	10
28.02.2019	Выбор ПО, поиск и создание коллекции снимков	10
14.03.2019	Предварительная обработка исходных данных	10
01.05.2019	Расчет спектральных индексов, температуры поверхности, построение рельефа и склонов.	35
26.05.2019	Анализ полученных результатов	15
03.06.2019	Финансовый менеджмент	10
03.06.2019	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Токарева Ольга Сергеевна	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цапко Ирина Валерьевна	К.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Ибрагимову Эмиржану Адылжановичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02. Информационные системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад инженера – 21760 руб., Оклад руководителя – 33664 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ, - определение трудоемкости работ, - создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку: - материальные затраты, - затраты на специальное оборудование; - заработная плата (основная и дополнительная), - социальные отчисления, - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	Определение потенциального эффекта разработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений, 2. Матрица SWOT, 3. Диаграмма Ганта, 4. Расчет бюджета затрат.
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Шулинина Ю.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Ибрагимов Э.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Ибрагимов Эмиржан Адылжановичу

Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Результаты проведенного исследования могут применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ
2. Производственная безопасность:	В качестве вредных и опасных факторов выделены: – отклонение показателей микроклимата; – превышение уровня шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – повышенное значение напряжения в электрической цепи;
3. Экологическая безопасность:	Рассмотрены негативно влияющие на экологию факторы при эксплуатации компьютера. Рассмотрены меры по обеспечению экологической безопасности согласно нормативным документам.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Перечень возможных ЧС, которые могут возникнуть при работе в помещении офиса. Способы защиты от пожара и ликвидация последствий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Ибрагимов Эмиржан Адылжанович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 85 с., 40 рис., 19 табл., 27 источников, 1 прил.

Ключевые слова: ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КОСМИЧЕСКИЙ СНИМОК, СНЕЖНЫЙ ОТВАЛ, СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ, ФОНОВЫЙ УЧАСТОК.

Объектами исследования являются территории трех снежных отвалов и их фоновые участки, расположенные в г. Томск.

Целью работы является оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли

В процессе исследования на основе данных космических снимков с использованием геоинформационных систем и технологий проводились: расчет вегетационного индекса, водного индекса, температуры поверхности, анализ рельефа прилегающих к снежным отвалам территорий.

Научную новизну и практическую значимость работы составляют результаты оценки динамики состояния территорий снежных отвалов в 2018 г. и влияния снежных отвалов на жилые дома, расположенные вблизи снежных отвалов.

Область применения: результаты данного исследования могут применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов.

Работа выполнена с использованием космических снимков со спутников Landsat-8 и Sentinel-2, полученных из архива Геологической службы США с использованием сервиса EarthExplorer, обработка исходных данных и пространственный анализ данных проведены в геоинформационной системе QGIS, для дальнейшего анализа полученных данных использовано ПО Microsoft Excel. Пояснительная записка оформлена при помощи ПО Microsoft Word.

Обозначения и сокращения

В данной работе применяются следующие сокращения и обозначения:

ГИС – геоинформационная система;

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

СО – снежный отвал;

ПО – программное обеспечение;

NDVI – нормализованный разностный индекс растительности;

NDWI – нормализованный разностный водный индекс;

SAVI – индекс разреженной растительности.

Оглавление

Введение	11
1 Анализ предметной области	13
1.1 Актуальность проблемы	13
1.2 Показатели состояния растительного покрова и почвы.....	15
1.3 Данные спутникового мониторинга Земли.....	16
1.4 Выводы по разделу.....	21
2 Используемое программное обеспечение, объекты и методы исследования.....	22
2.1 Выбор и описание используемого программного обеспечения	22
2.2 Объекты исследования.....	23
2.3 Методы исследования	25
3 Результаты работы	29
3.1 Сравнительный анализ площадей территорий снежных отвалов	29
3.2 Анализ данных, полученных со спутника Landsat-8	30
3.2.1 Используемые данные.....	30
3.2.2 Расчет вегетационных индексов и температуры.....	31
3.2.3 Построение профилей вегетационных индексов и температуры	32
3.2.4 Сравнительный анализ динамики средних температур и средних значений вегетационного и водного индексов на территориях снежных отвалов и фоновых участках	34
3.3 Анализ данных полученных со спутника Sentinel-2	37
3.4 Анализ рельефа и стока воды	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	44
5 Социальная ответственность	59
Заключение	73
Список использованных источников	74
Приложение А	77

Введение

Значительную часть территории России объединяют природно-климатические условия с выпадением большого количества осадков в зимний период. Это вызывает необходимость уборки снега, его складирования и утилизации. Для складирования большого количества снега выделяется определенная территория, на которой обустраивается снежный отвал (СО).

Проблема снежных отвалов актуальна для большей части регионов России, особенно для Западной Сибири. При этом загрязненный снег, собранный с большей части города, скапливается на ограниченной территории и отрицательно влияет на почву, растения, поверхностные воды, происходит деградация земель [1]. Таяние снежного отвала в летний период, также отрицательно влияет на близлежащие населенные пункты. Происходит затопливание земельных участков, появляется сырость в домах, гниют строения, распространяется неприятный запах.

Объекты исследования: территории трех снежных отвалов и их фоновые участки, расположенные в г. Томск по следующим адресам: пересечение ул. Ивановского и ул. Высоцкого (СО1), ул. Поселок Хромовка д. 35/2 (СО2), ул. Мостовая д. 40а (СО3). Фоновый участок – участок земли, не подверженный негативному влиянию.

Предмет исследования: состояние растительного покрова территорий снежных отвалов, значения вегетационного индекса (NDVI), водного индекса (NDWI), температура поверхности.

Целью работы является оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли с использованием геоинформационных систем.

Научную новизну и практическую значимость работы составляют результаты оценки динамики состояния территорий снежных отвалов в 2018 г. и влияния снежных отвалов на жилые дома, расположенные вблизи снежных отвалов.

Полученные результаты могут применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов.

Результаты работы представлены на XXIII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (8-12 апреля 2019 г, г. Томск).

1 Анализ предметной области

1.1 Актуальность проблемы

Одной из основных проблем территории Западной Сибири является выпадение большого количества снежных осадков. Продолжительность залегания снега составляет около 6 месяцев.

На территории г. Томска в период с декабря по март высота снежного покрова может достигать 125 см. Снег с дорог и улиц вывозят и складировуют на специальных территориях, выделенных под снежные отвалы.

На территории снежных отвалов и вблизи каждого снежного отвала происходит деградация земель [2].

Деградация почвы – это процесс постепенного уменьшения плодородия почвы вследствие изменения климата, растительного покрова или воздействия человека. Различают несколько видов деградации земель:

- физическая (разрушение почв, изменение теплового и гидрологического режимов);
- биологическая (снижение биологической продуктивности наземных экосистем, в том числе почвы, растительности и др.) [3].

Ухудшение почвы происходит из-за большого скопления уплотнённого снега, что в свою очередь приводит к медленному прогреванию почвы в начале вегетационного периода, а мусор и химические вещества, попавшие в почву из снега, приводят к резкому росту её температуры в дальнейшем. Описанные выше признаки физической деградации почвы переходят в биологическую деградацию, т.е. нарушается растительный покров.

Проблема снежных отвалов может быть решена за счет использования стационарных снегоплавильных станций. Например, в Новосибирской области запуск двух станций позволил закрыть 6 снежных отвалов. Однако, снегоплавильные машины создают много шума, жители жалуются на круглосуточный шум от машин так как данные машины расположены недалеко от спальных районов города [4].

В г. Томске проблемы с эксплуатацией снежных отвалов стоит более остро, так как снегоплавильные станции не используются, при этом снежные отвалы негативно влияют на окружающую среду. Например, снежный отвал, расположенный по ул. Поселок Хромовка, негативно влияет на жилые дома, расположенные поблизости. Жители неоднократно жаловались на потоп, неприятные запахи, сырость, смыв грунта во время таяния снежного отвала [5]. Вся грязь, масла, мазут со снежного отвала при таянии снега попадают в почву, а затем в р. Ушайка, что негативно отражается на экологическом состоянии территории и водных объектов. Однако оценок такого влияния не проводилось, и администрация не принимает мер по устранению неблагоприятных последствий эксплуатации снежного отвала.

В результате проведенных ранее исследований состояния территорий снежных отвалов [6] с использованием космических снимков и наземных методов получены оценки изменения площадей снежных отвалов, выдвинуто предположение о зависимости состояния растительного покрова снежных отвалов от температуры поверхности, показано, что почвы на снежных отвалах загрязнены радиоактивными элементами тяжелыми металлами и органическими веществами. В работе [7] показано, что на территориях СО происходит радикальное изменение экосистемы, значительное сокращение площади растительного покрова и его исчезновение за исключением некоторых поросших участков, снижение видовой насыщенности растительной популяции. В [7] приведены результаты оценки динамики состояния растительного покрова территорий снежных отвалов в 2014-2016 гг. на основе средних значений вегетационного индекса NDVI в течение вегетационного периода каждого года и установлено, что средние значения NDVI территорий снежных отвалов в 2–5 раз ниже фоновых значений при близких темпах роста в начале вегетационного периода [7].

В настоящее время актуальным является продолжение мониторинга состояния территорий снежных отвалов с использованием новых актуальных данных, проведение более детальной оценки зависимости вегетационного

индекса от температуры и влажности территории, оценка негативного влияния на окружающую среду прилегающих территорий.

1.2 Показатели состояния растительного покрова и почвы

Деградация земель может быть оценена по состоянию растительного покрова. Для оценки состояния растительного покрова, почвы, температуры территории снежных отвалов и их окружающих территорий могут быть использованы космические снимки. По данным рассчитываются индексы NDWI, SAVI, NDVI, а также температура поверхности.

Состояние растительного покрова вычислялось на основе значений вегетационного индекса NDVI по формуле [8]:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED – отражение в красной области спектра.

NDVI может принимать значения от -1 до 1. Для зеленой растительности обычно принимает значения от 0,2 до 0,9. Если значение индекса варьируется от 0,025 до 0,2 это означает что данную территорию занимает открытая почва. Если значение варьируется от 0,2 до 0,4, это означает, что на данной территории находится разреженная растительность. Если значение больше 0,4 на территории преобладает густая растительность [8].

Нормализованный разностный водный индекс NDWI показывает количество воды на водных объектах, вычисляется по следующей формуле [9]:

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR}, \quad (2)$$

где Green – отражение в зеленой области спектра, NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра.

Приведенные выше индексы могут быть рассчитаны по любым КС, у которых есть данные необходимых каналов.

1.3 Данные спутникового мониторинга Земли

Космические снимки бывают разного пространственного и временного разрешения.

Существуют спутники с высоким пространственным разрешением: WorldView-4, QuickBird, GeoEye. КС с данных спутников не используются в данной работе, т.к. их нет в свободном доступе.

Рассмотрим данные со следующих спутников: IRS, SPOT, Аист-2Д, Канопус-В, Landsat-8, Terra, Sentinel-2.

Спутник IRS-P6 оснащен сканером LISS-4, пространственное разрешение съемки в мультиспектральном режиме составляет 5,8 м, периодичность съемки составляет 5 суток. Но у данного спутника есть свои минусы: платные КС, отсутствие необходимых снимков в архивах и минимальный заказ – полигон площадью 25 кв. км.

Спутник SPOT-7 имеет на борту сканер NAOMI, пространственное разрешение съемки у сканера в панхроматическом режиме составляет 1,5 м, в мультиспектральном режиме 6 м, периодичность съемки от 1 до 3 дней. Данный спутник тоже не подходит так как нет КС в архивах за вегетационный период 2018 г.

Спутник Аист-2Д является российским спутником, созданная корпорацией Роскосмос, имеющая на борту сканер Аврора, пространственное разрешение съемки данного сканера в панхроматическом режиме составляет 1,5 м, в мультиспектральном 5 м, периодичность съемки от 4 до 16 суток. Необходимые КС отсутствуют в архивах.

Спутник Канопус-В, также является Российским спутником, на котором установлен сканер МСУ-200 и выпущенным в космос в декабре 2018 г.: пространственное разрешение съемки у сканеров в панхроматическом режиме, составляет 2,1 м, в мультиспектральном 10,5 м. КС с данного спутника не используются, так как они платные.

Бесплатные снимки можно получить со спутников Landsat-8, Terra, Sentinel-2.

Космический спутник Terra имеет на борту дистанционные зонды ASTER и MODIS. В данной работе нецелесообразно использовать КС, сделанные радиометром MODIS так как эти данные, имеют низкое пространственное разрешение. Пространственное разрешение КС, сделанных радиометром ASTER составляет от 15 до 90 м, периодичность съемки 16 суток. Спектральные характеристики радиометра ASTER, установленного на спутнике Terra, представлены ниже в таблице 1 [10].

Таблица 1 – Спектральные характеристики сканера ASTER

Номер канала	Длина волны, мкм	Разрешение, м
1	0,520 – 0,600	15
2	0,630 – 0,690	15
3N	0,780 – 0,860	15
3B	0,780 – 0,860	15
4	1,600 – 1,700	30
5	2,145 – 2,185	30
6	2,185 – 2,225	30
7	2,235 – 2,285	30
8	2,295 – 2,365	30
9	2,360 – 2,430	30
10	8,125 – 8,475	90
11	8,475 – 8,825	90
12	8,925 – 9,275	90
13	10,250 – 10,950	90
14	10,950 – 11,650	90

Для расчета вегетационного индекса (NDVI) необходимо использовать 2 и 3 каналы. Для расчета водного индекса (NDWI) необходимо использовать 1 и 3 каналы соответственно. Также можно вычислить и температуру поверхности, для этого необходимо использовать 10 канал.

Данные со спутника Sentinel-2, получаемые радиометром MSI имеют пространственное разрешение от 10 до 60 м, периодичность съемки 10 суток. Характеристика данных со спутника Sentinel-2 представлена ниже в таблице 2 [10].

Таблица 2 – Характеристика данных со спутника Sentinel-2

Номер канала	Длина волны, мкм	Разрешение, м
1	0,490	10
2	0,560	10
3	0,665	10
4	0,842	10
5	0,705	20
6	0,740	20
7	0,783	20
8	0,865	20
9	1,610	20
10	2,190	20
11	0,443	60
12	0,945	60
13	1,375	60

Для расчета индекса NDVI необходимо использовать 4 и 8 каналы, для расчета NDWI 3 и 8 каналы соответственно. Вычислить температуру поверхности по КС со спутника Sentinel-2 невозможно, т.к. отсутствуют тепловые каналы.

Космический спутник Landsat-8 имеет на борту два сенсора: OLI и TIRS. Сенсор OLI осуществляет съемку в девяти диапазонах электромагнитного спектра, TIRS — в двух. Пространственное разрешение данных со спутника Landsat-8 в панхроматическом режиме составляет 15 м, в мультиспектральном 30–100 м, периодичность съемки 16 суток. Описание каналов спутника Landsat-8 приведено ниже в таблице 3 [10].

Таблица 3 – Характеристика данных со спутника Landsat-8.

Номер канала	Длины волн, мкм	Разрешение, м
1	0,43 – 0,45	30
2	0,45 – 0,51	30
3	0,52 – 0,6	30
4	0,63 – 0,68	30
5	0,85 – 0,88	30
6	1,56 – 1,66	30
7	2,1 – 2,3	30
8	0,53 – 0,68	15

Продолжение таблицы 3

Номер канала	Длина волны, мкм	Разрешение, м
9	1,36 – 1,39	30
10	10,6 – 11,19	100
11	11,5 – 12,51	100

Для расчета индекса NDVI необходимо использовать 4 и 5 каналы, для расчета индекса NDWI используются 3 и 5 каналы. Также по КС спутника Landsat-8 можно посчитать температуру поверхности, т.к. данный спутник имеет тепловые каналы.

В данном исследовании не использовались КС со спутника Terra, т.к. КС со спутника Terra за необходимый период отсутствуют, пространственное разрешение в мультиспектральном режиме у КС со спутника Sentinel-2 выше, для расчета температуры использовались КС со спутника Landsat-8, т.к. тепловые каналы у спутника Sentinel-2 отсутствуют. Также огромным плюсом является то, что необходимые КС со спутников Sentinel-2 и Landsat-8 являются бесплатными и находятся в свободном доступе в интернет.

Для исследования нам нужны КС, сделанные спутниками Landsat-8 и Sentinel-2, данные снимки можно в свободном доступе получить при помощи использования сервиса геологической службы США (USGS) EarthExplorer [11].

USGS – крупнейшее национальное агентство по водным, земным, биологическим наукам, которое собирает, отслеживает, анализирует проблемы природных ресурсов.

Также КС со спутника Sentinel-2 можно получить при помощи сервиса Европейской геологической службы Copernicus. Работа программы Copernicus нацелена на решение проблем, связанных с охраной окружающей среды, с устойчивым использованием природных ресурсов, повышение научного потенциала для решения экономических и социальных проблем [12]. На данном сервисе можно получить КС со спутника Sentinel-2 второго уровня обработки, т.е. изображения с проведенной атмосферной коррекцией. Но данный сервис предоставляет такие снимки только за 2019 г, исследование же проводится на

основе данных за 2018 г. Снимки первого уровня обработки можно получить и при помощи сервиса EarthExplorer. Поэтому, в данном исследовании Copernicus не использовался.

1.4 Выводы по разделу

В результате анализа предметной области для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ информации по данной теме;
- поиск и создание коллекции снимков за разные периоды времени;
- выбор ПО, позволяющего выполнить необходимые расчеты и преобразования;
- предварительная обработка данных, выполнение атмосферной коррекции;
- вычисление вегетационного и водного индексов, температуры поверхности по космическим снимкам с разными датами съемки, построение направления стока воды с территории снежных отвалов;
- анализ результатов.

2 Используемое программное обеспечение, объекты и методы исследования.

2.1 Выбор и описание используемого программного обеспечения

Для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных предназначены геоинформационные системы (ГИС). Для выполнения поставленных задач необходим инструментарий ГИС, позволяющий проводить пространственный анализ данных: расчет средних значений индексов и температуры поверхности на территории снежных отвалов и их фоновых участков, строить профили значений вегетационного и водного индексов и температуры поверхности, определять направление стока воды и т.д.

Рассматривалось использование следующих ГИС: ArcGIS, MapInfo, QGIS, как наиболее популярные и удобные в работе ПО с пространственными данными. Данные ПО имеют весь необходимый инструментарий и функционал требуемый для данного исследования.

ArcGIS – масштабируемая система для создания, управления, интеграции и анализа географических данных. Данная ГИС является лучшей для обработки пространственных данных и создания собственных векторных объектов. При помощи ArcGIS можно решить следующие задачи: пространственный анализ, картографирование, преобразование 2D карты в 3D, обмен данными. Однако, функционал данного ПО ограничен в бесплатной версии, а платная стоит более полумиллиона рублей. Поэтому, использование данной ГИС нецелесообразно [13].

MapInfo – применяется во многих сферах деятельности: образование, управление, бизнес, наука, землепользование и т.д. MapInfo позволяет решить задачи: пространственный анализ, создание и редактирование карт высокого качества, работа с 3D данными, интеграция карт. Данная ГИС также является платной, стоимость данного ПО более 100 тысяч рублей [14].

В результате отсутствия возможности полноценной работы с ArcGIS и MapInfo, т.к. они являются платными, была выбрана ГИС QGIS.

Данное ПО обладает мощным аппаратом для работы с пространственными данными, можно расширить функционал работы путем добавления необходимых плагинов, обладает простым и удобным интерфейсом. Данная ГИС обладает набором необходимых инструментов для работы с исходными данными и получения результатов. Данная система свободно распространяется и является открытой.

