



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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
ООП/ОПОП – Программирование вычислительных и телекоммуникационных систем
Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных

УДК 630*431:528.7

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В93	Смирнов Антон Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева Ольга Сергеевна	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Погребной Александр Владимирович	Кандидат технических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
ОПК(У)-5	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать бизнес-планы и технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием
ОПК(У)-7	Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов
ОПК(У)-8	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения

ОПК(У)-9	Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение
ПК(У)-2	Способен выполнять работы, связанные со сбором, обработкой и подготовкой картографической информации
ПК(У)-3	Способен выполнять анализ и интерпретацию данных ДЗЗ
ПК(У)-4	Способен выполнять работы и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы
ПК(У)-5	Способен разрабатывать графический дизайн интерфейса
ПК(У)-6	Способен к развертыванию, сопровождению, оптимизации функционирования баз данных (БД), являющихся частью различных информационных систем



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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (ООП/ОПОП) – 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ А.В. Погребной
(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8В93	Смирнов Антон Александрович

Тема работы:

Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2023 № 40-55/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	Карта лесных пожаров на территории России.
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Анализ предметной области; - описание используемого ПО; - выбор данных для исследования; - описание используемых данных; - проведение исследования и анализ результатов; - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - социальная ответственность; - заключение по проделанной работе.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	- График изменения NDMI; - График изменения NDWI; - График изменения температуры воздуха.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Все разделы должны быть выполнены на русском языке	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева Ольга Сергеевна	Кандидат технических наук		23.01.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8B93	Смирнов Антон Александрович		23.01.2023



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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (ООП/ОПОП) – 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Уровень образования – бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий
Период выполнения – весенний семестр 2022/2023 учебного года

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
8В93	Смирнов Антон Александрович

Тема работы:

Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.02.2023	Анализ предметной области	15
25.02.2023	Анализ сервисов предоставления спутников данных	10
15.03.2023	Выбор объекта исследования и используемых данных	25
25.05.2023	Анализ результатов и разработка методики	30
01.06.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
03.06.2023	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева Ольга Сергеевна	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Погребной Александр Владимирович	Кандидат технических наук		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В93	Смирнов Антон Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 106 с., 35 рис., 38 табл., 47 источников, 2 прил.

Ключевые слова: ЛЕСНОЙ ПОЖАР, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС, ИНДЕКС НЕСТЕРОВА, КОСМИЧЕСКИЙ СНИМОК, МЕТЕОДААННЫЕ, МОНИТОРИНГ ПОЖАРООПАСНОЙ ОБСТАНОВКИ.

Объектом исследования являются территории, подверженные лесным пожарам.

Цель работы – оценка формирования пожароопасной обстановки в лесной зоне с использованием спутниковых и метеорологических данных.

В ходе работы исследовались территории, подверженные лесным пожарам, и методы оценивания сформированности пожароопасной обстановки.

Результатом работы является методика оценки пожароопасной обстановки на земной поверхности с использованием спутниковых и метеорологических данных.

Результаты работы могут быть использованы организациями, занимающимися прогнозированием, мониторингом и предотвращением лесных пожаров (МЧС, Рослесхоз, Авиалесоохрана, Минприроды, Росгидромет).

Научную новизну и практическую значимость работы представляет методика, позволяющая оценить сформированность пожароопасной обстановки в лесной зоне с использованием спутниковых и метеорологических данных.

В будущем планируется доработка методики путем повышения точности оценки пожароопасности и автоматизации процессов сбора и обработки данных дистанционного зондирования Земли и метеоданных.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
Определения, обозначения, сокращения	13
1 Анализ предметной области	14
1.1 Актуальность исследования	14
1.2 Методы оценки пожароопасной обстановки.....	16
1.3 Индексы оценки состояния растительности.....	20
2 Анализ сервисов предоставления данных	24
2.1 Сервисы поиска пожаров.....	24
2.2 Сервисы поиска метеостанций и метеоданных.....	25
2.3 Выбор данных дистанционного зондирования Земли.....	28
2.4 Сервисы поиска спутниковых данных	30
2.5 Анализ структуры растительного покрова	35
3 Объект исследования и используемые данные	36
3.1 Объект исследования	36
3.2 Используемые данные.....	39
4 Анализ результатов и методика оценки пожароопасной обстановки	45
4.1 Оценка пожароопасной обстановки	45
4.2 Сравнение оценки пожароопасности со значениями индекса Нестерова.....	52
4.3 Методика оценки пожароопасной обстановки.....	54
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	57
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	58
5.1.3 Технология QuaD	61
5.1.4 SWOT-анализ.....	62
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	65

5.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	66
5.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	66
5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	67
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	69
5.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	71
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и финансовой эффективности исследования.....	76
5.5	Вывод по разделу.....	78
6.	Социальная ответственность	82
6.1	Введение	82
6.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	83
6.2.1	Правовые нормы трудового законодательства	83
6.2.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	84
6.3	Производственная безопасность.....	85
6.3.1	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами.....	86
6.3.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	87
6.3.3	Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	88
6.3.4	Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения.....	89
6.3.5	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	90
6.4	Экологическая безопасность	91
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
6.6	Вывод по разделу.....	93
	Заключение	95
	Список публикаций обучающегося.....	96
	Список используемых источников.....	97

Приложение А (обязательное) Использованные данные.....	101
Приложение Б (рекомендуемое) Участие в конференциях	106

ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары играют негативную роль в экосистеме России. Они наносят ущерб растительности и фауне, уменьшают биоразнообразие и продуктивность лесов, увеличивают масштаб выделения углекислого газа в атмосферу, что в свою очередь приводит к изменению климата. Кроме того, лесные пожары могут повлечь за собой человеческие жертвы и материальные потери.

Использование передовых разработок в сферах моделирования, мониторинга и тушения природных пожаров позволяют оперативно обнаружить, локализовать и ликвидировать лесной пожар, что существенно снижает понесенный ущерб. Важным является своевременное нахождение территорий, на которых формируется пожароопасная обстановка, для принятия мероприятий по снижению последствий.

Цель работы – оценка формирования пожароопасной обстановки в лесной зоне с использованием спутниковых и метеорологических данных.

Объектом исследования являются территории, подверженные лесным пожарам.

Предмет исследования – оценка формирования пожароопасной обстановки земного покрова на тестовых участках, расположенных в Республике Саха (Якутия).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить методы оценки пожароопасности и индексы, оценивающие состояние растительности;
- определить параметры для анализа пожароопасной обстановки;
- выбрать тестовые участки и сервисы, предоставляющие спутниковые и метеорологические данные;
- провести анализ изменения метеорологических величин и индексов влажности и вегетации;
- оценить формирование пожароопасной обстановки на тестовых участках.

Были использованы следующие методы исследования: изучение и обобщение научной литературы, сравнение и статистический анализ данных, синтез выявленных закономерностей, индукция, метод пространственного анализа данных.

В ходе исследования были использованы следующие инструменты: NASA Fire Information for Resource Management System, Sentinel Hub EO Browser, информационный сервис ВЕГА-PRO, Автоматизированная система учета наблюдательных подразделений Росгидромета, Конструктор Карт Яндекса, справочно-информационный портал «Погода и климат» и Google Earth.

Научную новизну и практическую значимость работы представляет методика, позволяющая оценить сформированность пожароопасной обстановки на исследуемой территории с использованием индексов влажности и вегетации, а также метеорологических показателей.

Результаты исследования были представлены на научных форумах различного уровня: VI Всероссийском конкурсе НИР «Шаг в науку» (2022 г.), XXV Международной экологической студенческой конференции "Экология России и сопредельных территорий" (отмечен дипломом II степени) (рисунок Б.1), 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (2022 г.) и Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР 2023» и опубликованы в трех печатных работах.