Анализ результатов выполнялось при помощи ПО Microsoft Excel. Электронная таблица – это одно из самых удобных приложений для обработки данных и представления их в табличном виде. Программа Excel позволяет анализировать данные с помощью диаграмм, производить вычисления по формулам. Пояснительная записка оформлена с использованием

2.2 Объекты исследования

Объектами исследования являются территории трех снежных отвалов (СО) и их фоновые участки, расположенные в г. Томск по следующим адресам: пересечение ул. Ивановского и ул. Высоцкого (СО1), ул. Поселок Хромовка д. 35/2 (СО2), ул. Мостовая д. 40а (СО3). Схема расположения снежных отвалов и их фоновых участков на территории г. Томск приведена на рисунке 1.

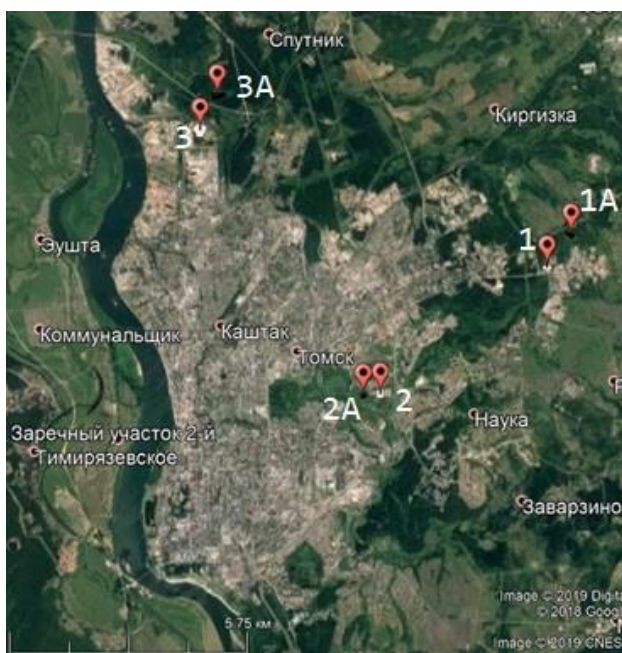
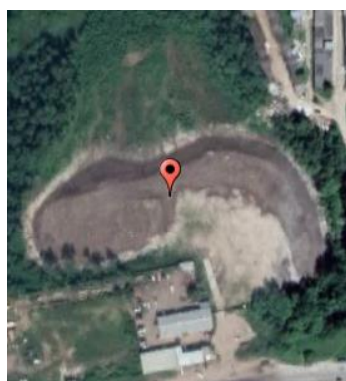


Рисунок 1 – Расположение снежных отвалов и их фоновых участков: 1, 1А – СО1 и его фоновый участок соответственно, 2, 2А – СО2 и его фоновый участок соответственно, 3, 3А – СО3 и его фоновый участок соответственно.

Детальные изображения снежных отвалов и границы их фоновых участков на КС высокого пространственного разрешения, приведены на рисунках 2–4.



(a)

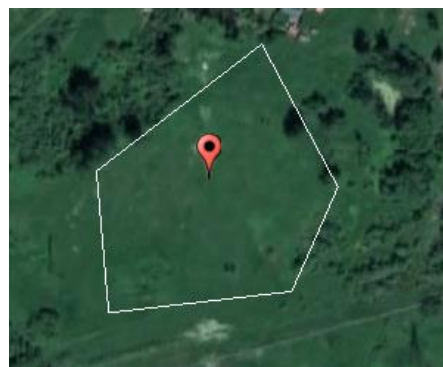


(б)

Рисунок 2 – Изображение территории снежного отвала на пересечении ул. Ивановского и ул. Высоцкого (a) и фонового участка (б) в 2018 г.



(a)



(б)

Рисунок 3 – Изображение территории снежного отвала на ул. Поселок Хромовка (a) и территории фонового участка (б) в 2018 г.



(a)



(б)

Рисунок 4 – Изображение территории снежного отвала на ул. Мостовая (a) и территории фонового участка (б) в 2018 г.

2.3 Методы исследования

В данном исследовании использовались снимки со спутника Landsat-8 с покрытием облачностью меньше 10 %. Коллекция первого уровня обработки предоставляет КС с тепловыми каналами, по которым можно посчитать температуру поверхности. Коллекция второго уровня обработки предоставляет КС, прошедшие атмосферную коррекцию.

По КС со спутника Landsat-8 была посчитана температура поверхности, высчитаны значения индексов на территории снежных отвалов и их фоновых участках. Также были использованы КС со спутника Sentinel-2, так как в архивах есть данные, по которым была собрана коллекция снимков за весь вегетационный период 2018 г., по ним были высчитаны индексы на территории снежных отвалов и фоновых участках.

Дальнейшая обработка снимков проводилась с использованием геоинформационной системы QGIS, которая позволяет просматривать и накладывать друг на друга векторные и растровые данные в различных форматах и проекциях без каких-либо преобразований в общий формат, проводить пространственный анализ данных, а также создавать новые векторные и растровые слои и экспортировать их в разные форматы. QGIS имеет удобный интерфейс, позволяет создавать скрипты для обработки данных.

Снимки первого уровня обработки использовались для вычисления температуры поверхности, т.к. на данный спутник обладает тепловыми сканерами.

Формула для расчета температуры поверхности по космическим снимкам со спутника Landsat-8 [6]:

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L_{\lambda}+1})} - 273.15, \quad (3)$$

где T – температура в градусах Цельсия, L_{λ} – интенсивность спектральной радиации, $K1$ – константа `K1_CONSTANT_BAND_10`, $K2$ – константа `K2_CONSTANT_BAND_10`.

L_λ вычисляется по формуле:

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L, \quad (4)$$

где M_L – коэффициент RADIANCE_MULT_BAND_10, A_L – дополнительный коэффициент RADIANCE_ADD_BAND_10, Q_{cal} – сырые значения пикселя снимка.

Сервис EarthExplorer предоставляет данные КС со спутника Sentinel-2 коллекции первого уровня обработки не прошедшие атмосферную коррекцию. Для предварительной обработки и атмосферной коррекции этих КС использовался дополнительный плагин Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) в ПО QGIS [15], интерфейс данного плагина приведен ниже на рисунке 5.

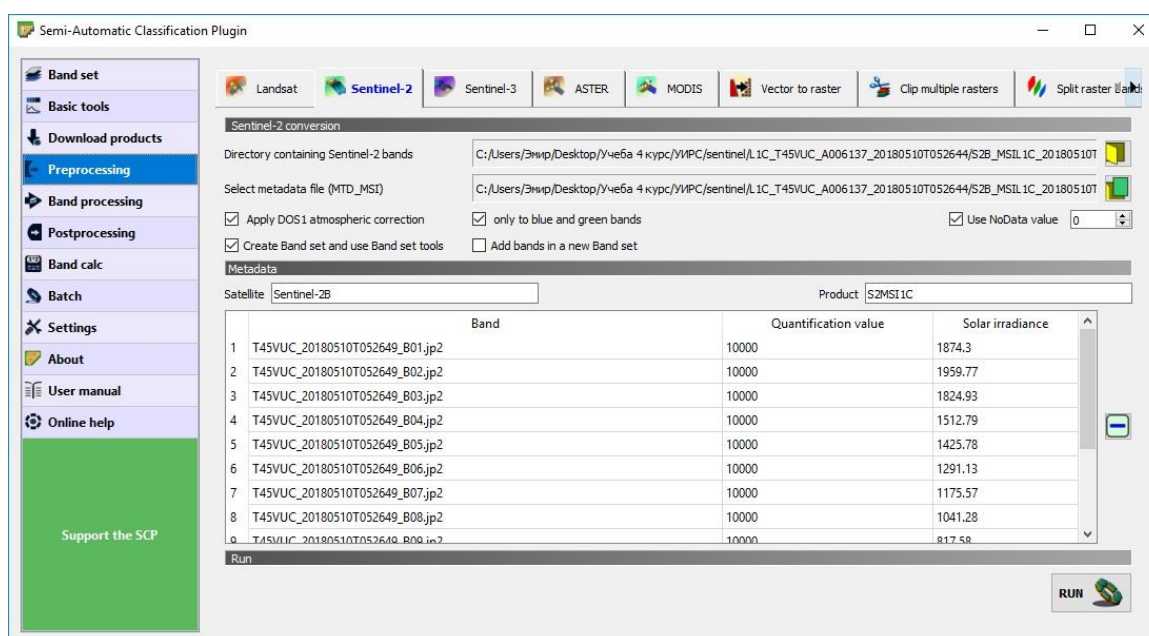


Рисунок 5 – Интерфейс плагина SCP

В данном плагине атмосферная коррекция производится по алгоритму Dark Object Subtraction 1 (DOS1). Суть метода состоит в нахождении яркости однопроцентного тёмного объекта геоснимка с последующей коррекцией минимума значений каждого пикселя изображения относительно спектральной яркости найденного объекта. Поиск 1%-темного объекта методом DOS1 подразумевает, что суммарная яркость (от 0 до n)

однопроцентного тёмного объекта будет соответствовать 0.01% от суммарной яркости всех пикселей геоснимка [15].

Также в данном исследовании было высчитано среднее значение индексов NDVI, NDWI и температуры на территории снежных отвалов и их фоновых участках. Для этого использовался инструментарий – зональная статистика, данный инструмент позволяет выполнить расчет некоторых величин для пикселей по полигональному векторному слою. Интерфейс данного инструментария приведен ниже на рисунке 6.

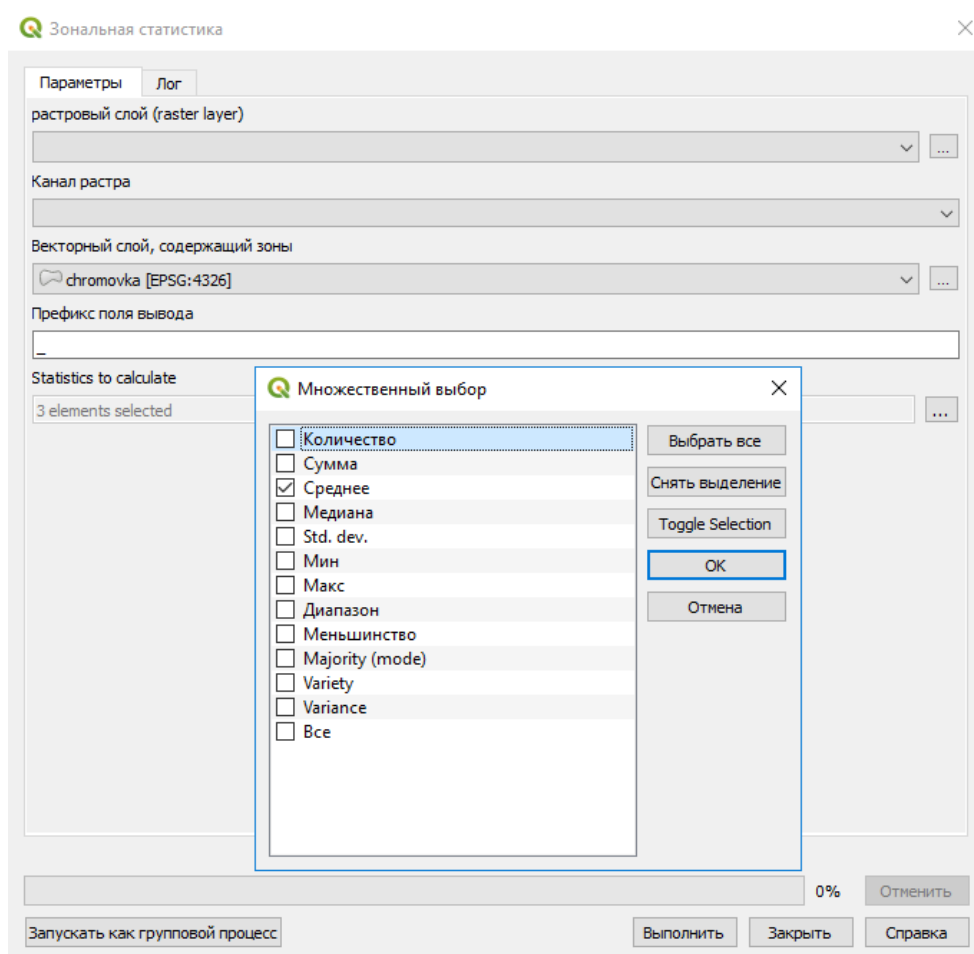


Рисунок 6 – Инструментарий зональная статистика

В QGIS использован инструментарий построения профилей температуры, вегетационного и видимого индексов, пример приведен на рисунке 7.

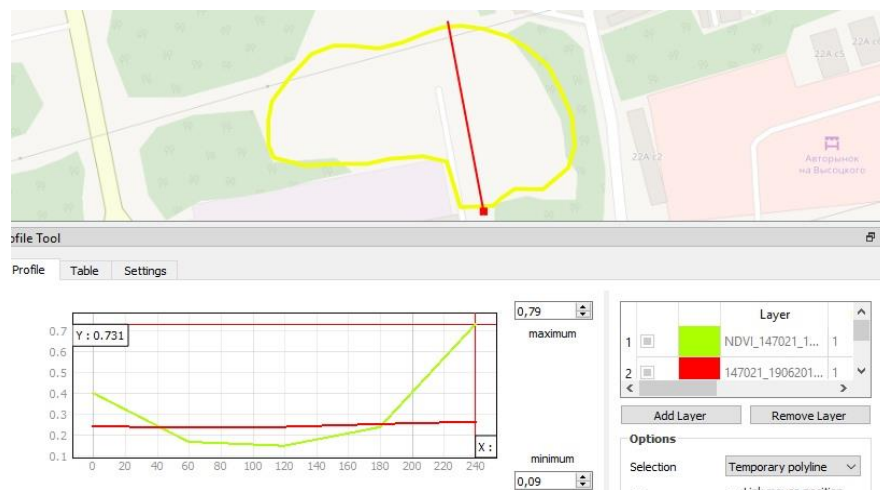


Рисунок 7 – Профиль построения значений температуры, вегетационного и водного индексов

Для изучения ландшафта, моделирования экологических ситуаций была использована цифровая модель рельефа (ЦМР). Цифровая модель рельефа – это математическое представление участка Земли, которое было получено путем обработки данных топографической съемки. Необходимая ЦМР была получена бесплатно при помощи сервиса Shuttle radar topographic mission (SRTM) [16].

3 Результаты работы

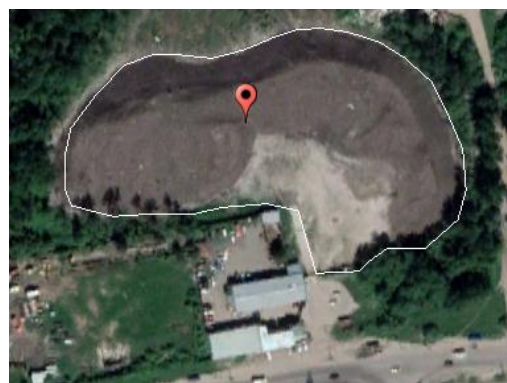
3.1 Сравнительный анализ площадей территорий снежных отвалов

В начале работы было оценено изменение площади снежных отвалов. Для визуальной оценки территорий снежных отвалов можно использовать сервис Google Earth [17], изображения были сделаны с одинаковой высоты. Google Earth отображается в виде цифрового глобуса, который отображает поверхность Земли, при большом увеличении изображения переходят в различные изображения той же области, но с более мелкими деталями, могут отличаться по дате и времени съемки. Используются снимки, высокого пространственного разрешения.

Были сравнены территории снежных отвалов за 2015 г. и 2018 г. Результаты работы приведены ниже на рисунках 8-10.



(a)



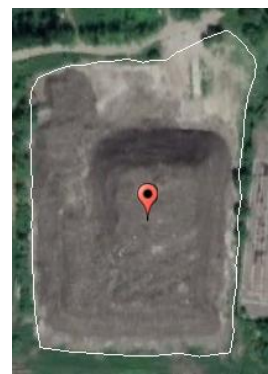
(б)

Рисунок 8 – Площадь СО1 за 2015 г. (а) и 2018 г. (б)

Установлено, что по сравнению с 2015 г. площадь территории СО1 уменьшилась. Летом 2015 г. (а) площадь составляла 21000 кв. м, летом 2018 г. (б) площадь составила 17000 кв. м.



(a)



(б)

Рисунок 9 – Площадь СО2 за 2015 г. (а) и 2018 г. (б)

По сравнению с 2015 г. площадь территории CO2 заметно увеличилась. Летом 2015 г. (а) площадь снежного отвала составляла 18000 кв. м, летом 2018 г. (б) площадь уже составила 22000 кв. м.



(а)



(б)

Рисунок 10 – Площадь CO3 за 2015 г. (а) и 2018 г. (б)

Площадь территории CO3 увеличилась. Летом 2015 г. площадь снежного отвала составляла 42300 кв. м, летом 2018 г. (б) площадь составила 81000 кв. м. Также снежный отвал, как видно по изображению 7 переместился, на месте старого снежного отвала появляется небольшая растительность в летний период.

3.2 Анализ данных, полученных со спутника Landsat-8

3.2.1 Используемые данные

Для анализа были использованы КС со спутника Landsat-8 уровня обработки Level-2 за период: 01.05.2018 по 01.10.2018. Для того чтобы определить какая сцена покрывает интересующую территорию необходимо использовать покрытие колонка/ряд (path/row) Landsat. Данное покрытие используется во всемирной справочной системе Worldwide Reference System 2 (WRS2). WRS2 является глобальной системой обозначений для данных Landsat. Исследуемые территории снежных отвалов покрываются КС с path/row: 147/21, 148/20, 148/21. Дальнейшее исследование показало, что за период с начала мая по начало октября за 2018 г. камера сделала 10 снимков. Даты съемки за 2018 г. представлены ниже в таблице 4.

Таблица 4 – Даты съемки за 2018 год

Path/row	Дата съемки	Path/row	Дата съемки	Path/row	Дата съемки
147/21	02.05.2018	148/20	09.05.2018	148/21	09.05.2018
	18.05.2018		25.05.2018		25.05.2018
	03.06.2018		10.06.2018		10.06.2018
	19.06.2018		26.06.2018		26.06.2018
	05.07.2018		12.07.2018		12.07.2018
	21.07.2018		28.07.2018		28.07.2018
	06.08.2018		13.08.2018		13.08.2018
	22.08.2018		29.08.2018		29.08.2018
	07.08.2018		14.09.2018		14.09.2018
	23.09.2018		30.09.2018		30.09.2018

Была произведена дальнейшая фильтрация изображений. Были просмотрены все изображения и отобраны только те, на которых территорию снежных отвалов и их фоновые участки не закрывали облака. В итоге, получили снимки с датами съемки: 09.05.2018 г., 19.06.2018 г. и 12.07.2018 г.

По КС со спутника Landsat-8 была проделана следующая работа:

- расчет индексов NDVI и NDWI, температуры поверхности;
- анализ и сравнение полученных результатов.

3.2.2 Расчет вегетационных индексов и температуры

По снимкам со спутника Landsat-8 был посчитан нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI, который позволяет оценить количество активной биомассы, нормализованный разностный водный индекс NDWI, который позволяет оценить количество воды на территории снежных отвалов и их фоновых участках, и температура на территории снежных отвалов и на фоновых участках.

Для пространственной и статистической обработки данных использовалась геоинформационная система QGIS, для дальнейшей обработки полученных данных использовалось программное обеспечение Microsoft Excel

Для расчета вегетационных индексов и температуры поверхности были написаны скрипты с использованием утилиты Raster Calculator в ГИС QGIS. В

расчетах использовались формулы 1, 2 и 4. Для расчета индекса NDVI по КС со спутника Landsat-8 были использованы 5 и 4 каналы, для расчета индекса NDWI 3 и 5 каналы, для расчета температуры был использован 10 канал и файлы из метаданных соответственно. Для примера ниже на рисунке 11 приведен скрипт для расчета значений NDVI.

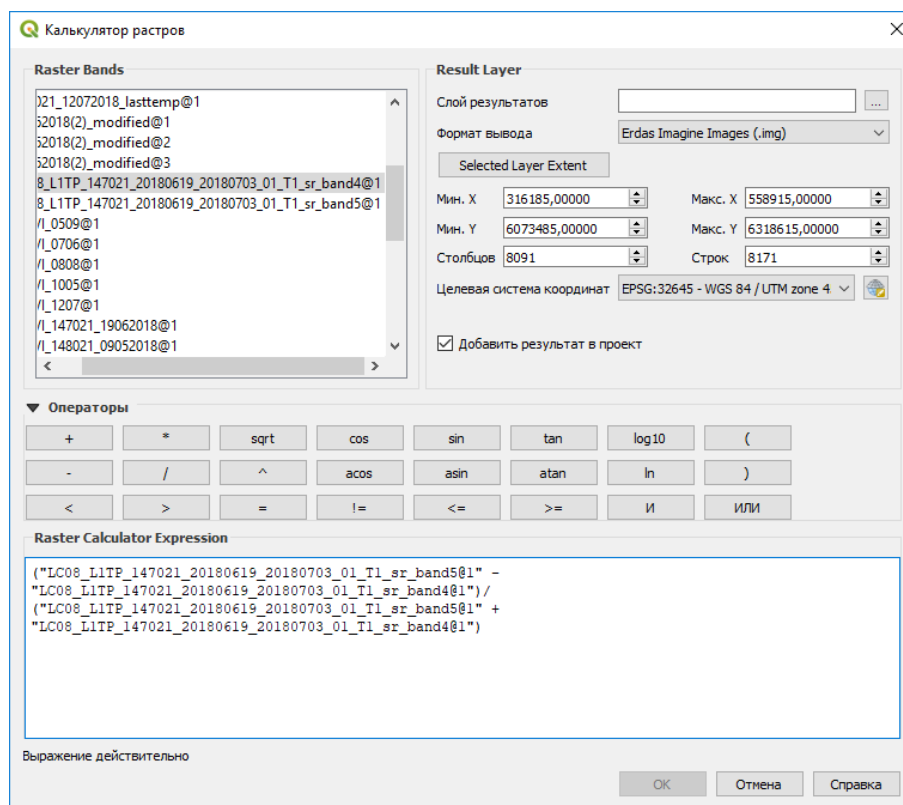


Рисунок 11 – Скрипт для расчета NDVI в QGIS по данным Landsat-8

3.2.3 Построение профилей вегетационных индексов и температуры

Было проанализировано изменение значений индексов NDVI и NDWI и температуры вдоль профилей, проведенных через центры снежных отвалов и фоновых участков с севера на юг и с запада на восток по снимкам разными датами съемки. Значение индексов и температуры вдоль профилей, построенных по снимкам с датой съемки 19.06.2018 г. для CO1 и его фонового участка приведены ниже на рисунках 12 и 13. Значение индексов и температуры вдоль профилей по снимкам за различные даты для снежных отвалов и их фоновых участков приведены в приложении А.

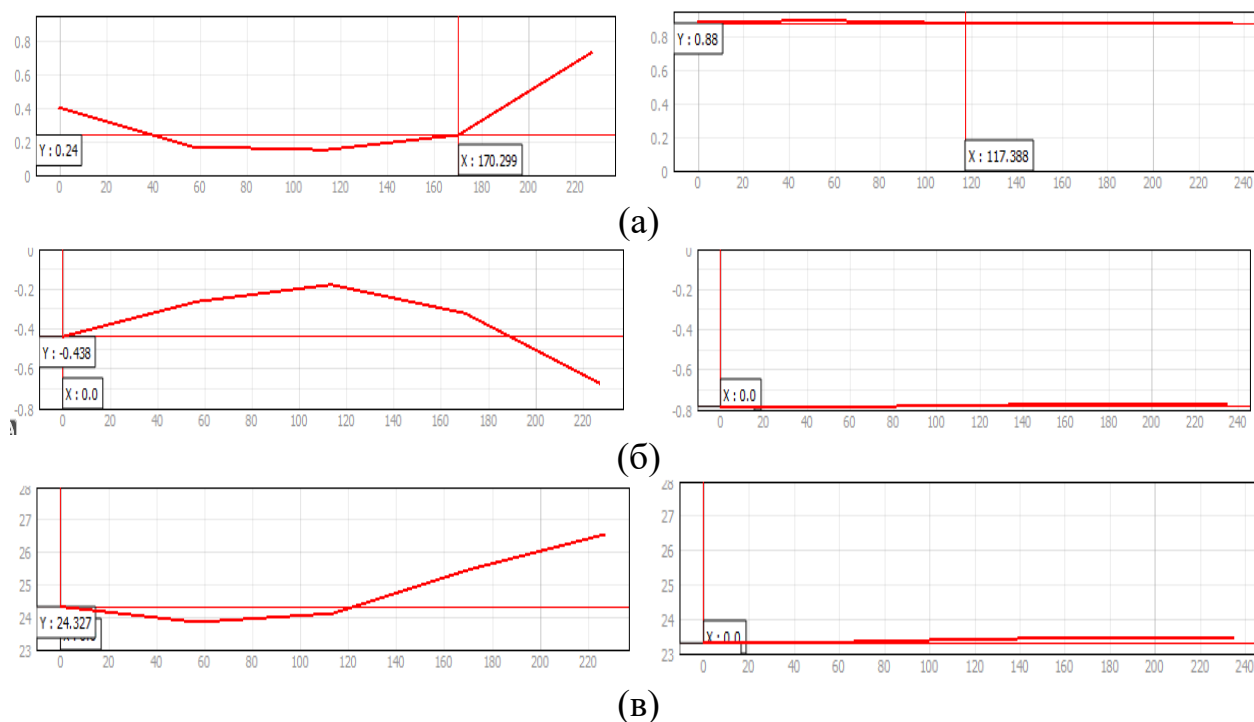


Рисунок 12 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с севера на юг по снимку за 19.06.2018 г.

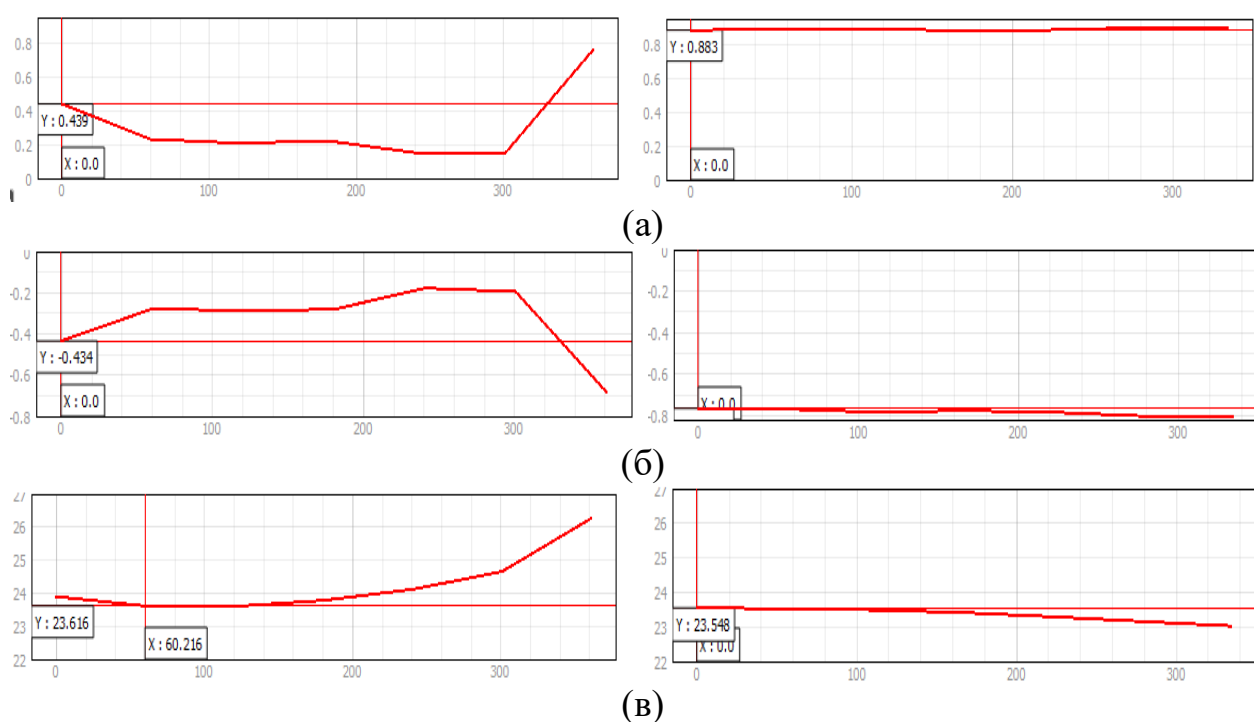


Рисунок 13 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с запада на восток по снимку за 19.06.2018 г.

По данным профилям видно, что значение растительного индекса на территории снежного отвала понижается от периферии к центру. На границах снежного отвала данный показатель превышает отметку 0,4. Это означает, что на границе снежного отвала появляется разреженная растительность, небольшие кустарники. На территории фонового участка данный показатель превышает значение 0,8, что означает густую растительность на данном участке. Водный индекс также увеличивается от периферии к центру. В центральной части снежного отвала значение достигает -0,2, это означает скопление снега и воды. Ближе к границе снежного отвала происходит уменьшение данного показателя. Значение водного индекса на фоновом участке достигает отметки -0,8, это означает полное отсутствие воды и снега на фоновом участке. Температура на данном снежном отвале повышается от 23 до 27 °С. Температура на фоновом участке не поднимается выше 24 °С и на несколько °С ниже чем на снежном отвале, это обуславливается тем, что химические отходы, лежавшие в снегу во время таяния, немного повышают температуру поверхности.

3.2.4 Сравнительный анализ динамики средних температур и средних значений вегетационного и водного индексов на территориях снежных отвалов и фоновых участках

Для сравнения средних значений вегетационных индексов и температуры были построены графики для снежных отвалов и их фоновых участков. Значения температуры на данных графиках умножены на масштабирующий множитель 0,01. Графики средних значений вегетационного, водного индексов и температуры поверхности представлены на рисунках 14 и 15.

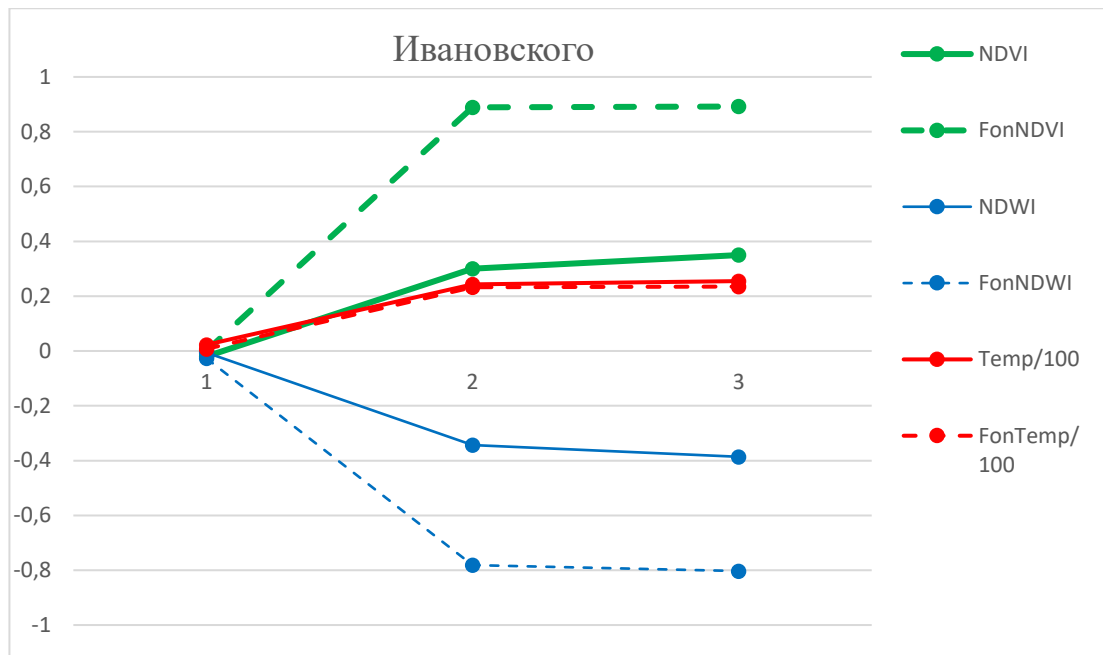


Рисунок 14 – Средние значения показателей для CO1

По рисунку 14 видно, что среднее значение NDVI на территории CO1 увеличивается в период с конца мая по середину июля. Однако значение NDVI в июле не превышает 0,4. Это означает что на территории снежного отвала появляется небольшая растительность: небольшие заросли травы и кустарников.

Значение NDWI на территории CO1 показывает, что на данной территории происходит большое скопление воды и снега. Значение температуры на CO1 также повышается от весеннего периода к летнему и колеблется в диапазоне от 2 до 25 °C.

Значение NDVI на фоновом участке тоже постепенно увеличивается. Значение NDVI в период с середины июня по середину июля более 0,8, это означает что на территории фонового участка густая растительность. На территории участка есть большое скопление деревьев, кустарников и травы. По значению индекса NDWI можно сказать, что на данной территории происходит небольшое скопление воды и снега, которое в течение вегетационного периода уменьшается. Температура на фоновом участке также увеличивается, но ее значения немного ниже, чем значения температуры на снежном отвале. Это обуславливается тем, что голая почва нагревается быстрее чем почва, покрытая растительностью.

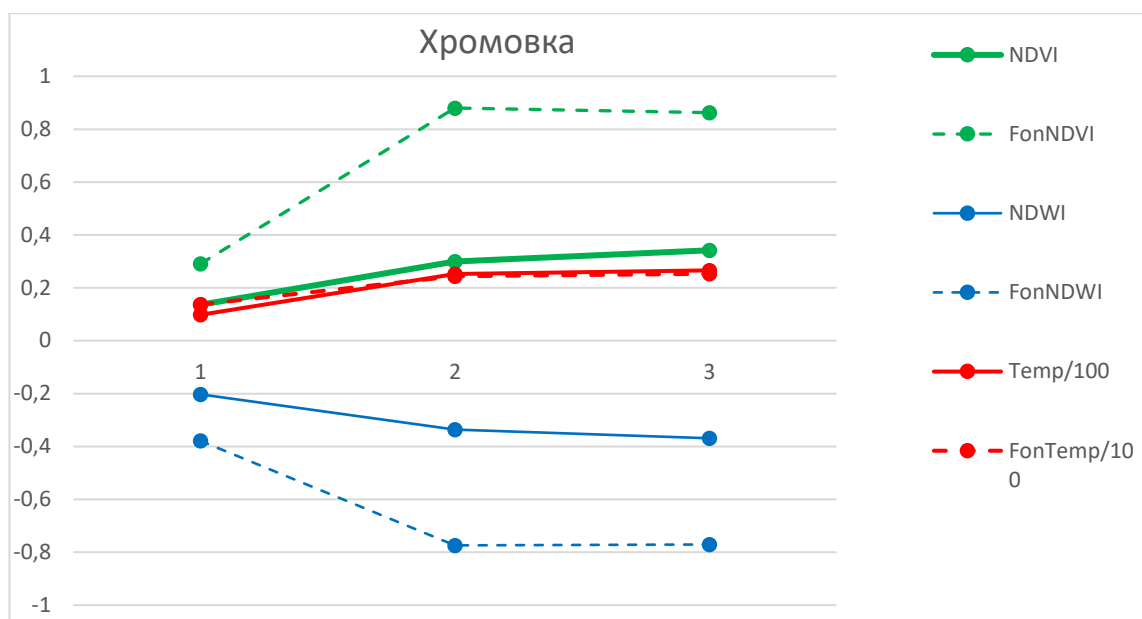


Рисунок 15 – Средние значения показателей для CO2

По рисунку 15 видно, что среднее значение NDVI на территории CO2 увеличивается в период вегетационного периода. Однако значение NDVI во время всего периода не превышает 0,4. Это означает что на территории снежного отвала появляется небольшая растительность: небольшие заросли травы. Показатели индекса NDWI показывают на большое скопление снега и воды, данный показатель улучшается с ростом температуры. Значение температуры на CO2 также повышается от весеннего периода к летнему и колеблется в диапазоне от 13 до 26 °C.

Значение NDVI на фоновом участке тоже постепенно увеличивается. Значение NDVI в период с середины июня по середину июля более 0,8, это означает что на территории фонового участка густая растительность. На территории участка есть большое скопление деревьев, кустарников и травы. По значению индекса NDWI можно сказать, что на территории фонового участка происходит небольшое скопление снега, которое в течение вегетационного периода тает. Температура на фоновом участке также увеличивается, в начале вегетационного периода видно, что температура на фоновом участке больше температуры на CO2. В период с июня по июль происходит рост температуры и значение температуры на CO2 становится выше значения температуры на

фоновом участке, это происходит за счет того, что мусор скопившийся в снегу повышает значение температуры поверхности на несколько градусов.

3.3 Анализ данных полученных со спутника Sentinel-2

Для того, чтобы проследить как изменились показатели в течение всего вегетационного периода 2018 г., были использованы КС со спутника Sentinel-2, т.к. безоблачных снимков больше. Анализ данных в архиве USGS показал, что имеются безоблачные снимки, покрывающие территорию СО, с датами съемки: 10.05.2018 г., 07.06.2018 г., 12.07.2018 г., 08.08.2018 г., 05.09.2018 г.

По КС со спутника Sentinel-2 была проделана работа:

- предварительная обработка данных;
- расчет индексов NDVI и NDWI;
- построение рельефа, профиля высот стока снежных отвалов.

Были посчитаны средние значения NDVI и NDWI на территории СО1 и его фонового участка, была составлена таблица 5.