Результаты работы могут быть использованы для планирования мероприятий по предупреждению возникновения лесных пожаров. Разработанная методика может применяться организациями, занимающимися мониторингом и предотвращением лесных пожаров (МЧС, Рослесхоз, Авиалесоохрана, Минприроды, Росгидромет).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

лесной пожар: Неконтролируемое горение растительности и стихийное распространение огня по площади леса.

гарь: Категория земель лесного фонда, представляющая собой участки лесных земель, на которых лесные насаждения погибли в результате пожара.

данные дистанционного зондирования Земли: Спутниковые снимки, обработанные и представленные в виде растровых изображений планеты и файлов с геопространственными данными о каждом снимке.

показатель горимости леса: Числовой показатель, характеризующий степень возможности воспламенения леса.

Обозначения и сокращения

КС – космический снимок;

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

БПЛА – беспилотный летательный аппарат;

ЛГМ – лесные горючие материалы;

FIRMS – Fire Information for Resource Management System;

KBDI – Keetch-Byram drought index;

NDII – Normalized Difference Infrared Index – нормализованный разностный инфракрасный индекс;

NDMI – Normalized Difference Moisture Index – нормализованный разностный индекс увлажненности;

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный разностный вегетационный индекс;

NDWI – Normalized Difference Water Index – нормализованный разностный водный индекс;

WBI – Water Band Index – водный канальный индекс.

1 Анализ предметной области

1.1 Актуальность исследования

Леса России являются одними из самых богатых и разнообразных лесных массивов в мире. Россия является лесной державой и занимает первое место в мире по площади лесов. По оценкам, на территории России насчитывается около 809 млн. га лесов, что составляет 46,6 % всей площади страны и 22,5 % от мирового лесного фонда. Леса играют заметную роль в поддержании и сохранении биоразнообразия, а также являются источником биоресурсов [1].

Количество лесных пожаров в России варьируется от года к году, но в последние годы наблюдается увеличение частоты и масштабности пожаров. В 2020 году число лесных пожаров в России увеличилось на 16 % по сравнению с предыдущим годом. В целом, в России ежегодно происходят около 70 тыс. лесных пожаров, которые покрывают примерно 3 млн. га леса. Как можно увидеть на рисунке 1, за последние 20 лет имеет место тренд на повышение площадей лесных пожаров [2].

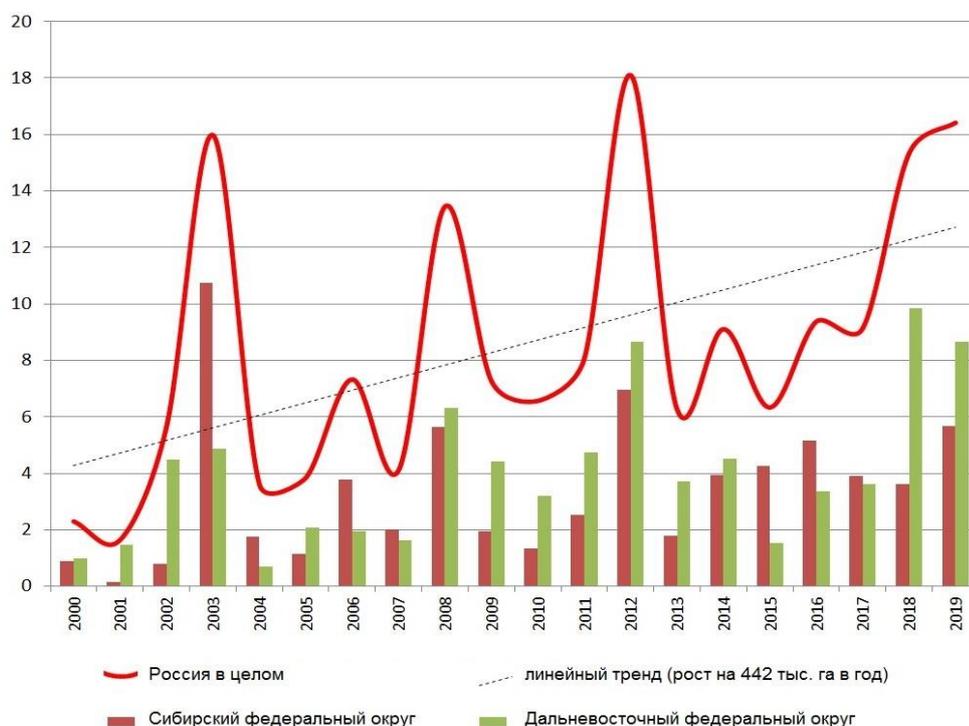


Рисунок 1 – Динамика площадей лесных пожаров по данным системы ИСДМ-Рослесхоз за 2000-2019 гг., млн. га

Основными причинами лесных пожаров в России являются неосторожное обращение с огнем, поджоги, высокие температуры в летний период, сухость и ветер. Главной причиной лесных пожаров является человеческий фактор. По статистике из-за антропогенной деятельности возникает примерно 90 % природных пожаров. К ней относят неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности при заготовке леса, сельхозпалы и др. К природным же причинам возникновения пожара относят: удары молний, извержения вулканов, падения метеоритов и самовозгорание каменного угля, торфа или лесной подстилки.

Мониторинг зон пожаров является одной из важнейших задач в области пожарной безопасности. Он позволяет оперативно обнаруживать возгорания и принимать меры по их тушению, а также своевременно оповещать население о возможной опасности.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут быть использованы для прогнозирования и мониторинга лесных пожаров. Спутниковые снимки, полученные с помощью инструментов дистанционного зондирования, позволяют не только определить местоположение пожара, но и оценить его размеры, интенсивность горения, скорость распространения огня и направление движения дыма.

Кроме того, данные ДЗЗ могут использоваться для создания карт вероятности возникновения пожаров в определенных районах. Эта информация может быть использована для предотвращения возникновения новых пожаров путем организации системы мониторинга и раннего предупреждения о пожарах.

В результате использования данных ДЗЗ для прогнозирования и мониторинга лесных пожаров можно более эффективно контролировать и снижать их воздействие на природу и население.

В настоящее время во всем мире широкое распространение получили методы оценки пожароопасной обстановки, основанные на индексах пожароопасности. Данные индексы рассчитываются на основе

метеорологических показателей рассматриваемой местности (уровень осадков, влажность и температура воздуха и др.). Однако далеко не всегда удается получить метеоданные на требуемых территориях из-за большой площади России и недостаточного количества метеостанций. Следствием этого является низкая точность прогнозирования лесных возгораний по условиям погоды на удаленных территориях.

Актуальным является разработка новых и повышение точности существующих методик оценки пожароопасной обстановки, прежде всего, за счет использования спутниковых данных, что позволило бы повысить эффективность прогнозирования и обнаружения лесных пожаров.

1.2 Методы оценки пожароопасной обстановки

Для определения потенциальной опасности возгорания леса учитываются метеорологические параметры местности (температура и влажность воздуха, уровень осадков, скорость ветра, точка росы и др.). Для оценки степени пожароопасности леса в зависимости от метеорологических условий применяются индексы горимости леса [3].

Индексы горимости леса разработаются с учетом специфики и климатических условий конкретного региона или страны. Так в России согласно ГОСТ Р 22.1.09-99 для оценки горимости леса применяют индекс В.Г. Нестерова, а за рубежом для тех же целей используют [4]:

- индекс засушливости Кетча-Бирама (KBDI) и национальную систему оценки пожарной опасности (NFDRS) в США [5];
- индекс лесной пожарной опасности Макартура (FFDI) в Австралии [6];
- погодный индекс лесных пожаров (FWI) в Канаде [7];
- индекс Ангстрема в Швеции [8] и др.