Таблица 5 – Средние значение индексов на территории СО1

Ивановского	NDVI	NDWI	Фон Ивановского	NDVI	NDWI
10.05.2018	0.04	-0.262		0,222	-0,533
07.06.2018	0.171	-0.31		0,518	-0,571
12.07.2018	0.224	-0.39		0,807	-0,808
08.08.2018	0.263	-0.436		0,775	-0,799
05.09.2018	0.273	-0.415		0,608	-0,644

По значениям из таблицы 5 была построена диаграмма средних значений индексов на территории СО1 и его фонового участка

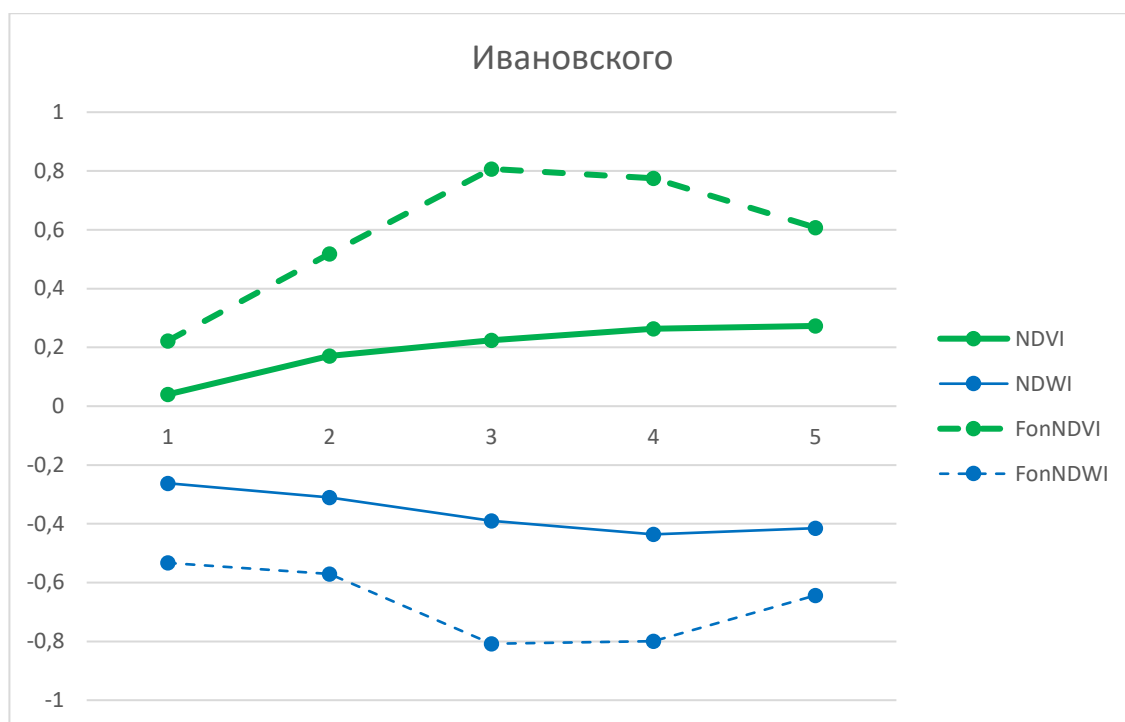


Рисунок 16 – Средние значения показателей для CO1

По данной диаграмме видно, что значение NDVI на территории CO1 во время вегетационного периода возрастает, но не достигает отметки в 0,4, это означает, что на территории CO1 появляется небольшая растительность.

Значение NDVI на территории фонового участка уже начиная с июня достигает хороших показателей и на пике вегетационного периода, а именно в июле достигает отметки 0,8, это означает что на фоновом участке появляется небольшая растительность, которая со временем переходит в более густую растительность.

Средние значения индексов были посчитаны для CO2 и его фонового участка, по полученным данным были составлена таблица 6.

Таблица 6 – Средние значения индексов на территории CO2

Хромовка	NDVI	NDWI	Фон Хромовка	NDVI	NDWI
10.05.2018	0,061	-0,382		0,203	-0,534
07.06.2018	0,145	-0,3		0,637	-0,647
12.07.2018	0,217	-0,373		0,773	-0,769
08.08.2018	0,242	-0,419		0,743	-0,761
05.09.2018	0,236	-0,381		0,621	-0,657

По данным из таблиц 6 была составлена диаграмма средних значений показателей на территории CO2 и его фонового участка

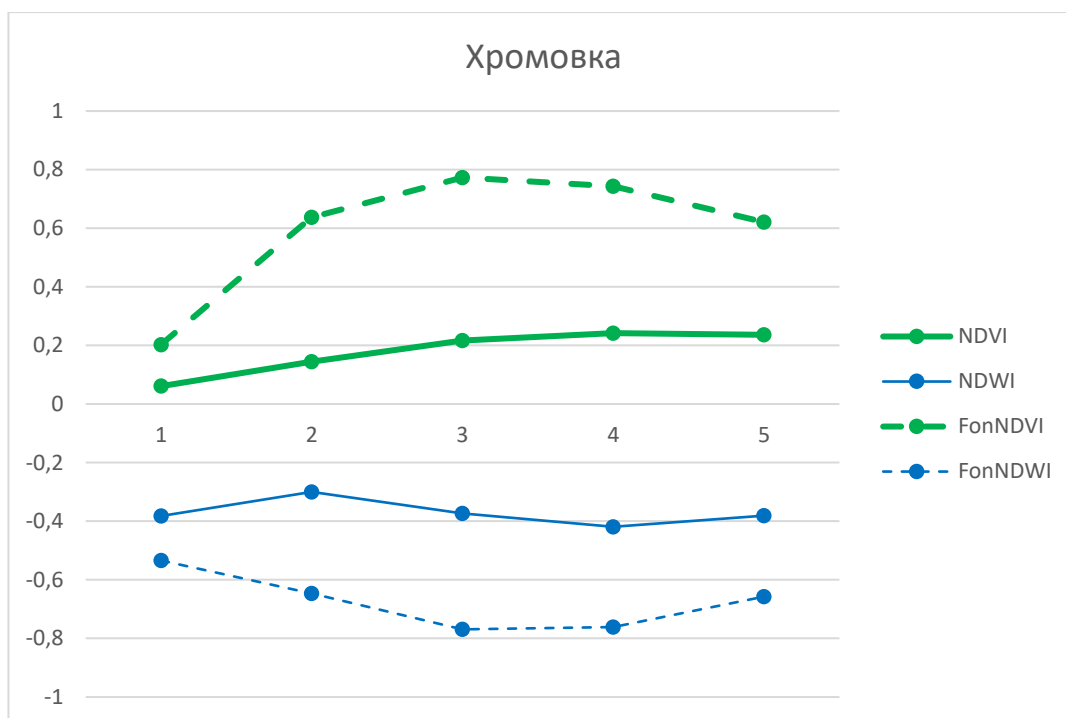


Рисунок 17 – Средние значения для CO2

Во время вегетационного периода NDVI на территории CO2 возрастает, но значение не достигает отметки 0,4, это означает, что на территории снежного отвала практически отсутствует какая-либо растительность. Значение индекса NDWI указывает на то, что в летний период происходит таяние снега, уменьшается количество воды.

На территории фонового участка индекс NDVI увеличивается, отметка достигает почти 0,8, это означает, что происходит увеличение растительности.

Средние значения индексов были рассчитаны для CO3 и его фонового участка, были составлена таблица 7.

Таблица 7 – Средние значения индексов на территории CO2

Мостовая	NDVI	NDWI	Фон Мостовая	NDVI	NDWI
10.05.2018	0,154	-0,303		0,364	-0,525
07.06.2018	0,118	-0,22		0,488	-0,472
12.07.2018	0,106	-0,224		0,79	-0,709
08.08.2018	0,184	-0,3		0,814	-0,746
05.09.2018	0,226	-0,302		0,487	-0,485

По данным из таблицы 7 была составлена диаграмма средних значений индексов на CO3 и его фоновом участке. Данная диаграмма представлена на рисунке 18.

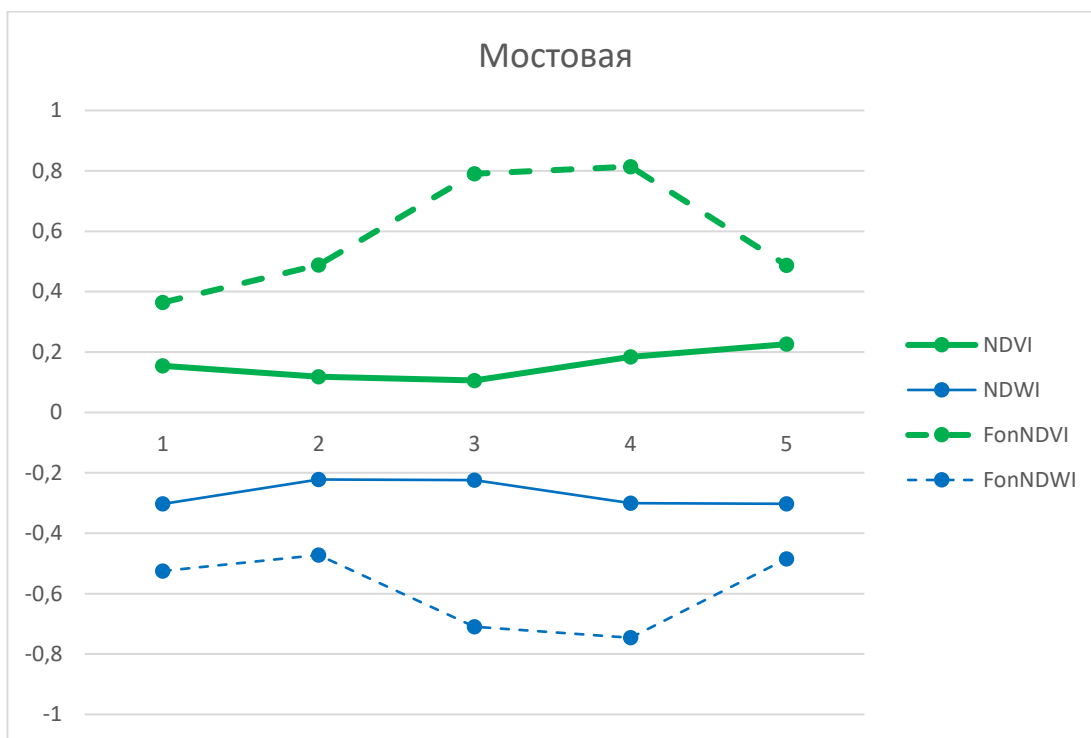


Рисунок 18 – Средние значения показателей CO3.

На территории CO3 происходит аналогичное явление как на территориях CO1 и CO2. Происходит постепенное увеличение NDVI, но значение также не достигает отметки 0,4, что означает низкую растительность. Индекс NDWI также понижается, происходит таяние снега и испарение воды.

На территории фонового участка в начале вегетационного периода индекс NDVI достигает отметки почти 0,4, можно сказать что там есть разряженная растительность, которая со временем переходит в густую растительность. Индекс NDWI достигает отметки почти -0,8, это означает полное отсутствие воды на территории фонового участка, т.е. в летний период снега нет.

3.4 Анализ рельефа и стока воды

Таяние снежных отвалов в летний период приводит к тому, что происходит размывание почвы, ухудшение растительного покрова, затапливание

близлежащей территории и жилых домов. Неоднократно жители жаловались на неприятных запах, на отсутствие питьевой воды, на затопливание домов и погребов.

На основе данных из сервиса Google Earth видно, что происходит нарушение растительного покрова за территорией СО1, данная территория была околнурена и контур совмещен с цифровой моделью рельефа (рисунок 19).

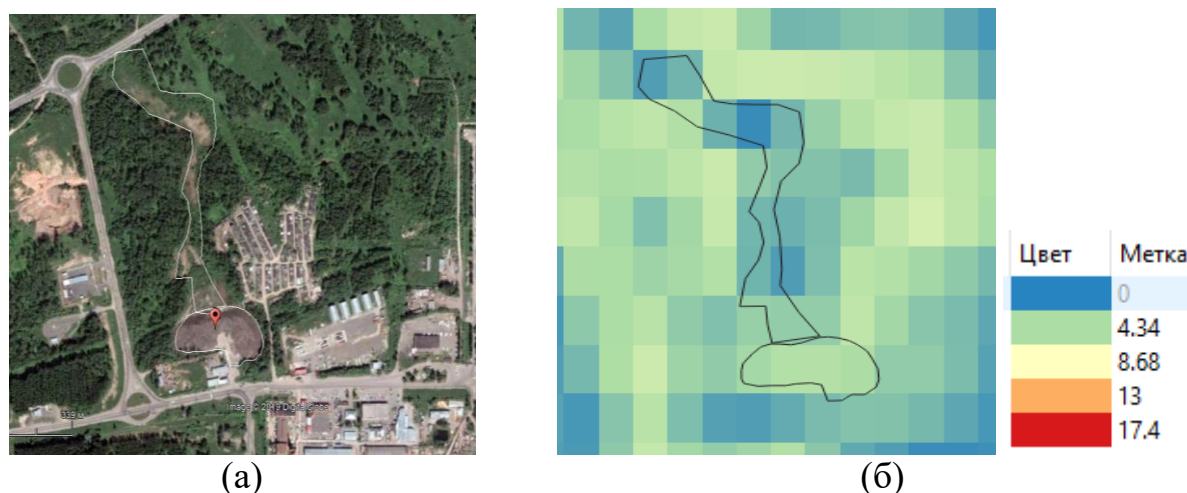


Рисунок 19 – Контур участка с нарушенным растительным покровом возле СО1 из сервиса Google Earth (а), контур, совмещенный с цифровой моделью рельефа (б)

Вдоль данного участка был построен профиль высот (рисунок 20).

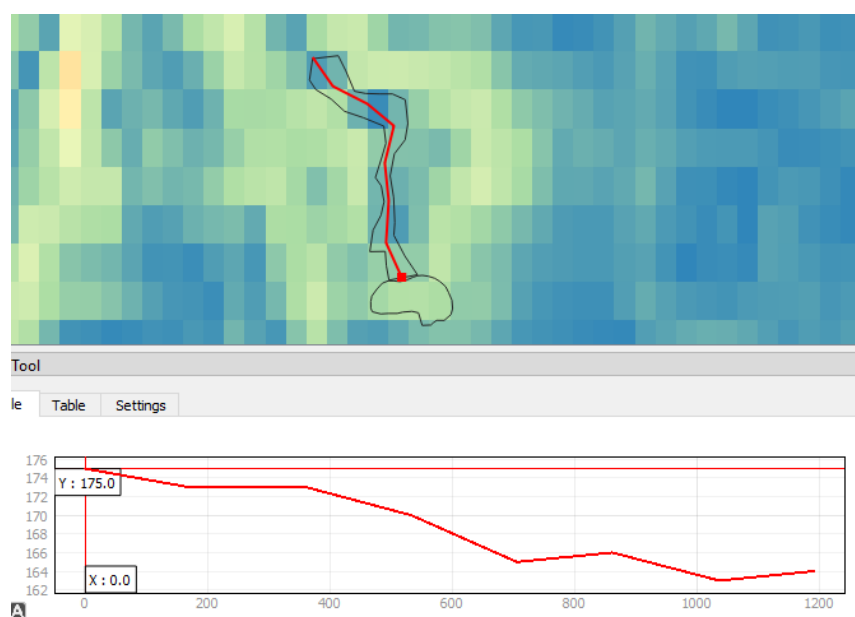


Рисунок 20 – Профиль высот вдоль участка с нарушенным растительным покровом

По данному профилю видно, что происходит понижение высоты. В данном овраге происходит скопление воды во время таяния снежного отвала, что приводит к размытию почвы.

Данная работа была проведена и со CO₂ (рисунок 21).

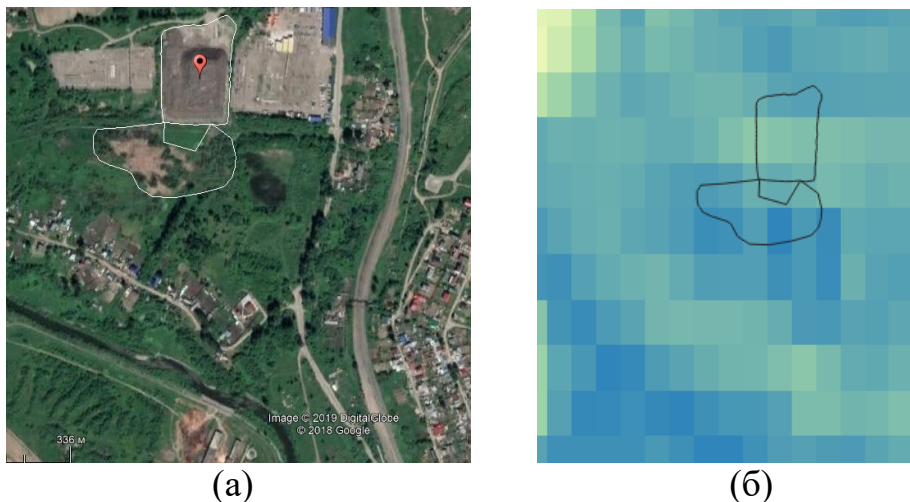


Рисунок 21 – Контур участка с нарушенным растительным покровом возле CO₂ из сервиса Google Earth (а), контур, совмещенный с цифровой моделью рельефа (б)

Вдоль данного контура было проведено несколько профилей высот, данные профили представлены ниже на рисунке 22.

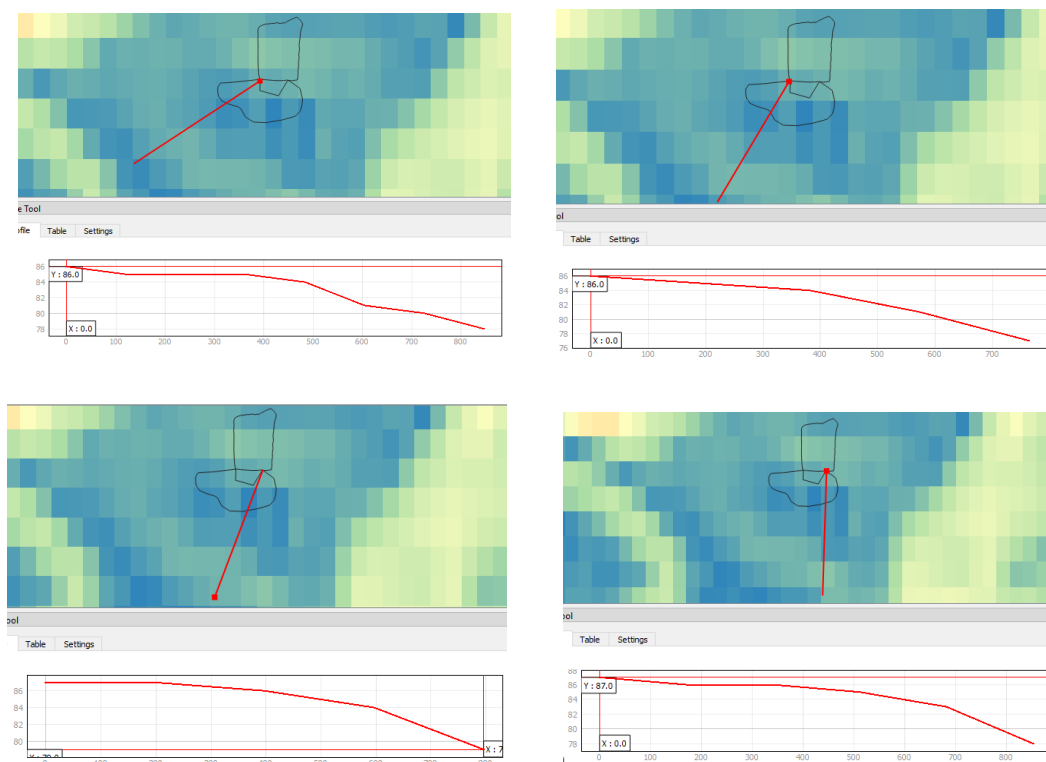


Рисунок 22 – Профили высот вдоль участка с нарушенным покровом растительности

Данные профили были построены от границы участка через жилые дома до р.Ушайка. По профилям видно, что вдоль данного участка происходит снижение высоты рельефа. Во время таяния снега мусор и образовавшаяся вода на территории снежного отвала начинает стекать вниз по участку, что приводит к подтоплению домов, смыву почвы далее эта грязь и мусор попадает в р. Ушайка, это оказывает негативное влияние на окружающую среду и экологию.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью исследования является оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли. Для оценки состояния растительного покрова и почвы на территории снежных отвалов и прилегающих территорий могут быть использованы космические снимки. По данным дистанционного зондирования Земли рассчитываются различные спектральные индексы, на основе которых может быть оценено состояние растительного и почвенного покрова.

Результаты проведенного исследования могут применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для выполнения поставленных задач рассматривалось использование следующих ГИС: ArcGis, MapInfo, QGIS. Для выполнения бакалаврской работы было выбрано ПО QGIS.

В качестве факторов конкурентоспособности были выбраны: «Простота интерфейса», «Удобство использования», «Расширяемость», «Доступность», «Быстродействие», которым были определены значения важности фактора. Все ПО, взятые для сравнения, были оценены по выбранным критериям, на основании чего были рассчитаны итоговые оценки конкурентоспособности.

В таблице 8 представлена оценочная карта конкурентных технических решений. На рисунке 23 приведен многоугольник конкурентоспособности для рассматриваемых информационных систем. Анализируя данные таблицы и

многоугольника конкурентоспособности, можно сделать вывод о перспективности разработки.

Таблица 8 – Оценочная карта конкурентных технических решений

№ п/п	Конкуренты	Факторы конкурентоспособности					Итоговая оценка
		Простота использования	Удобство использования	Расширяемость	Доступность	Быстродействие	
1	«ArcGis»	7 / 1,12	6 / 1,26	8 / 2,08	5 / 1,3	7 / 1,12	6,88
2	«MapInfo»	5 / 0,8	6 / 1,26	6 / 1,56	4 / 1,04	8 / 1,28	5,94
3	«QGIS»	9 / 1,44	8 / 1,68	7 / 1,82	8 / 2,08	7 / 1,12	8,14
Важность		3	4	5	5	3	19
Вес		0,16	0,21	0,26	0,26	0,16	

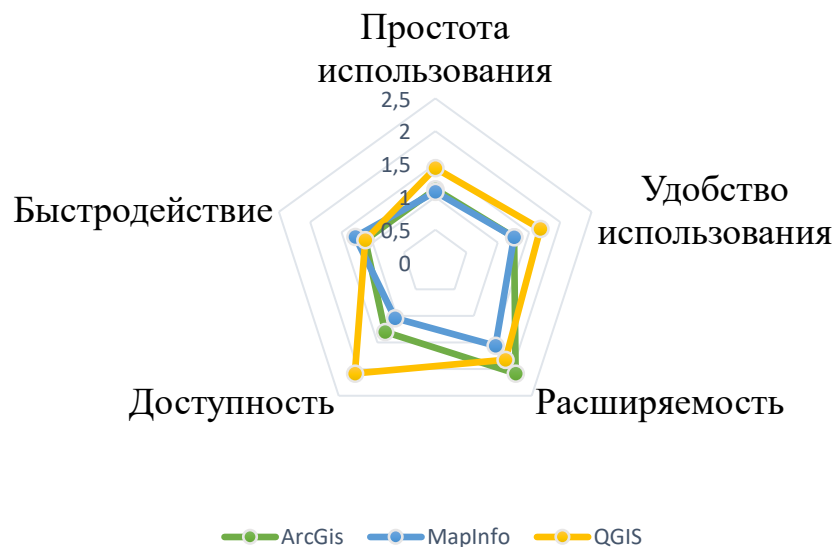


Рисунок 23 – Многоугольник конкурентоспособности

4.1.3 SWOT-анализ

На основе анализа рынка и конкурентных технических решений, была составлена матрица SWOT анализа. Матрица показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для исследования. Матрица SWOT анализа представлена в таблице 9.

Таблица 9 – SWOT анализ

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
		<ul style="list-style-type: none"> - Открытость ГИС - Свободный доступ к КС - Актуальность темы, малое количество людей, работающих в данной области - Свежие данные 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкое пространственное разрешение исходных данных - Большой объем данных - Отсутствие финансирования научных разработок
Внешние факторы	<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Пространственный анализ любой территории - Создание документации 	<ul style="list-style-type: none"> - Возможность повышения точности результатов за счёт использования снимков большого пространственного разрешения - Привлечь финансирование ТПУ за 	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличение времени обработки из-за малого опыта и наличия больших объемов данных - Невозможность качественно описать и проанализировать результаты работы

		счёт актуальности темы.	программы - Зависимость от поставщика исходных данных.
	Угрозы: - Прекращение поддержки руководителя исследования - Погрешность в вычислениях из-за низкого пространственного разрешения - Несовместимость с другими ГИС	- Возможность прекращения поставки исходных данных - Переход ГИС на платную поддержку - Несовместимость с другими ПО	- Малый опыт и большой объем необработанных данных могут привести к появлению погрешности результата

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации работ в рамках научно-исследовательской работы необходимо планировать занятость каждого участника проекта в работе. На данном этапе определяется полный перечень работ, распределение времени работ между всеми участниками. В качестве структуры, показывающей необходимые данные, используется линейный график работ, представленный в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Ибрагимов Э.А.
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Токарева О.С.
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.
5	Анализ предметной области	Ибрагимов Э.А.
6	Уточнение и корректировка методов решения	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.
7	Сбор и обработка исходных данных	Ибрагимов Э.А.,
8	Пространственный анализ	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.
9	Анализ результатов исследований	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.

10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Ибрагимов Э.А., Токарева О.С.
11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Ибрагимов Э.А.
12	Подведение итогов, оформление работы	Ибрагимов Э.А.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости выполнения работ необходимо на основе экспертной оценки ожидаемой трудоемкости выполнения каждой работы рассчитать длительность работ в рабочих и календарных днях для каждого из вариантов исполнения работ.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется согласно формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (5)$$

где t_{min} – минимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни,

t_{max} – максимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дни,

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни,

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году,

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году,

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно, $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 11. Для наглядного распределения работ участников проекта и отображения затраченного времени была использована диаграмма Ганта, представлена на рисунке 24.

Таблица 11 – Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Ибрагимов Э.А.	1	2	1,4	1	1
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Токарева О.С.	4	7	5,2	3	3
		Ибрагимов Э.А.	4	7	5,2	3	3
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Токарева О.С.	2	2	2	2	2
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Токарева О.С.	1	1	1	1	1
		Ибрагимов Э.А.	7	10	8,2	8	10
5	Анализ предметной области	Ибрагимов Э.А.	7	10	8,2	8	10
6	Уточнение и корректировка методов решения	Токарева О.С.	1	3	1,8	2	2
		Ибрагимов Э.А.	4	7	5,2	5	6
7	Сбор и обработка исходных данных	Ибрагимов Э.А.	3	5	3,8	4	5
8	Пространственный анализ	Ибрагимов Э.А.	30	45	36	36	44
9	Анализ результатов исследований	Токарева О.С.	2	5	3,2	2	2
		Ибрагимов Э.А.	10	14	11,6	12	15
10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Токарева О.С.	1	5	2,6	1	2
		Ибрагимов Э.А.	1	3	1,8	1	1
11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Ибрагимов Э.А.	5	9	6,6	7	8
12	Подведение итогов, оформление работы	Ибрагимов Э.А.	3	4	3,4	3	4
Итого		Токарева О.С.				11	12
		Ибрагимов Э.А.				88	107

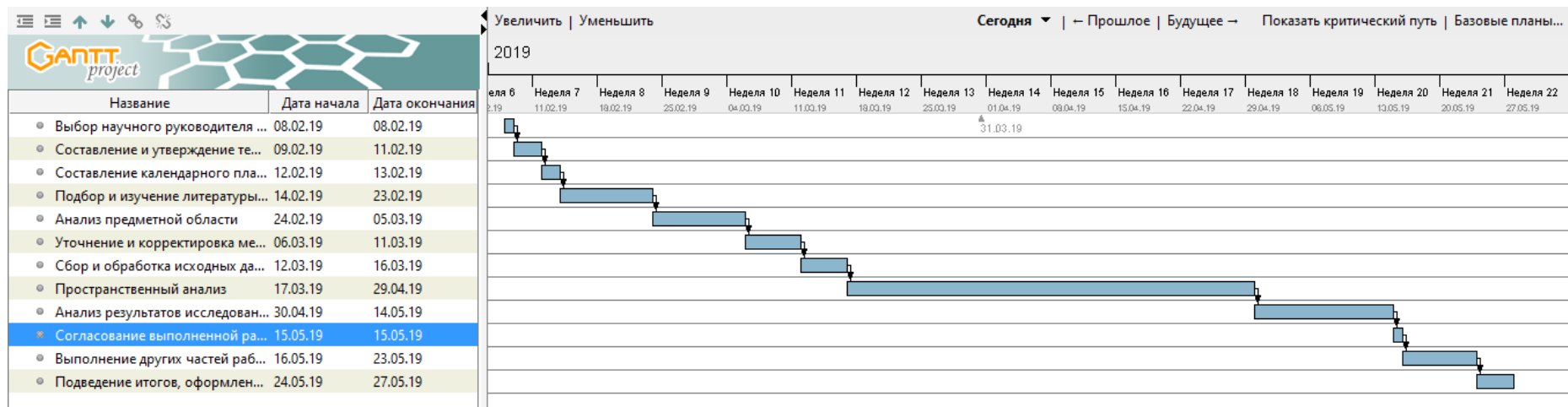


Рисунок 24 – Диаграмма Ганта

4.2.4 Бюджет научно-технической разработки

4.2.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Общая сумма материальных затрат включает в себя только затраты на канцелярские принадлежности. Затраты на канцелярские принадлежности составляют 300 руб., для них не учитываются транспортные расходы.

Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 300 руб.

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью затрат входят суммы, необходимые на обеспечение амортизации используемого оборудования.

Так как в качестве оборудования выступает ранее оборудованное рабочее место и для выполнения НТИ нет необходимости производить закупку нового оборудования, то в данном пункте производится расчет амортизационных отчислений.

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 45000 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33 \%, \quad (9)$$

годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 45000 \cdot 0,33 = 14850 \text{ руб.}, \quad (10)$$

ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{14850}{12} = 1238 \text{ руб.}, \quad (11)$$

итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1238 \cdot 4 = 4952 \text{ руб.} \quad (12)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 4952 руб.

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

Должностные оклады исполнителей проекта согласно приказу ТПУ представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Месячные должностные оклады исполнителей

Исполнитель	Районный коэффициент (для Томска)	Размер месячного должностного оклада без учета коэффициента, рубли
Научный руководитель (должность – доцент, степень – кандидат технических наук)	1,3	33664
Студент (ассистент, без степени)	1,3	21760

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

На основе таблиц 12 и 13 можно вычислить среднедневную заработную плату научного руководителя и студента:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1440,76 \text{ руб.}, \quad (13)$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{студ}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,29 \text{ руб.} \quad (14)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}, \quad (15)$$

где $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.,

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент,

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок,

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{д}}$	$K_{\text{р}}$	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.
Студент	931,29	0,3	0,2	1,3	88	159809,4
Научный руководитель	1440,76	0,3	0,2	1,3	11	30888
Итого						190697,4

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда и выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (16)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.
Студент	0,12	159809,4	19177,13
Научный руководитель	0,12	30888	3706,56
Итого			22883,7

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данную статью затрат включаются отчисления в органы государственного социального страхования, отчисления в пенсионные фонды и отчисления медицинского страхования.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (17)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и др.);

Размер коэффициента определяется законодательно и в настоящее время согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен в размере 30%.

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата,

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 16– Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{внеб}}$
Студент	0,30	19177,13	159809,4	53696
Научный руководитель	0,30	3706,56	30888	10378,37
Итого				64074,37

4.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуги; носят комплексный характер. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (18)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 17 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	300
Затраты на амортизацию	4952
Затраты на основную заработную плату	190697,4
Затраты на дополнительную заработную плату	22883,7
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	64074,37
Накладные расходы	45265,2

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат проекта разработки

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	300	0,09
Затраты на амортизацию	4952	1,51
Затраты на основную заработную плату	190697,4	58,11
Затраты на дополнительную заработную плату	22883,7	6,97
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	64074,37	19,52
Накладные расходы	45265,2	13,79
Общий бюджет	328172,67	100

4.3 Определение потенциального эффекта разработки

В ходе осуществления оценки конкурентоспособности разработки было установлено, что ПО, выбранное для исследования, обладает высоким уровнем конкурентоспособности. Отсюда следует, что вычисления и пространственный анализ, выполненный в данном ПО, имеет высокую степень достоверности, данное исследование может применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов. Также данным алгоритмом выполнения работы в будущем с новыми актуальными данными можно будет оценить динамику состояния снежных отвалов во время вегетационного периода. Общая длительность работы составляет 107 календарных дней (период с 08.02.2019 по 27.05.2019); общий бюджет был оценен в 328172,67 рублей.

5 Социальная ответственность

В данном разделе рассматриваются вопросы выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к охране окружающей среды и ресурсосбережению.

Целью раздела является выявление и анализ вредных и опасных факторов, которые могут повлиять на здоровье и общее самочувствие студента при выполнении выпускной квалификационной работы по теме «Оценка динамики состояния территорий снежных отвалов г. Томска с использованием данных спутникового мониторинга Земли».

В качестве рабочего места рассматривается рабочее место студента ТПУ, оснащенное различной техникой, такой как дисплей, клавиатура, системный блок, мышь и т.д.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [18]. Для работников до шестнадцати лет – не более 24 часов в неделю, для работников в возрасте от шестнадцати до восемнадцати лет – не более 35 часов в неделю. Для работников, являющихся инвалидами I или II группы, не более 35 часов в неделю. Продолжительность рабочего времени конкретного работника устанавливается трудовым договором на основании отраслевого (межотраслевого) соглашения и коллективного договора с учетом специальной оценки условий труда.

5.2 Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, организация и оборудование рабочего места с ПЭВМ должны проводиться по требованиям, указанным в таблице 19 [19].

Таблица 19 – Требования к организации и оборудованию рабочего места с ПЭВМ

Наименование показателя	Значение
Высота рабочей поверхности стола	Должна регулироваться. 680 - 800 мм; 725 мм при отсутствии регуляции;
Пространство для ног: <ul style="list-style-type: none"> • высота • ширина • глубина на уровне колен • глубина на уровне вытянутых ног 	не менее 600 мм; не менее 500 мм; не менее 450 мм; не менее 650 мм;
Ширина и глубина поверхности сиденья	не менее 400 мм;
Регулировка высоты поверхности сиденья	400 - 550 мм;
Угол наклона сиденья: <ul style="list-style-type: none"> • вперед • назад 	до 15 град; до 5 град;
Опорная поверхность спинки: <ul style="list-style-type: none"> • высота • ширина 	300 +- 20 мм; не менее 380 мм;
Угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах	+ - 30 градусов;
Регулировка расстояния спинки от переднего края сиденья	260 - 400 мм;
Стационарные или съемные подлокотники <ul style="list-style-type: none"> • длина • ширина 	не менее 250 мм; 50 - 70 мм;
Регулировка: <ul style="list-style-type: none"> • подлокотников на высоте над сиденьем • внутреннего расстояния между подлокотниками 	230 +- 30 мм; 350 – 500 мм;
Подставка для ног: <ul style="list-style-type: none"> • ширина • глубина • высота • угол наклона опорной 	не менее 300 мм; не менее 400 мм; до 150 мм; до 20°;

поверхности подставки Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.	
---	--

Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Кроме того, довольно подробное описание рабочего места содержит ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 «Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора».

Целью данного стандарта является установление требований к конфигурации рабочих станций, направленных на поддержание и улучшение функционирования терминала и обеспечение комфортности работы пользователей с минимальным риском для их безопасности и здоровья.

Пользователи видеодисплейных терминалов (VDT) в офисной работе обычно принимают определенные рабочие позы (сидят, наклонив корпус вперед, или держат корпус прямым, или откидываются назад). Рабочее место, которое адаптировано к таким предпочтениям пользователя, может способствовать его перемещениям, поддерживать комфортность работы и уменьшать физические, умственные и зрительные нагрузки.

5.3 Производственная безопасность

Производственная безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Выявленные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при работе с компьютером и техникой офисного помещения, представлены в таблице 20 согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [20].

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке и эксплуатации программного обеспечения в условиях офисного помещения

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003 – 2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с персональным компьютером	Отклонение показателей микроклимата		СанПиН 2.2.4.548 – 96
	Превышение уровня шума на рабочем месте		СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СП 52.13330.2011
	Повышенный уровень электромагнитных излучений		СанПиН 2.2.4.1191 – 03
		Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ Р 12.1.019- 2009 ССБТ

5.4 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

5.4.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений определяется совокупностью температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения, которые влияют на теплообмен человека, работоспособность, здоровье и производительность труда.

От организации микроклимата в производственном помещении зависит состояние здоровья сотрудника. СанПиН 2.2.4.548-96 62 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» нормирует параметры микроклимата рабочих мест производственных помещений [21].

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на самочувствие человека, является температура воздуха в помещении. Высокая или низкая температура может вызвать перенапряжение механизма терморегуляции, что приведет к перегреву или переохлаждению организма. Работа в условиях высокой температуры вызывает перегревание организма, в связи с чем, увеличивается нагрузка на организм, в особенности на органы дыхательной и сердечно-сосудистой системы. Усиливается потоотделение, что влечет за собой потерю полезных минеральных солей, происходит обезвоживание организма. При работе в условиях пониженной температуры организм уменьшает теплопотери, путем сужения сосудов, и увеличивается теплообразование. У человека могут развиваться заболевания кожных покровов, воспаления различных нервов, различные заболевания мышечной системы, а также снижается иммунитет, учащаются простудные заболевания.

При существенном отклонении температурного показателя снижается концентрация внимания, замедляется мозговая деятельность человека, может возникнуть головная боль, общая слабость, работоспособность человека резко ухудшается.

Влажность воздуха характеризуется содержанием в воздухе водяного пара. При повышенной влажности нарушается теплообмен, снижается устойчивость к инфекционным и простудным заболеваниям, снижается работоспособность, ухудшается самочувствие. При пониженной влажности страдают кожные покровы, слизистые оболочки, также нарушается теплообмен, увеличивается нагрузка на органы дыхательной системы, снижается работоспособность. Чтобы создать сотруднику благоприятные условия труда, санитарными нормами установлены оптимальные и допустимые метеорологические условия рабочей зоне помещения. Нормируемыми параметрами являются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха.

Нормальные условия учитывают категорию работ. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, работа программиста относится к категории 1а (Легкая) [20]. К ней относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим трудом. Исходя из этого, в таблице 21 приведены оптимальные значения характеристик микроклимата.

Таблица 21 – Допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	40 – 60	Не более 0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	40 – 60	Не более 0,1

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата, необходимо использовать защитные мероприятия. Помещение должно быть оборудовано системой центрального отопления. Для регуляции влажности воздуха в помещении можно использовать мелкодисперсный распылитель воды. Также возможно применение приточно-вытяжной вентиляции, которая необходима для управления воздушными потоками в помещении. Приточная часть подает в помещение очищенный свежий воздух по специализированным

воздуховодам, кроме того она может быть оснащена системой нагрева воздуха, увлажнителем или, напротив, осушителем. Вытяжная часть забирает из помещения загрязненный воздух. Кроме того, для регуляции комфортной температуры в помещении желательно применять системы кондиционирования.

Помещение, в котором выполнялось исследование, соответствовало оптимальным значениям.