Для вычисления комплексного показателя пожарной опасности в лесу по условиям погоды – индекса Нестерова (G) необходимы следующие данные:

- температура воздуха и точки росы на 12 ч по местному времени, °С;

- количество выпавших осадков за предшествующие сутки, т. е. за период с 12:00 предыдущего дня по местному времени (осадки до 2,5 мм в сутки в расчет не принимаются), мм;

Комплексный показатель пожароопасности для текущего дня рассчитывают по формуле В. Г. Нестерова следующим образом:

$$G = \sum_{i=1}^n T_i d_i, \quad (1)$$

$$d_i = T_i - r_i, \quad (2)$$

где T – температура воздуха на 12 ч дня по местному времени, °С;

r – точка росы на 12 ч дня по местному времени, °С;

d – дефицит точки росы, °С;

n – число дней после последнего дождя [4].

По данной формуле суммирование начинается в первый сухой день после дождя и проводится по n дням. С каждым днем сухой погоды без осадков показатель G возрастает, пока не выпадут осадки 2,5 мм или более, в таком случае показатель обнуляется и подсчет начинается заново.

В зависимости от значения индекса Нестерова опасность возгорания оценивается по пяти классам общероссийской шкалы (таблица 1).

Таблица 1 – Шкала пожарной опасности по индексу В.Г. Нестерова

Класс пожарной опасности	Диапазон значений индекса, °С ²	Пожарная опасность
I	0-300	Отсутствует
II	301-1000	Малая
III	1001-4000	Средняя
IV	4001-10 000	Высокая
V	> 10 000	Чрезвычайная

Индекс засушливости Кетча-Бирама вычисляется по формуле:

$$KBDI_t = Q + \frac{(203,2-Q) \times (0,968 \times e^{0,0875 \times T + 1,55} - 8,3) \times \Delta t}{1 + 10,88 \times e^{-0,001736 \times P}} \times 10^{-3}, \quad (3)$$

$$Q = KBDI_{t-1} - P_{net_t}, \quad (4)$$

$$P_{net_t} = \max[0, P_t - \max(0, P_{lim} - \sum_{i=1}^{rr-1} P_{t-i})], \quad (5)$$

где Q – значение KBDI за предыдущий день минус чистое количество осадков P_{net_t} , мм;

T – максимальная температура воздуха, °C;

Δt – приращение по времени (один день);

P – среднегодовое количество осадков, мм;

n – количество дней с осадками подряд [9].

Для получения чистого количества осадков $P_{net,t}$, необходимо вычесть 5 мм из любого ежедневного количества осадков, превышающего 5 мм. В случае последовательных дней с осадками, 5 мм необходимо вычесть именно в тот день, когда суммарное количество осадков превысит 5 мм. Если суточное количество осадков меньше 5 мм, то чистое количество осадков равно нулю [5].

Значение KBDI определяет количество осадков, необходимое для восстановления плодородия почвы в полном объеме. Значение индекса находится в диапазоне от 0 до 200 мм, где 0 – отсутствие дефицита влаги, а 200 – максимально возможная засуха.

В зависимости от значения индекса KBDI выделяют четыре класса пожарной опасности (таблица 2).

Таблица 2 – Шкала пожарной опасности по индексу засухи KBDI

Класс пожарной опасности	Диапазон значений индекса, мм	Пожарная опасность
I	0-50	Низкая
II	50-100	Умеренная
III	100-150	Высокая
IV	150-200	Чрезвычайная

В таблице 3 представлено сравнение индексов пожарной опасности, использующихся в России, Австралии, США и Канаде.

Таблица 3 – Сравнение индексов пожарной опасности

Параметры		Индекс В.Г. Нестерова, Россия	Индекс лесной пожарной опасности Макартура (FFDI), Австралия	Национальная система оценки пожарной опасности (NFDRS), США	Погодный индекс лесных пожаров (FWI), Канада
Метеорологические	Температура воздуха	В 12:00 по местному времени	Макс. за сутки	В 12:00 по местному времени, макс. и мин. за сутки	Макс. и мин. за сутки
	Количество осадков	Осадки до 2,5 мм в сутки в расчет не принимаются	Сумма за сутки	Сумма за сутки	Осадки до 1,5 мм в сутки в расчет не принимаются
	Относительная влажность	Температура точки росы	Мин. за сутки	В 12:00 по местному времени, макс. и мин. за сутки	Макс. и мин. за сутки
	Количество дней со дня последнего выпадения осадков	-	+	-	-
	Скорость ветра	-	Среднее за сутки	Среднее за сутки	Макс. за сутки
Влагосодержание лесной подстилки и почвы	Влагосодержание почвы	-	Показатель Китча-Бирама для текущего дня	-	-
	Влагосодержание ЛГМ	-	Показатель Китча-Бирама для текущего дня, осадки за сутки, число дней со дня последнего выпадения осадков	В живых и отмерших ЛГМ	Для ЛГМ, различных по глубине залегания и весу на единицу площади
Характеристики пламени	Количество теплоты, выделяемой при горении на ед. площади	-	-	+	+
Грозовая активность	Индекс грозовой активности	-	-	+	+

В целом, все рассмотренные выше индексы дают прогноз пожарной опасности, но каждый из них может давать различные результаты в зависимости от особенностей территории и климатических условий. Поэтому для наилучшей оценки пожарной опасности рекомендуется использовать несколько индексов и анализировать результаты всех из них.

Для дальнейшего анализа формирования пожароопасной обстановки был выбран индекс Нестерова, т.к. данный индекс официально утверждён в России и используется многими сервисами для подсчета пожароопасности на территории страны.

1.3 Индексы оценки состояния растительности

Оценка состояния растительности по её спектральной отражательной способности может проводиться с использованием спектрального анализа данных, получаемых с помощью спутников или БПЛА.

На основе спектральной отражательной способности можно получить информацию о плотности и типе растительности, стадии её роста и здоровье, определить общую продуктивность растительности и её вклад в процесс фотосинтеза. Например, здоровые растения имеют высокую отражательную способность в красной области спектра, тогда как больные или испытывающие стресс растения имеют более низкую отражательную способность в этой области.

Для оценки состояния растительности на земной поверхности широкое распространение получили вегетационные индексы. Они основаны на замере отраженного от растительности электромагнитного излучения в различных спектральных областях. Данные индексы применяются в различных областях, таких как сельское хозяйство, лесное хозяйство, экологический мониторинг, землепользование и геологоразведка. Они помогают решать задачи по оценке эффективности агрокультурных культур, выявлению зон риска в связи с климатическими изменениями.

Для определения состояния растительности можно выделить

следующие индексы:

- WBI (Water Band Index);
- NDWI (Normalized Difference Water Index);
- NDMI (Normalized Difference Moisture Index);
- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index);
- NDII (Normalized Difference Infrared Index).

Далее в формулах 6-10 за p_y обозначается значение пикселя изображения в канале, центр которого находится около y мкм.

Водный индекс (WBI) отражает уровень влажности в растительности и рассчитывается по формуле [9]:

$$WBI = \frac{p_{900}}{p_{970}}. \quad (6)$$

Зеленая растительность обычно имеет значения от 0,8 до 1,2. Увеличение содержания влаги в растительности приводит к увеличению поглощения в зоне около 970 нм относительно поглощения в зоне около 900 нм. Данный индекс применяется для анализа водного стресса, определения продуктивности, анализа пожароопасности, управления орошаемыми землями [9].