5.4.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Шум воздействует на центральную, вегетативную нервную систему, а также на органы слуха. Человек, который длительное время работает в условиях, когда шум превышает допустимые нормы, становится раздражительным, испытывает головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, нарушение сна, понижение аппетита и т. д. Поэтому для того, чтобы поддерживать хорошее самочувствие сотрудников, необходимо поддерживать значение уровня шума в рамках допустимого.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 уровень шума на рабочем месте инженера-программиста не должен превышать 50дБА [22]. Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ. Так как в офисных помещениях, обычно, уровень шума небольшой, целесообразнее применять коллективные меры защиты от шума. Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительноакустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий помещений;

- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

5.4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение – одно из важнейших условий для создания благоприятных и безопасных условий труда. Недостаточное освещение рабочего места вызывает усталость глаз, снижает концентрацию внимания, провоцирует возникновение заболевания зрительных органов, снижает работоспособность, может вызывать апатию и сонливость. Поэтому очень важно обеспечить правильное освещение рабочего места сотрудника.

Согласно СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение», искусственное освещение в помещениях для эксплуатации персональных ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения [23].

Освещенность поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Так же следует ограничивать прямую блескость от источников освещения и отраженную блёскость на рабочих поверхностях, таких как экран, стол, клавиатура и др. Яркость светящихся поверхностей, таких как окна, светильники и др., которые находятся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Отраженная блескость ограничивается за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать

200 кд/м². Чтобы обеспечивать нормируемые значения освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

5.4.3 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды [24].

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам. Персональный компьютер, которыми оборудованы офисные помещения, можно отнести к бытовым электроустановкам, так как согласно определению, электроустановка бытовая – электроустановка, используемая в жилых, коммунальных и общественных зданиях всех типов, с которыми могут взаимодействовать как взрослые, так и дети.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ, предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в таблице 22 [25].

Таблица 22 – предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Продолжительность воздействия t, с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия t, с	Нормируемая величина	
	U, В	I, мА		U, В	I, мА
От 0,01 до 0,08	220	220		40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1	25	25
0,5	50	50	Св. 1	12	2

В качестве мер безопасности следует применить следующее:

- проводить инструктаж и обучение безопасным методам труда;
- проводить проверку техники, с которой работают сотрудники (наличие дефектов, неполадок, наличие токоведущих частей и повреждением изоляции и т.д.);
- защитное заземление;
- изоляция нетоковедущих частей, чтобы защитить от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную).

5.5 Экологическая безопасность

5.5.1 Негативно влияющие на экологию факторы при эксплуатации компьютера

Современные компьютеры непосредственно практически не оказывают никакого влияния на окружающую среду, так как электромагнитные излучения, производимые техникой, ничтожно малы, вибрации и шумы также практически неощутимы. С выполнением данной работы могут быть связаны негативно влияющие на природу факторы, сопутствующие эксплуатации ПК. Многие сырье, используемое в сборке компьютеров, является токсичным.

Следовательно, когда техника выходит из строя, возникает потребность в переработке отходов. Однако многие сегодня пренебрегают этим, поэтому отходы в виде неисправной техники не исчезают, превращаясь в свалки, производя негативное влияние на гидросферу и литосферу, или перерабатываются, что также приносит вред. Помимо техники, в рабочем процессе используются другие, сопутствующие рабочему процессу, материалы, которые так же при неправильной утилизации наносят вред окружающей среде. Это могут быть батарейки, люминесцентные лампы и т.д.

Также необходимо рационально использовать природные ресурсы. Большое потребление бумаги ведет к вырубке лесов. Чрезмерное потребление электроэнергии ведет к увеличению выброса парниковых газов, что влияет на изменение климатических условий. Поэтому необходимо предпринимать различные меры для того, чтобы как можно больше сократить негативное влияние на окружающую среду.

5.5.2 Меры по обеспечению экологической безопасности

В качестве таких мер можно рассматривать:

- использование экономного режима работы электротехники;
- использовать энергосберегающие лампы для освещения помещений;

- устанавливать режим освещения, соответствующий времени года;
- правильно утилизировать отходы (компьютерный лом, газоразрядные лампы, бумага и др.);
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;
- использовать малотоксичные материалы при производстве компьютерной техники.

Если придерживаться мер для снижения негативного влияния на окружающую среду, можно значительно снизить ущерб, наносимый природе в процессе эксплуатации и утилизации компьютеров и сопутствующей рабочей процессу технике, согласно федеральному закону «Об отходах производства и потребления» [26].

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.6.1 Перечень вероятных ЧС, которые могут возникнуть при работе в помещении офиса

Так как работа программиста не связана со взрывоопасными, радиоактивными или химическими веществами, а офисное помещение имеет категорию В, чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть – ЧС техногенного характера – пожар, произошедший в результате нарушения правил пожарной безопасности или в результате электрического замыкания.

5.6.2 Способы защиты от пожара и ликвидация последствий

Согласно Федеральному закону от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», для того чтобы избежать возникновения пожара, необходимо предпринимать следующие меры:

- проводить инструктажи по пожарной безопасности;

- проводить учебные тревоги, чтобы сотрудники смогли сориентироваться в случае возникновения пожара;
- обеспечить наличие плана-эвакуации для каждого из помещений;
- обеспечить наличие огнетушителей или других средств для тушения пожара;
- обеспечить помещения пожарной сигнализацией (например, адресная-опросная или адресно-аналоговая);
- соблюдать правила пожарной безопасности при установке различных электроприборов в помещении, а также при его планировке;
- проходить проверку пожарной инспекцией согласно существующему графику [27].

В случае возникновения пожара, необходимо следовать следующим инструкциям:

- сообщить в пожарную службу охраны;
- дать сигнал тревоги в ручном режиме для эвакуации людей, если автоматическая пожарная сигнализация еще не сработала;
- оценить обстановку, убедиться в наличии опасности и определить, откуда она исходит.

Если после оценки ситуации сделан вывод о том, что пожар не представляет большой опасности, находится на начальной стадии и его можно потушить самостоятельно, то можно воспользоваться огнетушителем. Однако это допустимо только в том случае, если пожарная охрана уже оповещена о случившемся возгорании.

Если потушить пожар самостоятельно не получается, то необходимо:

- немедленно покинуть помещение;
- идти в сторону, противоположную пожару;
- двигаться в сторону не задымленной лестничной клетки или к выходу.

5.7 Вывод по разделу

В данном разделе дипломной работы были изложены требования к режиму труда и отдыха и рабочему месту сотрудника.

Основными вредными факторами являются повышенное значение напряжения в электрической цепи, превышение уровня шума, влияние электромагнитных излучений, отклонение от показаний микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны. Соблюдение условий, позволяющих минимизировать опасные и вредные факторы, приведенные выше, позволит сохранить хорошую работоспособность в течение всего рабочего дня, повысит как в количественном, так и в качественном отношении производительность труда.

При анализе экологической безопасности было выявлено, что основной проблемой является переработка отходов. Для минимизации влияния необходимо следовать правилам утилизации отходов отработавшего оборудования.

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями являются пожары, которые могут быть вызваны какой-либо неисправностью ПК. При возникновении пожара необходимо руководствоваться рекомендациями по предотвращению ЧС.

Заключение

В данной работе была обоснована актуальность проблемы снежных отвалов. С помощью спутникового мониторинга и современных ГИС-технологий получена оценка динамики состояния снежных отвалов в г. Томске во время вегетационного периода. Также после анализа результатов было установлено:

- значения вегетационных индексов и температуры на снежных отвалах снижаются от периферии к центру
- растительный покров практически отсутствует на территории снежных отвалов до середины лета 2018 г.
- средняя температура поверхности снежных отвалов в летний период немного выше, чем температура на фоновых участках
- площадь CO1 в период с 2015 г. по 2018 г. уменьшилась, площадь CO2 в период с 2015 г. по 2018 г. увеличилась
- выявлено негативное влияние снежных отвалов на близлежащие территории.

Результаты проведенного исследования могут применяться в управленческих и природоохранных организациях при принятии решений по размещению и рекультивации территорий снежных отвалов.

Результаты данного исследования были представлены на международной конференции.

Список использованных источников

1. Пасько О.А., Токарева О.С., Ушакова Н.С., Макарецова Е.С., Гапонов Е.А. Применение спутниковых методов исследований для оценки состояния территорий снежных отвалов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 20 – 28.
2. Деградация почвы [Электронный ресурс]/ URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/346/ДЕГРАДАЦИЯ/> (дата обращения 24.01.2019 г.)
3. Деградация [Электронный ресурс]/ URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Деградация/> (Дата обращения 25.01.2019 г.)
4. Мониторинг состояния территорий снежных отвалов на примере г. Томска. [Электронный ресурс]/ URL: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/38806/1/TPU365306.pdf/> (Дата обращения 27.01.2019 г.)
5. Снегоотвал в Хромовке может спровоцировать подтопление поселка [Электронный ресурс]/ URL: <http://tv2.today/News/Snegootval-v-hromovke-mozhet-sprovocirovat-podtoplenie-poselka/> (Дата обращения 27.02.2019 г.)
6. Пасько О.А., Токарева О.С., Ушакова Н.С., Макарецова Е.С., Гапонов Е.А. Применение спутниковых методов исследований для оценки состояния территорий снежных отвалов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 20 – 28.
7. Токарева О.С., Пасько О.А., Ушакова Н.С., Макарецова Е.С., Федорова Л.А. Комплексная оценка развития деградации растительного покрова снежных отвалов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 75 – 83.
8. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html/> (Дата обращения 27.02.2019)

9. Raster Calculator [Электронный ресурс] URL: https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-19/Raster_Calculator.htm/ (Дата обращения 27.02.2019)
10. Описание спутников [Электронный ресурс]/ URL: <https://innoter.com/sputniki/> (Дата обращения 02.02.2019 г.)
11. Работа с архивом материалов ДЗЗ через EarthExplorer [Электронный ресурс] URL: <http://gis-lab.info/qa/earthexplorer-work.html/> (Дата обращения 04.02.2019 г.)
12. Copernicus-2 [Электронный ресурс] URL: <http://www.rsci.ru/grants/fonds/136.php/> (Дата обращения 04.02.2019 г.)
13. ArcGIS Pro [Электронный ресурс] URL: <https://www.esri.com/ru-ru/arcgis/products/arcgis-pro/overview/> (Дата обращения 05.02.2019 г.)
14. MapInfo [Электронный ресурс] URL: <https://sapr.ru/article/7689/> (Дата обращения 05.02.2019 г.)
15. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation [Электронный ресурс] URL: <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/semiautomaticclassificationmanual-ru/latest/semiautomaticclassificationmanual-ru.pdf/> (Дата обращения 12.02.2019 г.)
16. Описание и получение данных SRTM [Электронный ресурс] URL: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html/> (Дата обращения 17.03.2019 г.)
17. Google Планет Земля [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Планета_Земля/ (Дата обращения 10.02.2019 г.)
18. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. От 30.12.2015). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

20. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
23. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
24. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
25. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
26. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»
27. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Приложение А

Значение индексов и температуры вдоль профилей по снимкам с датой съемки 09.05.2018 г., 19.06.2018 г., 12.07.2018 г. для снежных отвалов и их фоновых участков

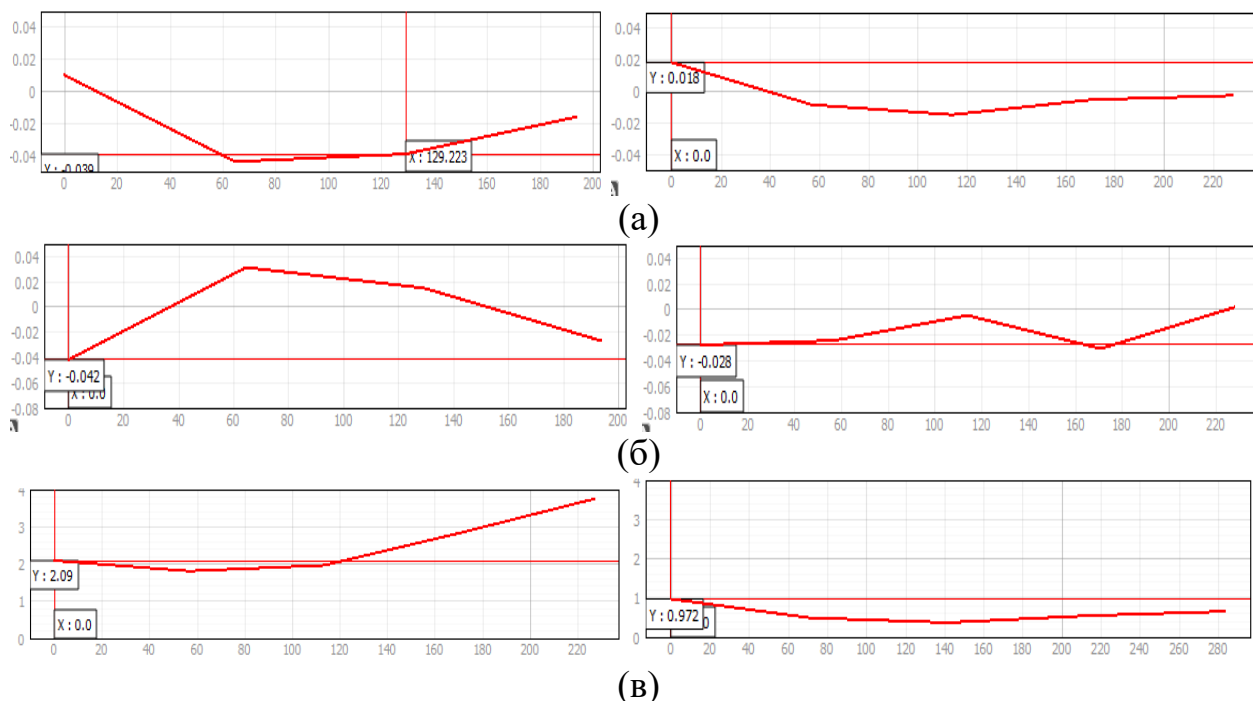
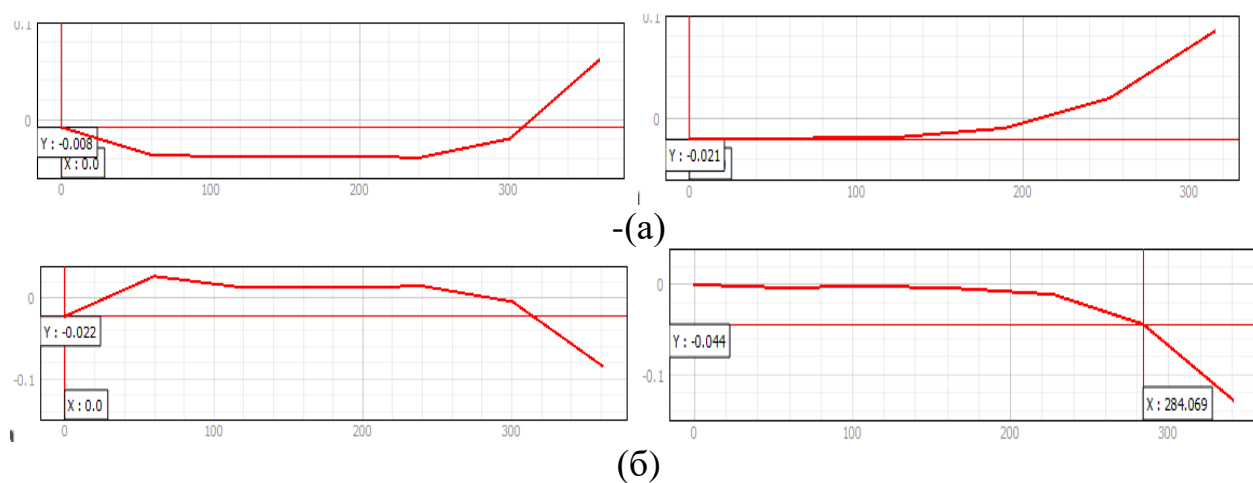


Рисунок А.1 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с севера на юг по снимку за 09.05.2018 г.



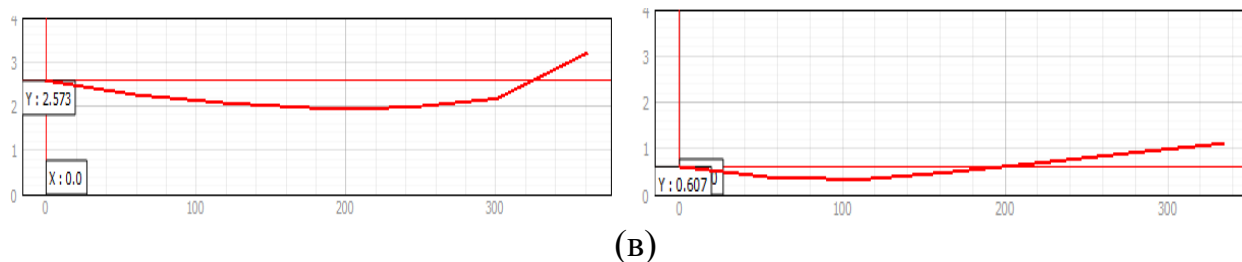


Рисунок А.2 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с запада на восток по снимку за 09.05.2018 г.

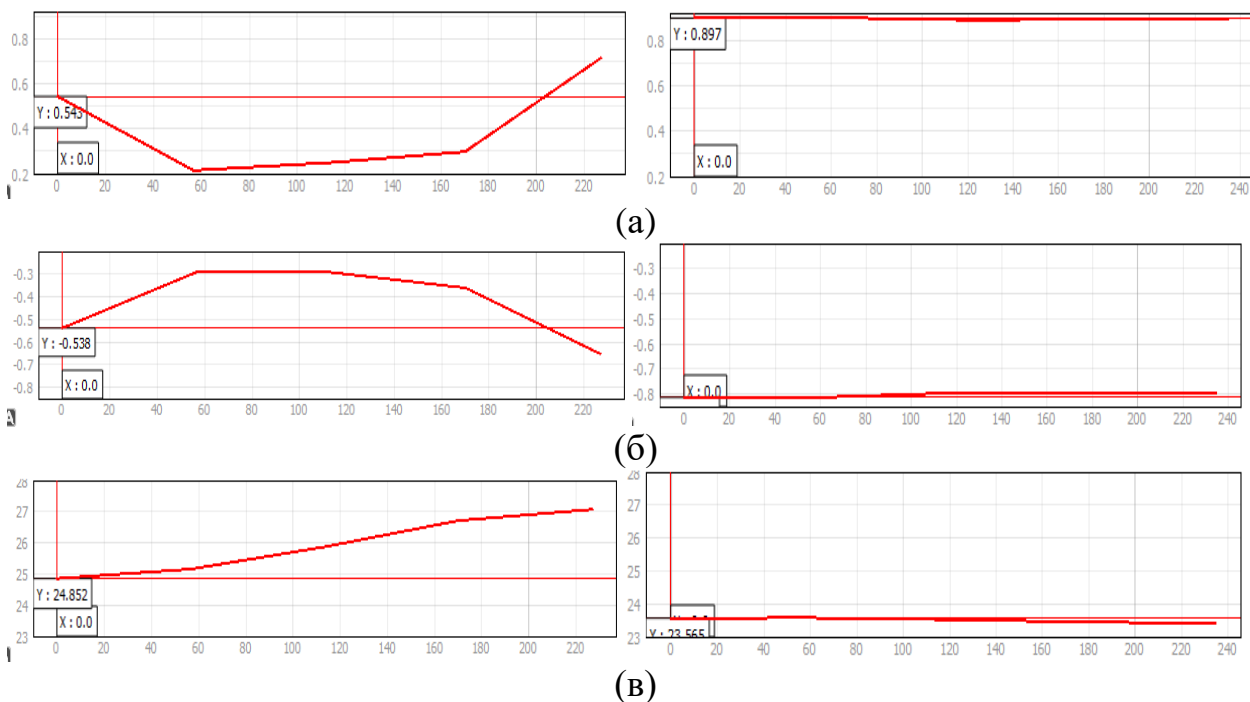
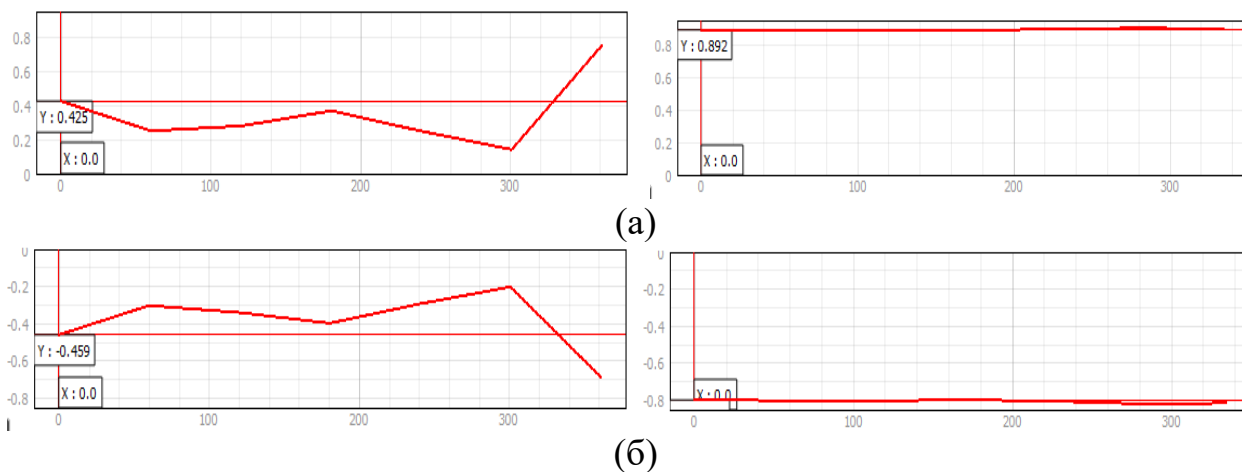


Рисунок А.3 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с севера на юг по снимку за 12.07.2018 г.