Нормализованный разностный водный индекс (NDWI) вычисляется в соответствии с формулой [10]:

$$NDWI = \frac{p_{560} - p_{835}}{p_{560} + p_{835}}. \quad (7)$$

Данный индекс использует зеленый и ближний инфракрасные диапазоны, т.к. водные объекты сильно поглощают свет в видимом и инфракрасном электромагнитном спектре. Индекс может принимать значения от -0,8 до 0,8. Значения $>0,5$ относятся к водным объектам, от 0 до 0,2 – к застройкам, а значения <0 относятся, как правило, к растительности [10].

На рисунке 2 показана карта значений NDWI, где синим цветом показан водный объект (значения $>0,5$), белым – гари (NDWI около 0), а растительность – зеленым (значения <0).

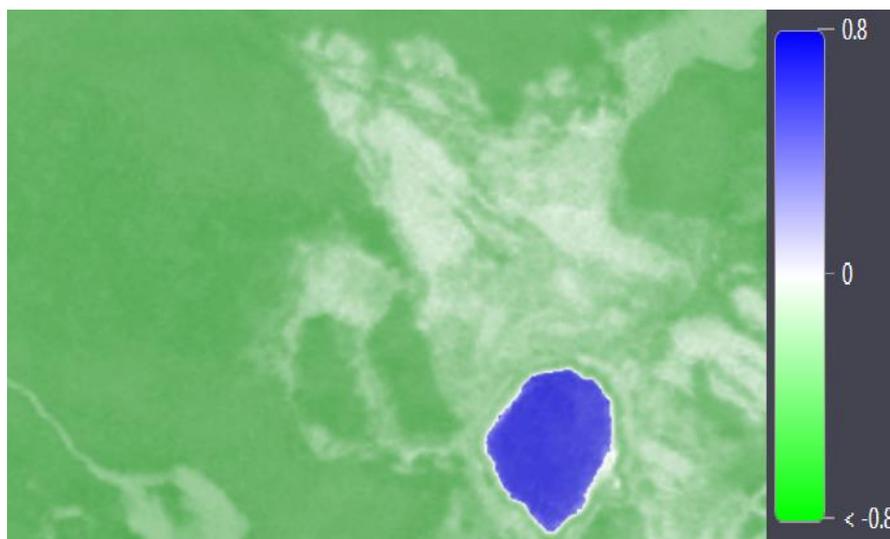


Рисунок 2 – Карта значений NDWI

Нормализованный разностный индекс увлажненности (NDMI) рассчитывается по формуле [11]:

$$NDMI = \frac{p_{819} - p_{1599}}{p_{819} + p_{1599}} \quad (8)$$

Индекс принимает значения от -1 до 1, из которых значения от -1 до -0,2 обычно соответствуют бесплодной почве, а значения растительности могут варьироваться от -0,2 до 1, причем значения индекса от -0,2 до 0,4 обычно соответствуют водному стрессу растений [11].

На рисунке 3 представлена карта значений NDMI, где красным цветом помечены гари, желтым – бесплодные почвы, а синим – здоровая растительность.

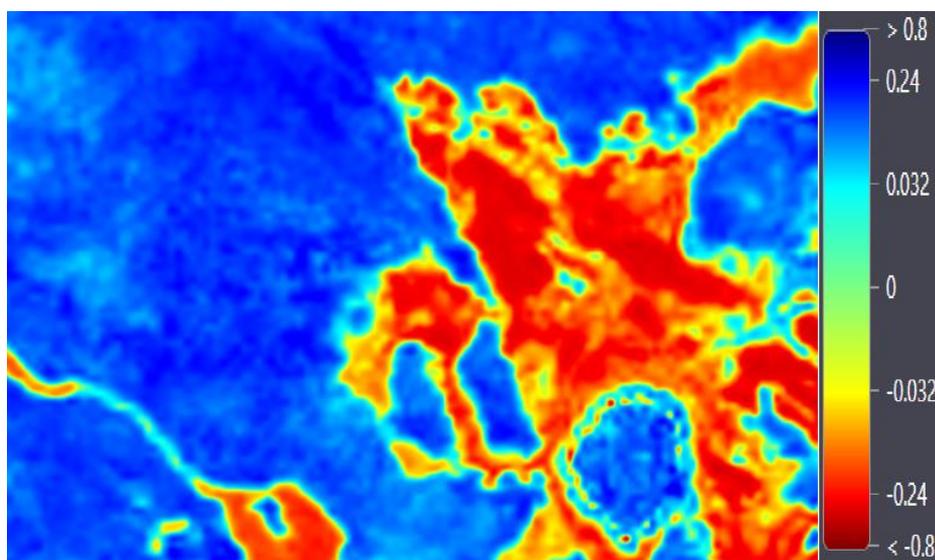


Рисунок 3 – Карта значений NDMI

Нормализованный разностный инфракрасный индекс (NDII) вычисляется по формуле [12]:

$$NDII = \frac{p_{819} - p_{1649}}{p_{819} + p_{1649}}. \quad (9)$$

Данный индекс может принимать значения от -1 до 1. Для зелёной растительности значение индекса находится в диапазоне от 0.02 до 0.6. Индекс схож по показателям с NDMI, за исключением того, что использует более широкий инфракрасный диапазон, что позволяет точнее выделять значения зеленой растительности [12].

Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) рассчитывается по формуле [9]:

$$NDVI = \frac{p_{835} - p_{665}}{p_{835} + p_{665}}. \quad (10)$$

Индекс NDVI может принимать значения от -1 до 1. Значения от -1 до -0,1 относятся к воде, от -0,1 до 0,1 обычно относятся к скалам, песку и снегу, от 0,2 до 0,4 обычно идентифицируются как кустарники и пастбища, от 0,4 до 1 соответствуют лесам [9].

На рисунке 4 показана карта значений NDVI, где белым показан водный объект, светло-зеленым – гари, а темно-зеленым – лес.

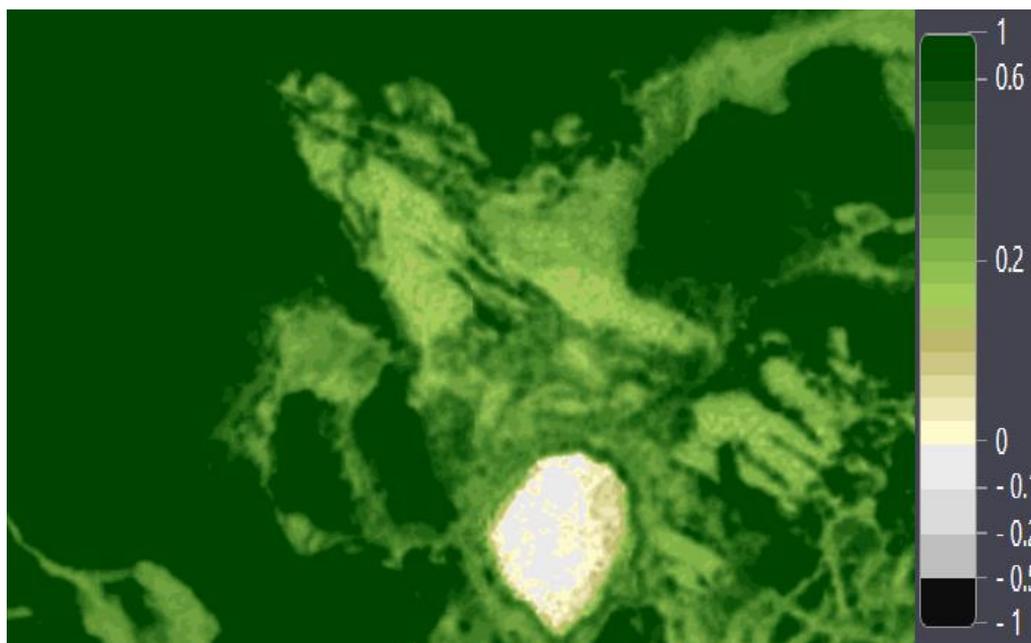


Рисунок 4 – Карта значений NDVI

2 Анализ сервисов предоставления данных

2.1 Сервисы поиска пожаров

Для разработки методики оценки пожароопасной обстановки необходимо знать координаты и временные рамки лесных пожаров.

В сети Интернет было найдено пять сервисов, предоставляющих подобные возможности:

- система мониторинга пожаров NASA Fire Information for Resource Management System (FIRMS) [13];
- информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) [14];
- система оперативного мониторинга СКАНЭКС, сервис «Карта пожаров» [15];
- Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) [16];
- Карта пожаров PRO [17].

В таблице 4 представлено сравнение сервисов по пятибалльной шкале. Для сравнения решений были выбраны наиболее актуальные критерии.

Таблица 4 – Сравнение сервисов поиска пожаров

Критерии оценки	Баллы				
	ИСДМ	FIRMS	CAMS	СКАНЭКС	Карта пожаров PRO
Достоверность данных	5	5	3	4	4
Скорость обновления данных	4	5	3	4	3
Объем архивных данных	5	5	4	5	4
Удобство работы	4	5	4	4	3
Информативность данных	4	4	5	4	3
Надежность сервиса	4	5	5	5	4
Доступность продукта	4	5	3	4	2
Поддержка сервиса	4	4	5	2	3
Итого	34	38	32	32	26

По итогам сравнения для исследования был выбран сервис FIRMS от NASA, набравший наибольший балл. Данное решение предоставляет данные без регистрации, обладает широким функционалом и не имеет ограничений по

глубине архива (рисунок 5).



Рисунок 5 – Интерфейс FIRMS

NASA FIRMS представляет собой систему сбора и анализа данных о пожарах, полученных с помощью спутникового сканирования. Сервис использует информацию со спутников Landsat, NOAA-20, Aqua, Terra и Suomo-NPP, оборудованных термальными датчиками VIIRS и MODIS, для обнаружения, мониторинга и отслеживания пожаров по всему миру.

На рисунке 5 выделены следующие элементы интерфейса:

- красным – выбор временного диапазона детектирования пожаров;
- желтым – панель выбора спутника, датчика и картографической подложки;
- фиолетовым – подробная информация о пожаре в выбранной на карте точке;
- зелёным – панель инструментов.

2.2 Сервисы поиска метеостанций и метеоданных

После нахождения координат возгораний необходимо выполнить анализ метеорологических показателей на этой местности.

Для поиска действующих метеорологических станций был использован портал «Действующие метеорологические станции сети Росгидромета» [18].

Выбор основан на том, что владельцем и оператором сервиса является ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации-Мировой центр данных» Росгидромета, что может гарантировать достоверность предоставляемых данных.

На рисунке 6 представлен главная страница портала.

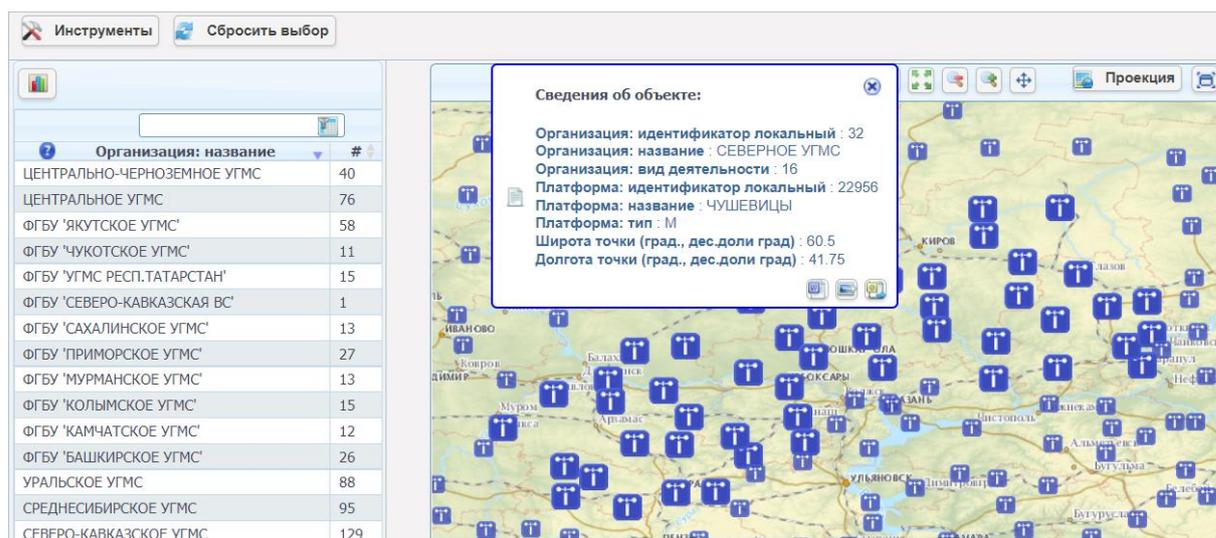


Рисунок 6 – Портал «Действующие метеорологические станции сети Росгидромета»

Как видно на рисунке 6, слева расположено окно со списком региональных управлений гидрометеорологических станций, справа – карта метеостанций. При выборе станции на карте отображается подробная информация (идентификатор, название и номер вида деятельности организации, идентификатор станции, название станции, тип платформы и координаты).

Внизу страницы расположен список всех метеостанций с возможностью поиска и фильтрации данных (рисунок 7).

Платф.имя.	Орган.назв.	Геообъект.назв.	Геообъект.код., код	Платф.ид.локал.
АЛАТЫРЬ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27679
БАТЫРЕВО	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27685
БЕЛАЯ ХОЛУНИЦА	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			28105
БОЛЬШИЕ БЕРЕЗНИКИ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27777
БОЛЬШОЕ БОЛДИНО	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27666
ВЕРХОШИЖЕМЬЕ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27295
ВЕТЛУГА	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27277
ВОСКРЕСЕНСКОЕ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27463
ВОТКИНСК	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			28318
ВЫКСА	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27643
ВЯТСКИЕ ПОЛЯНЫ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			28502
ГЛАЗОВ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			28214
ДАЛЬНЕЕ КОНСТАНТИНОВО	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27565
ДАРОВСКОЕ	ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКОЕ УГМС			27185

Рисунок 7 – Список метеостанций

Портал предоставляет возможность экспорта данных о станциях в форматах CSV и XLS. Был получен список всех метеостанций на территории России для дальнейшего нахождения ближайших к возгораниям станций.

Поскольку портал «Действующие метеорологические станции сети Росгидромета» не предоставляет метеорологические показатели, для получения архива метеоданных был выбран Справочно-информационный портал «Погода и климат» (рисунок 8) [19].