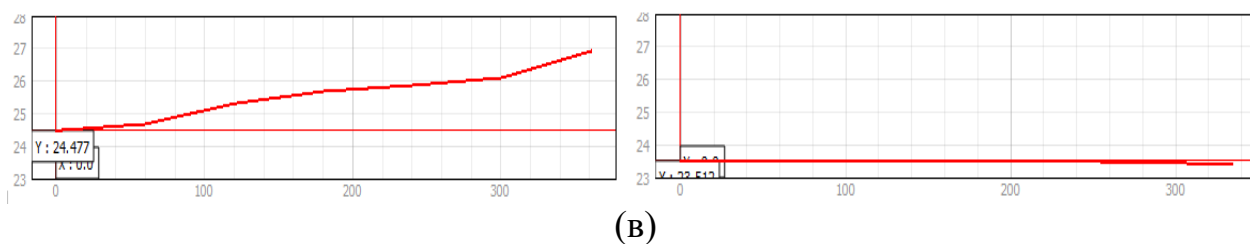


Рисунок А.4 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО1 и фонового участка с запада на восток по снимку за 12.07.2018 г.

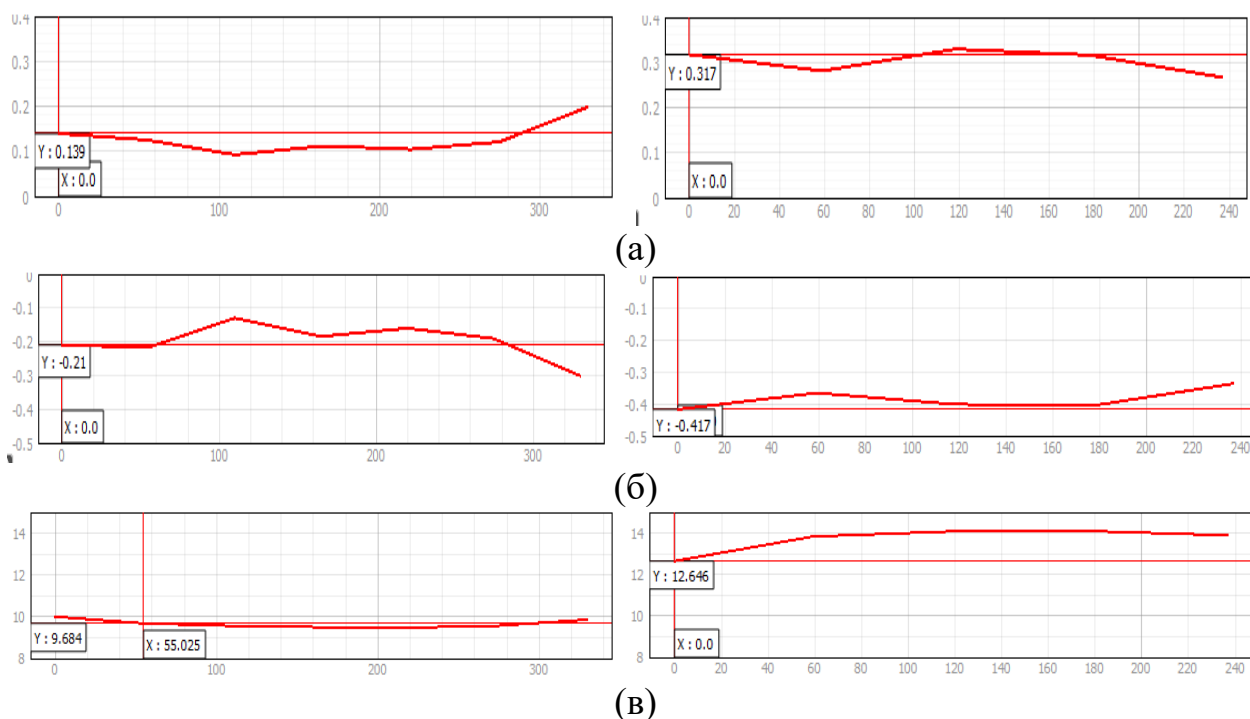
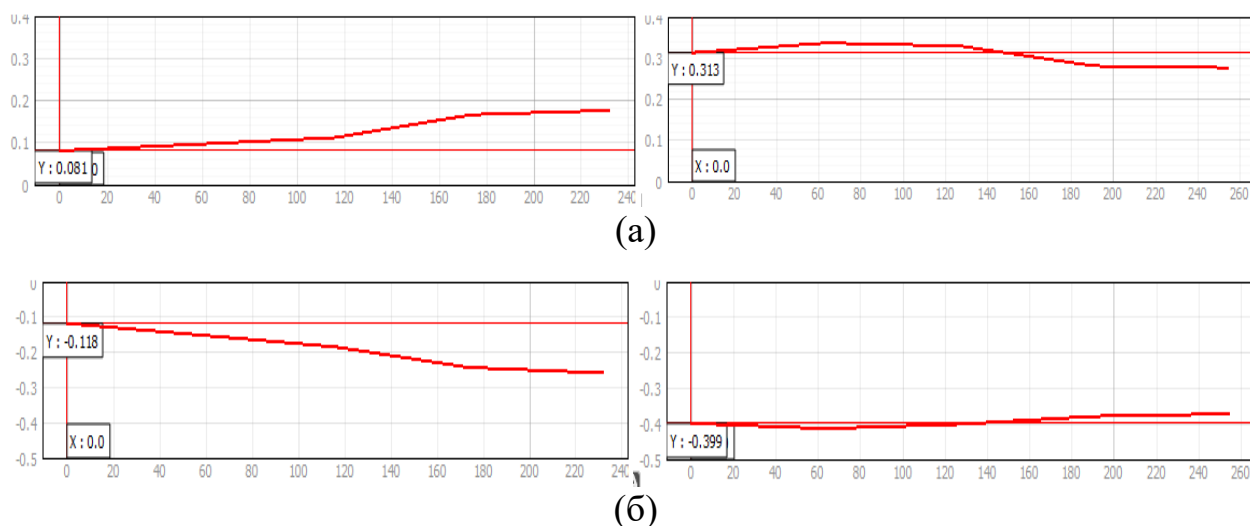


Рисунок А.5 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СО2 и фонового участка с севера на юг по снимку за 09.05.2018 г.



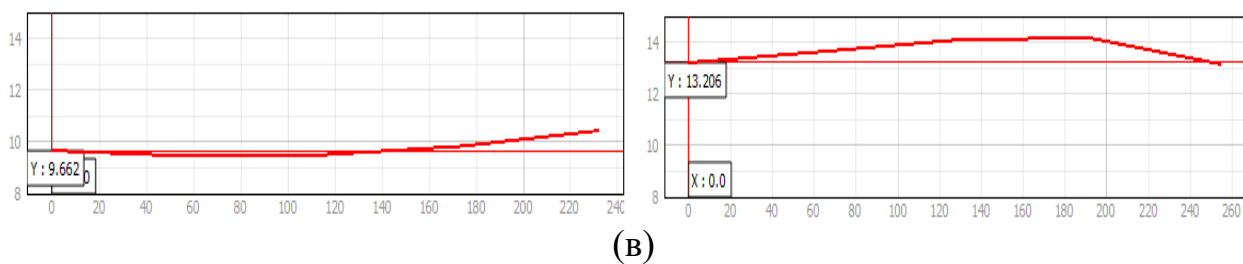


Рисунок А.6 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO₂ и фонового участка с запада на восток по снимку за 09.05.2018 г.

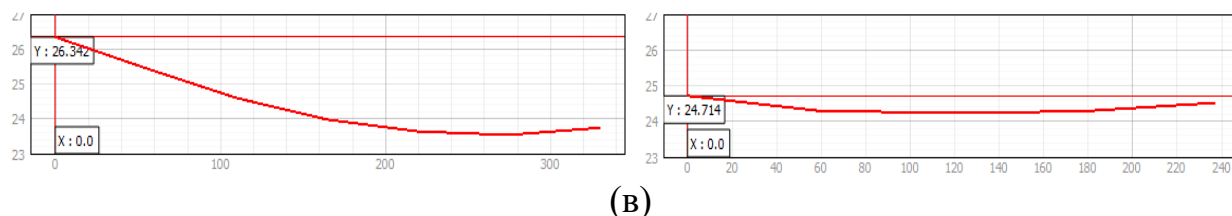
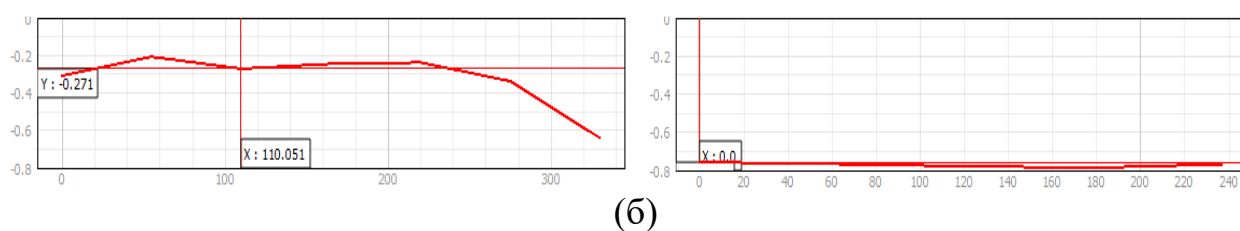
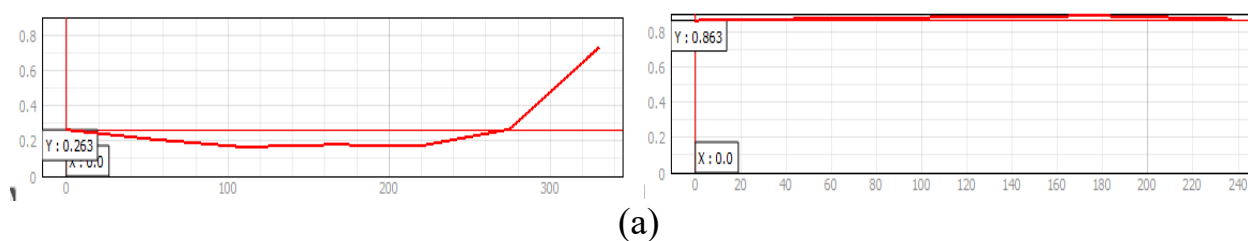
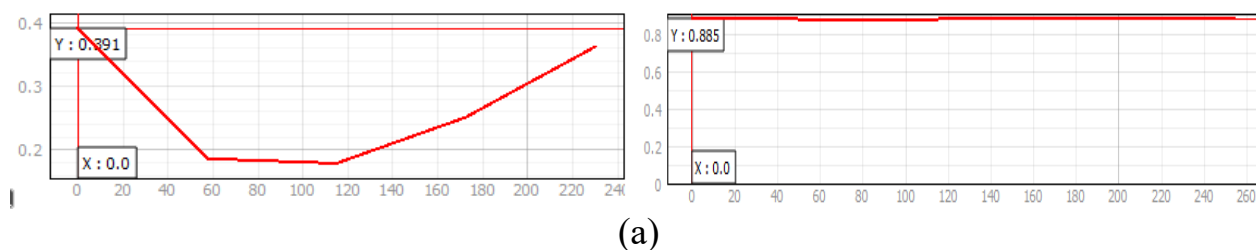


Рисунок А.7 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO₂ и фонового участка с севера на юг по снимку за 19.06.2018 г.



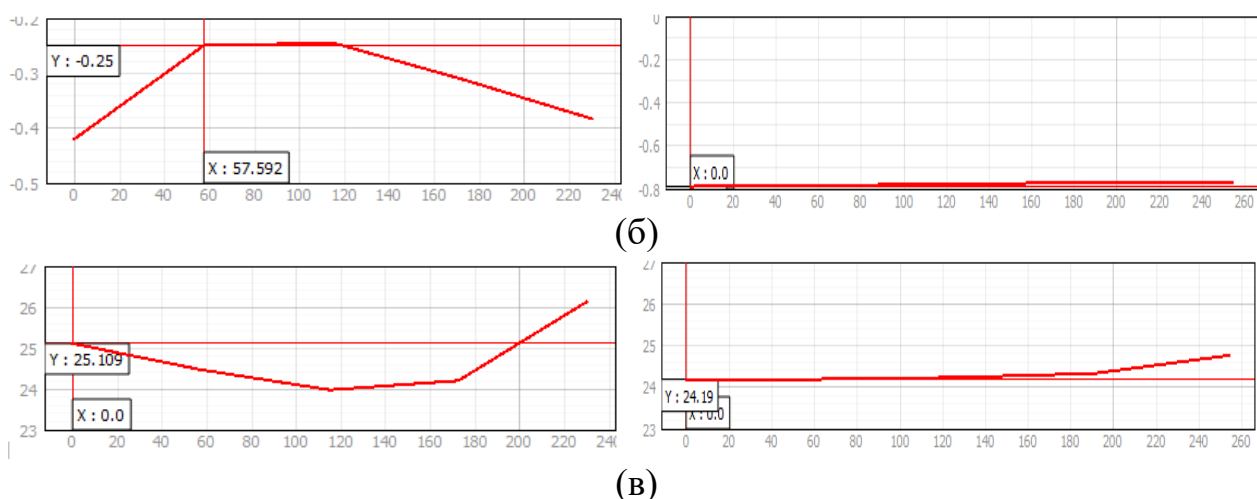


Рисунок А.8 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO₂ и фонового участка с запада на восток по снимку за 19.06.2018 г.

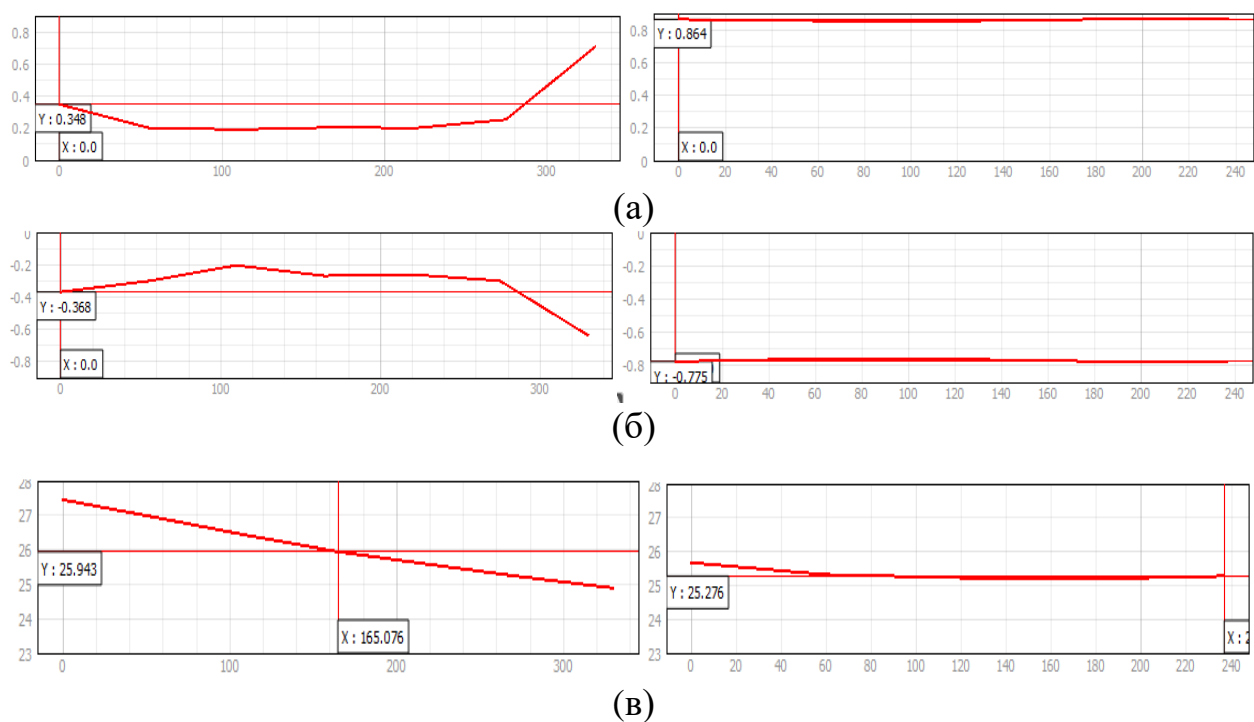
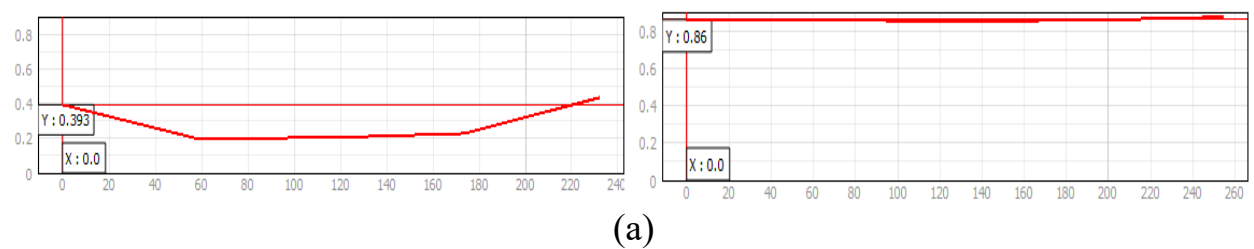


Рисунок А.9 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO₂ и фонового участка с севера на юг по снимку за 12.07.2018 г.