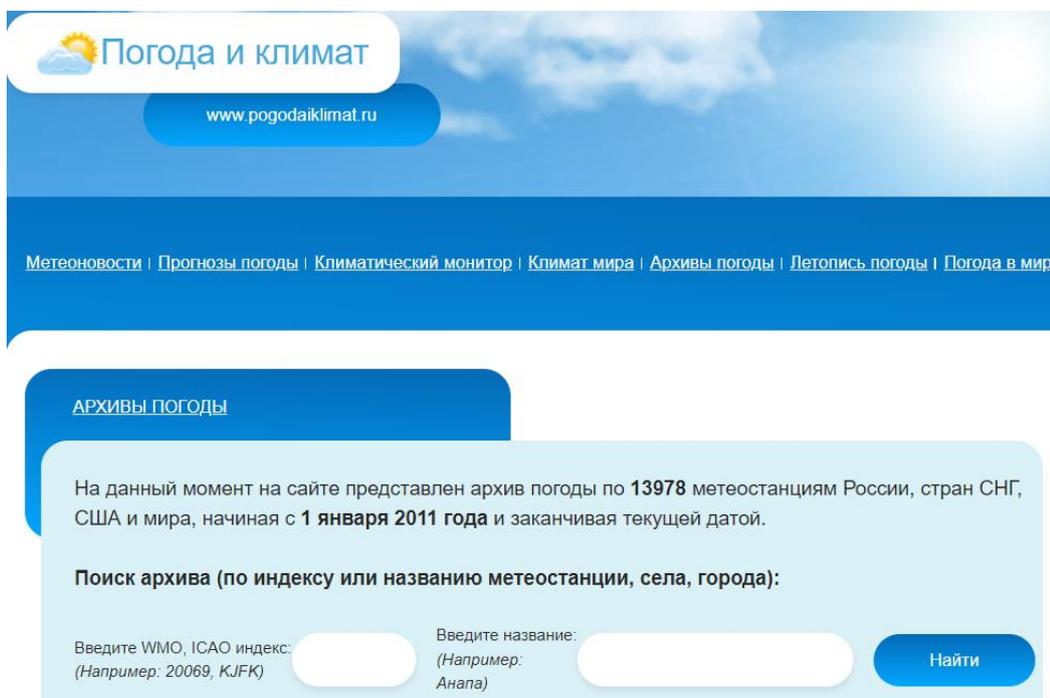


Рисунок 8 – Справочно-информационный портал «Погода и климат»

Как видно на рисунке 8, поиск метеорологических данных производится

по названию метеорологической станции или уникальному идентификатору станции и выбранному промежутку времени.

Сервис представляет такие метеоданные как скорость ветра, видимость, облачность, температура воздуха и точки росы, относительная влажность, эффективная температура, атмосферное давление, максимальная и минимальная температура, уровень осадков и снежный покров (рисунок 9).

Архив погоды в Бердигестях (Якутия, Россия)																			
Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)		Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Te (C)	Tes (C)	Комфортность	P (гПа)	Po (гПа)	Tmin (C)	Tmax (C)	R (мм)	R24 (мм)	S (см)	
06	19.05	В	3	50 км		8/8 600 м [Cu med, cong]	+13.4	-2.2	34	+13	+14		999.3	972.1					
09	19.05	ЮВ	4	50 км		8/8 600 м [Cu med, cong]	+13.8	-3.1	31	+13	+13		998.3	971.1					
12	19.05	В	3	50 км		9/9 600 м [Sc]	+11.5	-3.2	36	+10	+10		998.1	970.7		+14.7			
15	19.05	В	3	20 км		8/8 600 м [Sc]	+9.4	-1.0	48	+8	+8		998.4	970.9					
18	19.05	В	2	20 км		6/6 600 м [Sc]	+7.3	-0.5	58	+6	+6		998.8	971.0					
21	19.05	СВ	3	50 км		6/6 600 м [Sc]	+7.3	-0.2	59	+5	+5		999.8	972.0					
00	20.05	СВ	5	50 км		ясно	+11.6	+0.3	46	+9	+13		1000.5	973.0	+5.6				
03	20.05	С	3	50 км		8/8 600 м [Cb cap]	+13.4	-2.2	34	+13	+15		1001.3	974.0					

Рисунок 9 – Архив погоды в с. Бердигестях

2.3 Выбор данных дистанционного зондирования Земли

Для определения индексов влажности и вегетации необходимо, чтобы КС имели информацию об отражении в зеленом, ближнем и среднем инфракрасных диапазонах электромагнитного спектра.

Спутники Sentinel-2 и Landsat-8 представляют собой ценный инструмент для оценки состояния растительности. Оба спутника оснащены мультиспектральными камерами, которые обеспечивают высококачественные данные о видимом и инфракрасном излучении. Данные спутники активно применяются для оценки состояния сельскохозяйственных угодий, в том числе водного стресса, а также состояния лесов и водных объектов.

Также для анализа показателей земной поверхности и состояния растительности используются спутники Terra и Aqua, обладающих сенсорами MODIS и ASTER. Однако данные MODIS имеют низкое пространственное разрешение (250 м), что является недостаточным для оценки пожароопасной обстановки. При этом данные ASTER имеют среднее пространственное

разрешение 15 м, но количество снимков является недостаточным для полноценного применения в исследовании [20].

Для расчета вегетационных и водных индексов был выбран спутник Sentinel-2. Данный спутник имеет оптимальную периодичность съемки и необходимые спектральные каналы. Был выбран уровень обработки Level-2A (L2A), т.к. предоставляет данные, прошедшие радиометрическую, геометрическую и атмосферную коррекцию [21].

В таблице 5 представлены технические характеристики съемочной аппаратуры Sentinel-2.

Таблица 5 – Технические характеристики съемочной аппаратуры Sentinel-2

№ канала	Обозначение канала	Длина волны, нм	Периодичность съемки, сутки	Пространственное разрешение, м
1	Coastal aerosol	442.3	5 – на экваторе, 2-3 – в средних широтах	60
2	Blue	492.1		10
3	Green	559		10
4	Red	665		10
5	Vegetation Red Edge	703.8		20
6		739.1		20
7		779.7		20
8	NIR	833		10
8a	Vegetation Red Edge	864		20
9	Water vapour	943.2		60
10	SWIR - Cirrus	1376.9		60
11	SWIR	1610.4		20
12	SWIR	2185.7	20	

Из спутников серии Landsat наиболее подходящим является Landsat-8, т.к. данные остальных спутников данного семейства предоставлены в недостаточном для исследования количестве [22].

Данные со спутника Landsat-8 поставляются один раз в 16 дней, поэтому они непригодны для оценки влагосодержания в растительности. При этом данный спутник имеет преимущество в виде термальных каналов (TIRS 1 – TIRS 2). Данные с этих каналов будут использоваться для анализа температуры поверхности Земли.

Был выбран уровень обработки Level-1 (L1), т.к. данный уровень

предоставляет данные, прошедшие радиометрическую и геометрическую коррекцию.

В таблице 6 представлены технические характеристики съемочной аппаратуры Landsat-8.

Таблица 6 – Технические характеристики съемочной аппаратуры Landsat-8

№ канала	Обозначение канала	Диапазон длин волн, нм	Периодичность съемки, сутки	Пространственное разрешение, м
1	Coastal aerosol	0.43 - 0.45	16	30
2	Blue	0.450 - 0.51		30
3	Green	0.53 - 0.59		30
4	Red	0.64 - 0.67		30
5	Near-Infrared	0.85 - 0.88		30
6	SWIR 1	1.57 - 1.65		30
7	SWIR 2	2.11 - 2.29		30
8	Panchromatic	0.50 - 0.68		15
9	Cirrus	1.36 - 1.38		30
10	TIRS 1	10.6 - 11.19		100
11	TIRS 2	11.5 - 12.51		100

2.4 Сервисы поиска спутниковых данных

Для оценки формирования пожароопасной обстановки требуется космические снимки в большом количестве и высоком разрешении.

В сети Интернете было отобрано пять сервисов, предоставляющих спутниковые данные:

- Sentinel Hub EO Browser [23];
- EOS Data Analytics Land Viewer [24];
- SearchКосмоснимки [25];
- USGS EarthExplorer [26];
- Copernicus Open Access Hub [27].

В таблице 7 представлено сравнение сервисов по пятибалльной шкале.