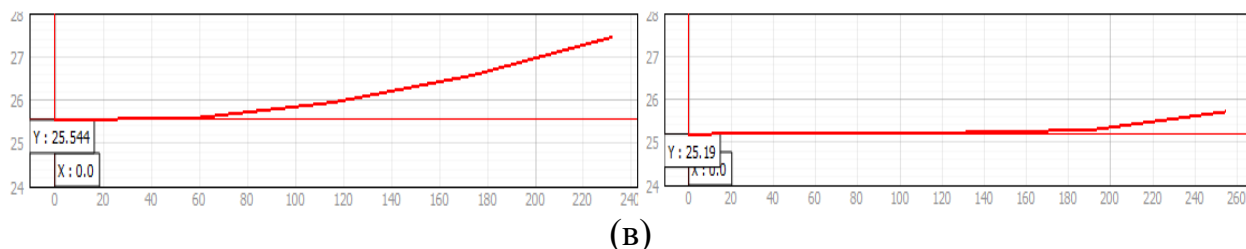
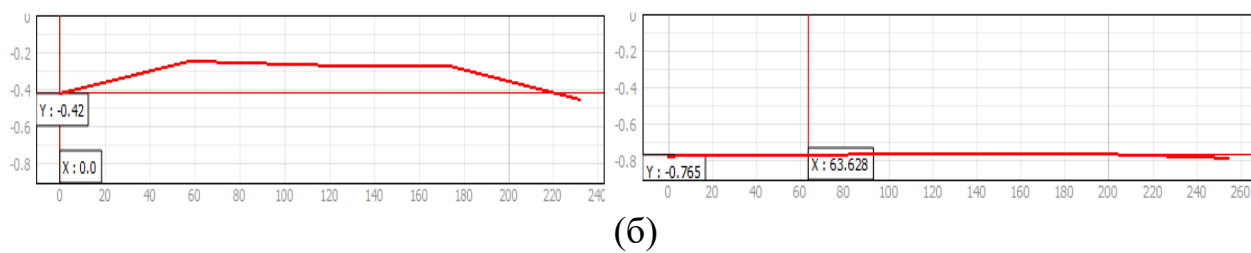


Рисунок А.10 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO2 и фонового участка с запада на восток по снимку за 12.07.2018 г

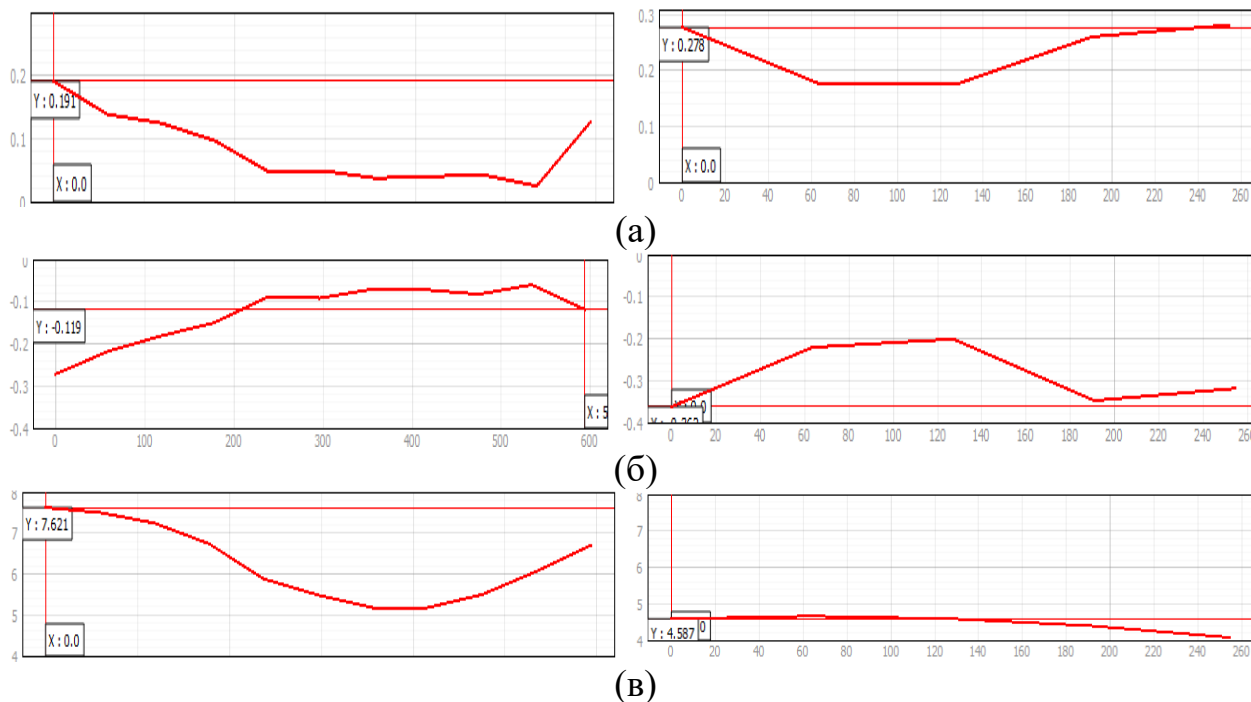
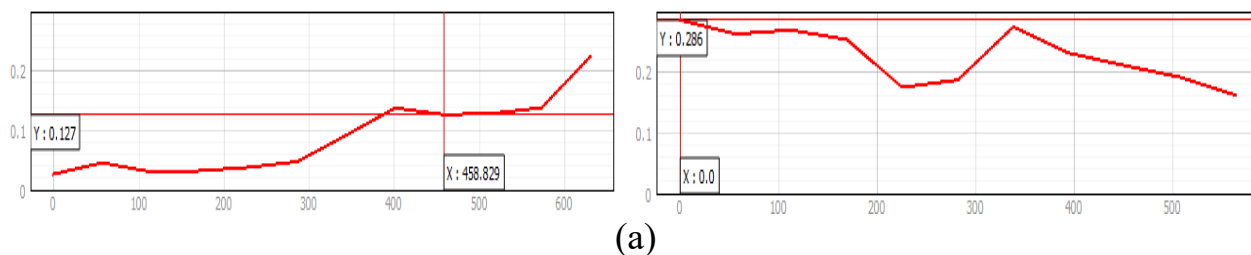


Рисунок А.11 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр CO3 и фонового участка с севера на юг по снимку за 09.05.2018 г.



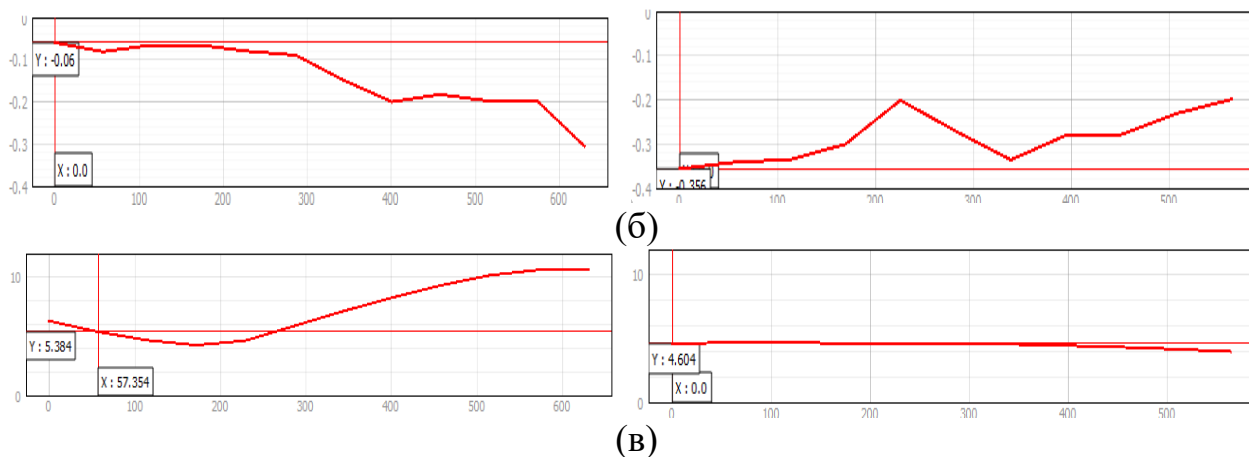


Рисунок А.12 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СОЗ и фонового участка с запада на восток по снимку за 09.05.2018 г.

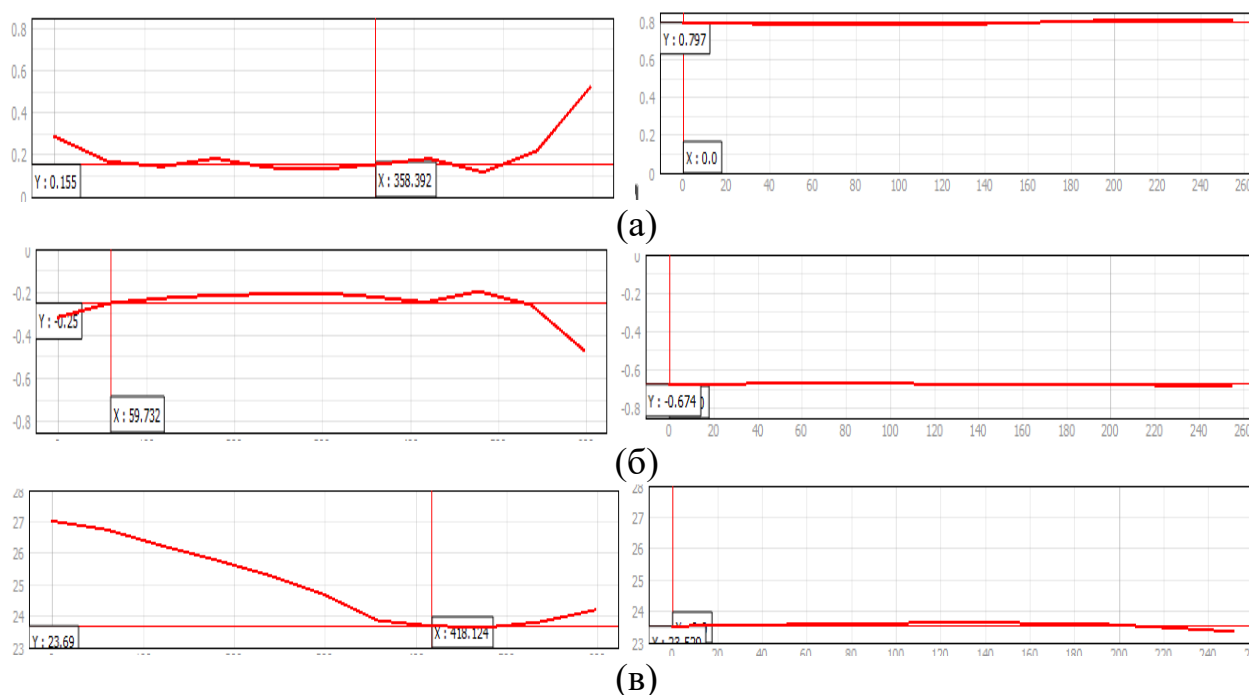
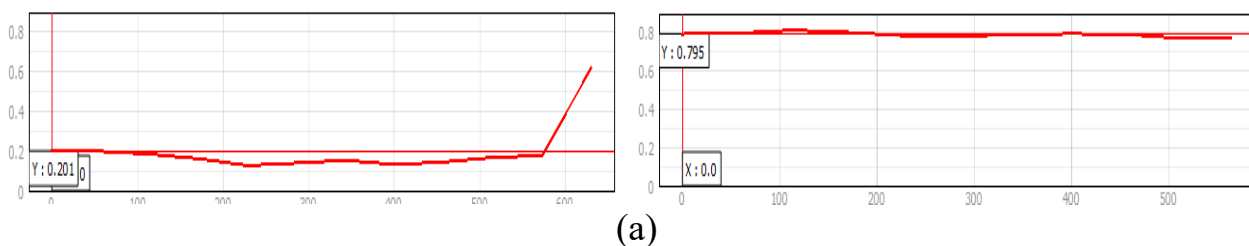


Рисунок А.13 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СОЗ и фонового участка с севера на юг по снимку за 19.06.2018 г.



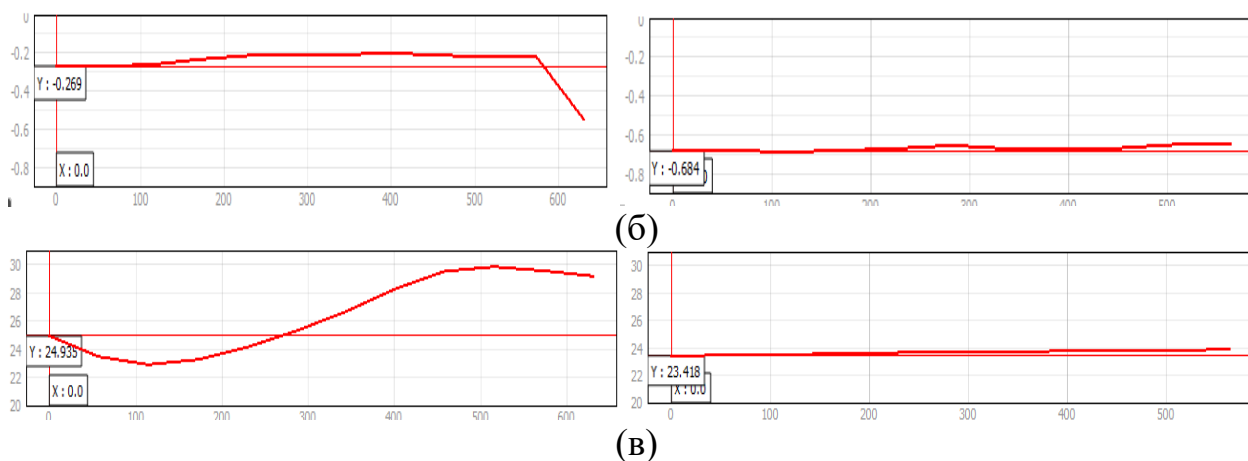


Рисунок А.14 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СОЗ и фонового участка с запада на восток по снимку за 19.06.2018 г.

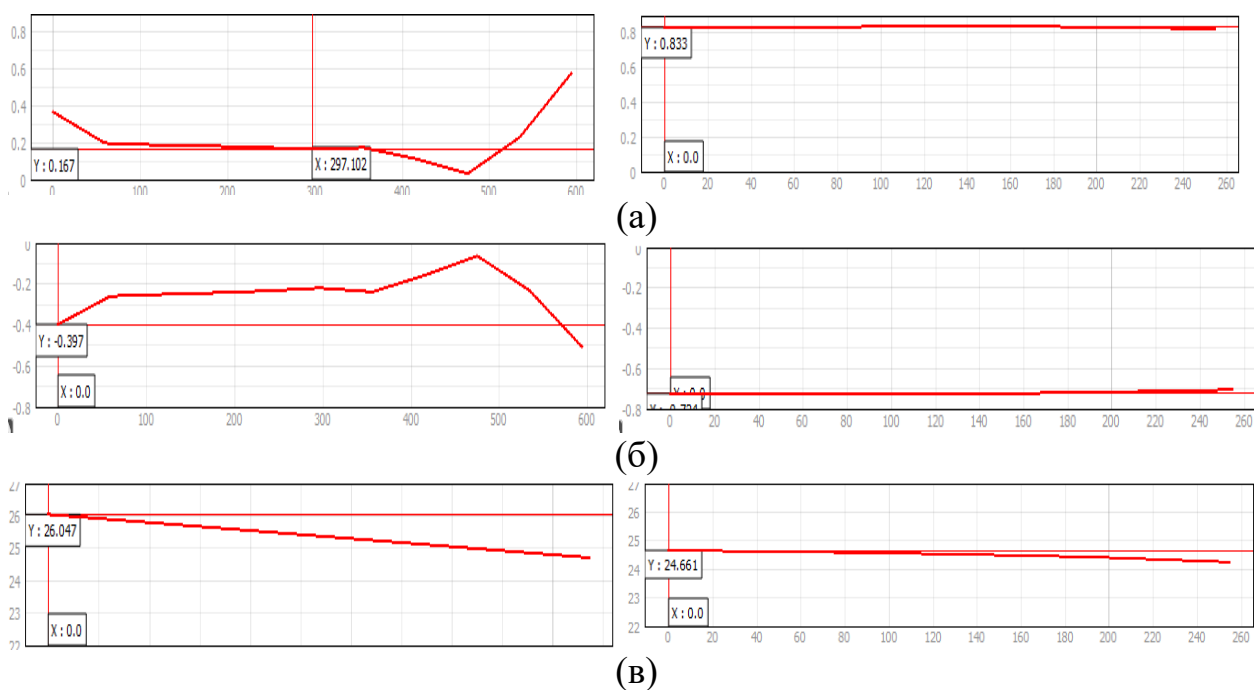
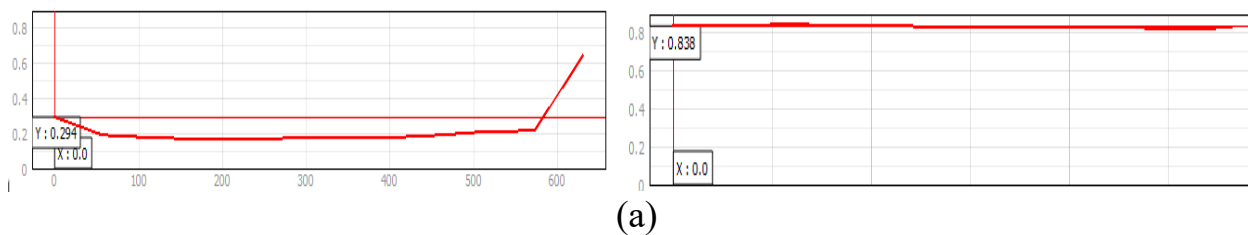
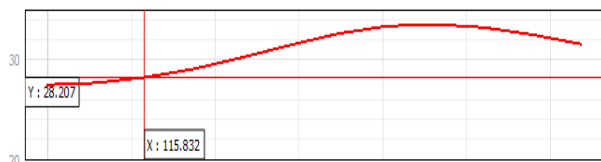
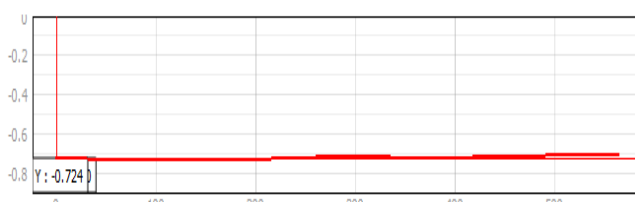
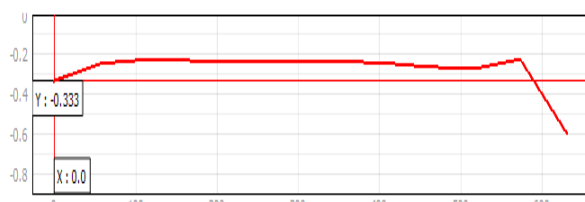
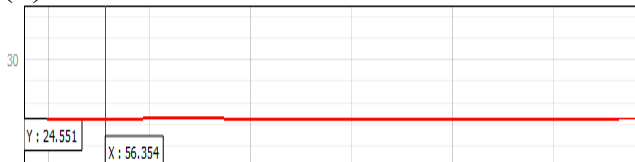


Рисунок А.15 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СОЗ и фонового участка с севера на юг по снимку за 12.07.2018 г.





(б)



(в)

Рисунок А.16 – Значение NDVI (а), NDWI (б) и температуры (в) вдоль профиля, построенного через центр СОЗ и фонового участка с запада на восток по снимку за 12.07.2018 г.