Таблица 7 – Сравнение сервисов поиска КС

Критерии оценки	Баллы				
	Sentinel Hub EO Browser	Land Viewer	SearchКосмоснимки	EarthExplorer	Copernicus Open Access Hub
Объем архива снимков	5	5	1	5	3
Инструменты обработки	5	4	0	0	0
Время ожидания снимков	5	4	3	2	4
Удобство работы	4	4	4	4	4
Стоимость сервиса	5	2	3	5	5
Надежность сервиса	4	4	5	5	4
Поддержка сервиса	4	4	5	4	5
Итого	32	27	21	25	25

По результатам сравнения для исследования был выбран сервис Sentinel Hub EO Browser, т.к. имеет необходимые для исследования космические снимки, широкий выбор инструментов для обработки КС и большой архив данных. Этот сервис прост в работе, не требует регистрации, установки ПО и платной подписки. При этом Sentinel Hub EO Browser позволяет вычислять индексы онлайн и экспортировать полученные данные для дальнейшего анализа.

Интерфейс данного сервиса представлен на рисунках 10-15.

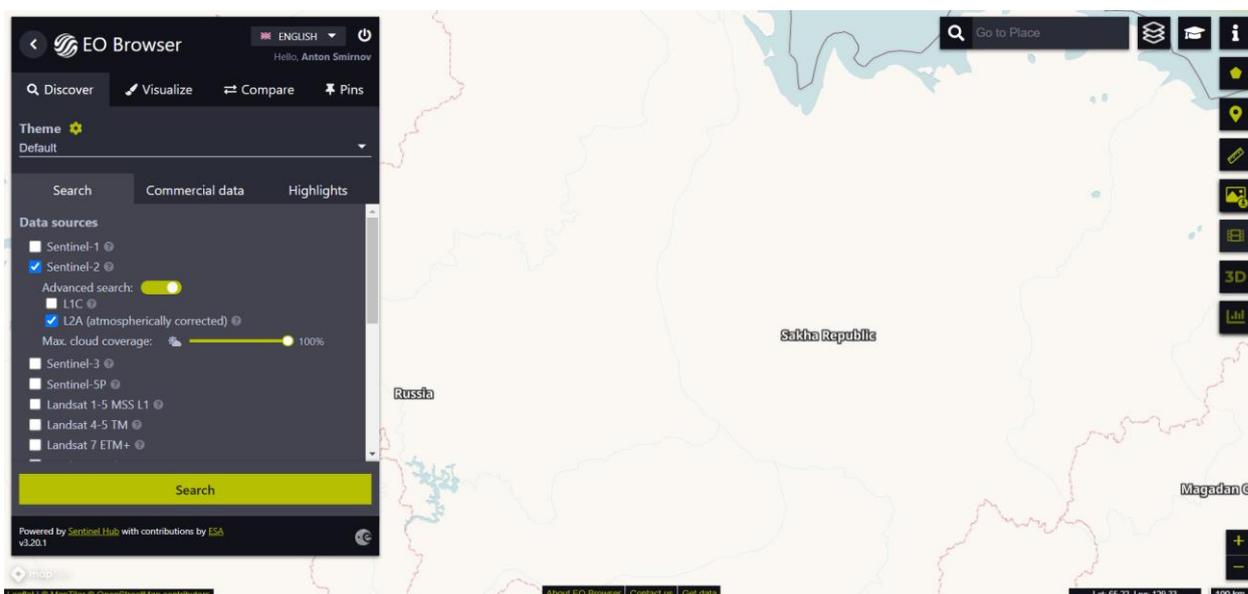
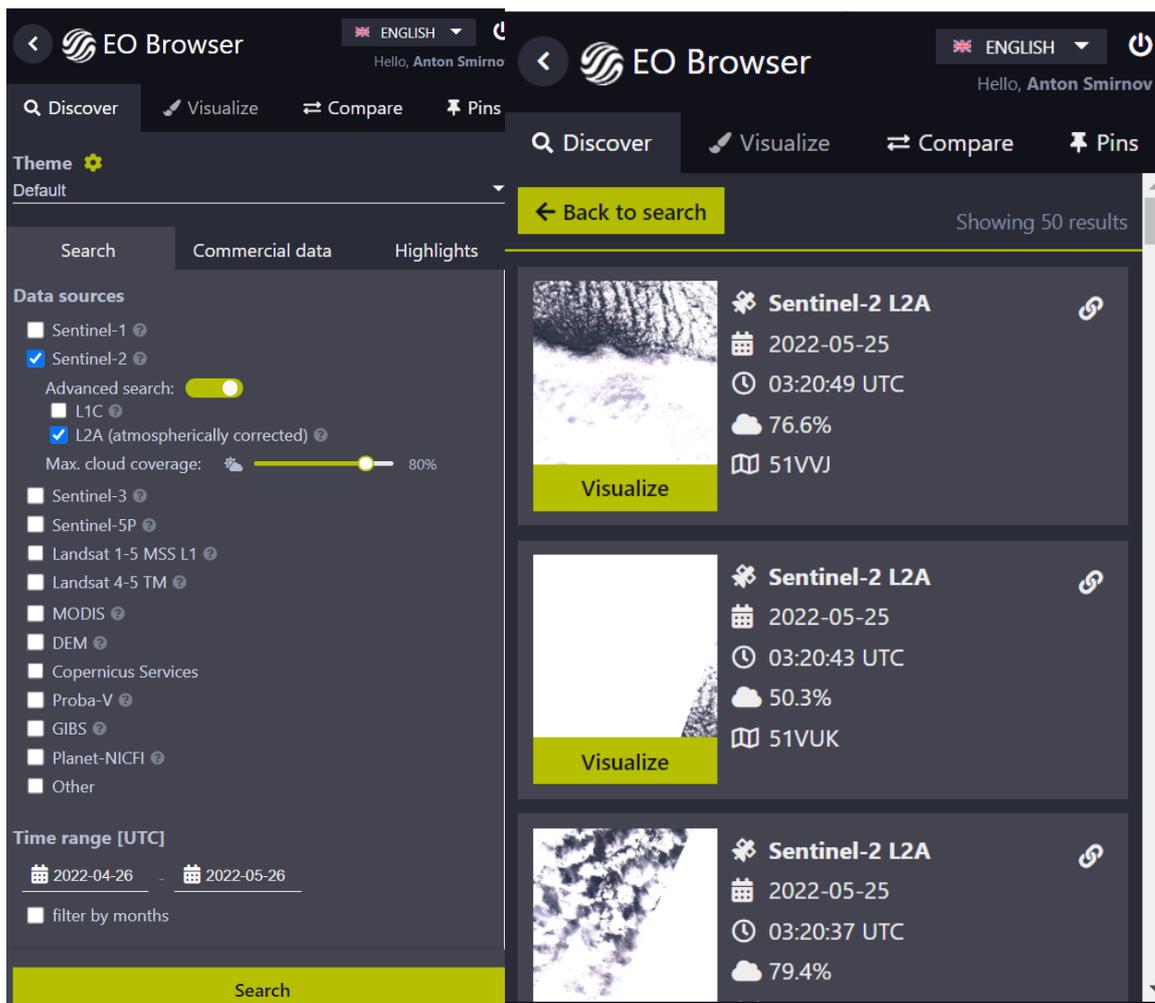


Рисунок 10 – Главный экран Sentinel Hub EO Browser



(a)

(б)

Рисунок 11 – Меню поиска снимков

Как видно на рисунке 11, сервис предоставляет возможность поиска снимков по спутнику и уровню обработки. Также доступна фильтрация по облачности и интервалу дат. Найденный снимки отображаются в отдельном окне. Сервис показывает дату и время съемки, уровень облачности и номер снимка.

Также сервис предоставляет возможность сравнивать снимки (рисунок 12).

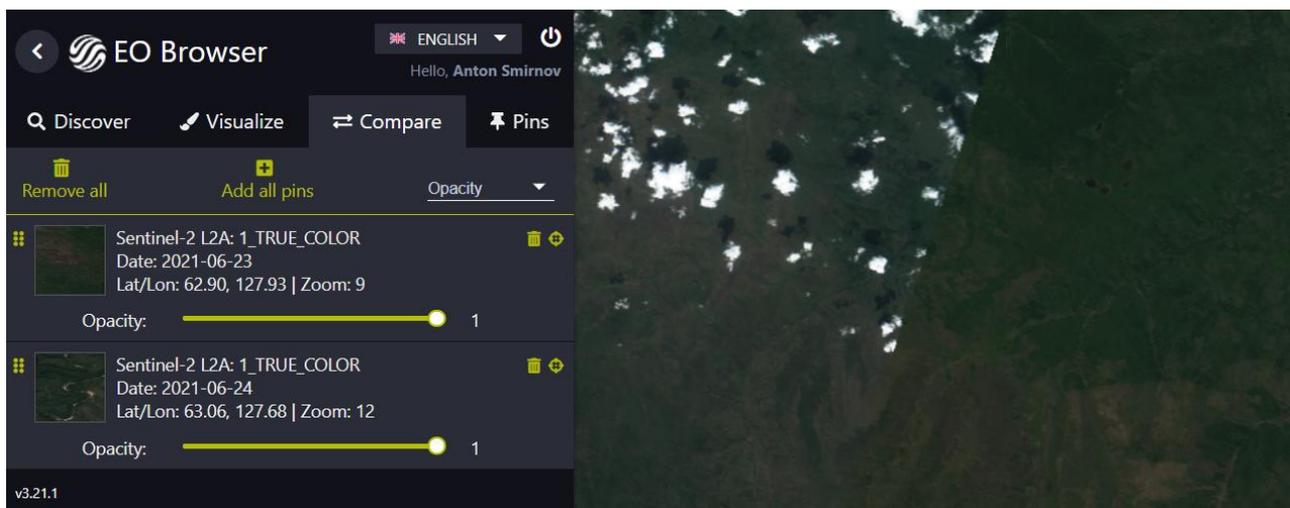


Рисунок 12 – Сравнение снимков

На рисунке 13 показано меню визуализации снимков. В этом разделе доступен выбор комбинаций каналов спутника, а также расчет вегетационных и водных индексов.

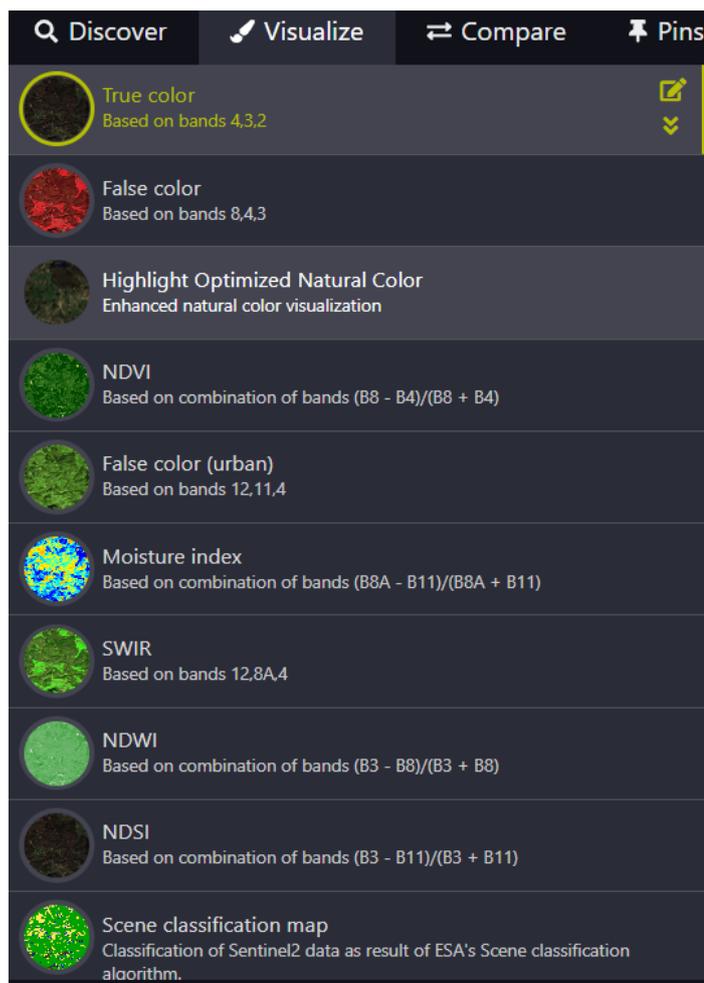


Рисунок 13 – Меню визуализации снимков

На рисунке 14 показана панель инструментов для работы с индексами и

другими данными. Панель содержит сверху-вниз: инструмент работы с площадными объектами, добавление меток, линейка, сохранение снимка, создание анимации, выбора режима отображения (2D или 3D) и построение гистограмм.

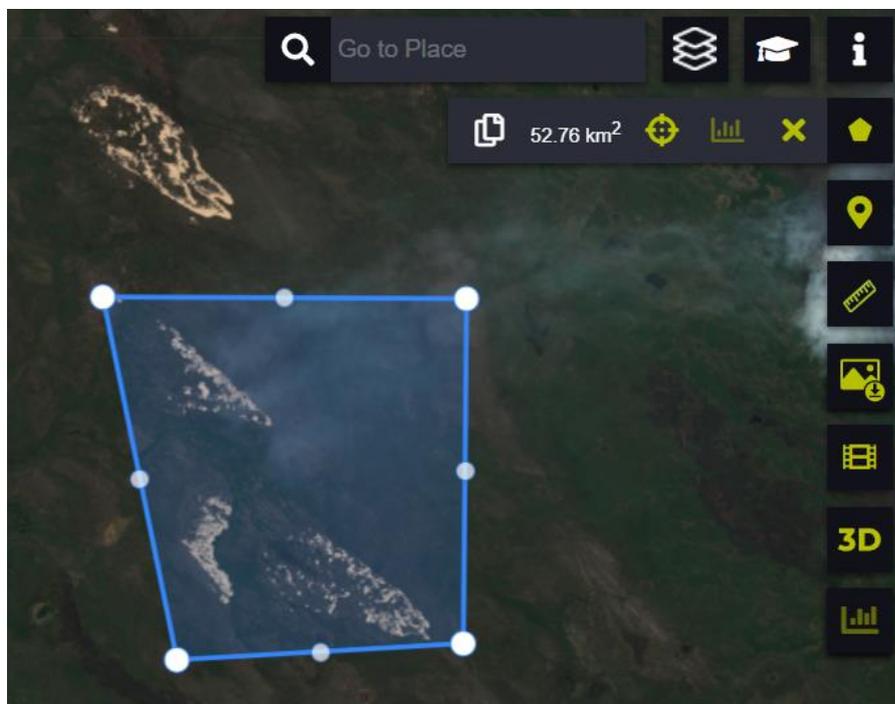


Рисунок 14 – Панель инструментов

На рисунке 15 показан график изменения значения индекса NDVI на выбранном участке с возможностью экспорта в CSV.



Рисунок 15 – Статистика NDVI

2.5 Анализ структуры растительного покрова

Для анализа структуры растительного покрова на местах оценки пожароопасной обстановки был использован сервис Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) ВЕГА-PRO [28].

Сервис имеет ограниченную по функционалу и данным бесплатную демонстрационную версию.

ВЕГА-PRO предоставляет спутниковые данные, данные о состоянии растительности, в том числе сельскохозяйственных угодий, лесных пожарах, а также метеоданные, и инструменты по работе с ними. Данные о составе растительности на территории РФ предоставляются в виде тематической проклассифицированной карты с легендой (рисунок 16).

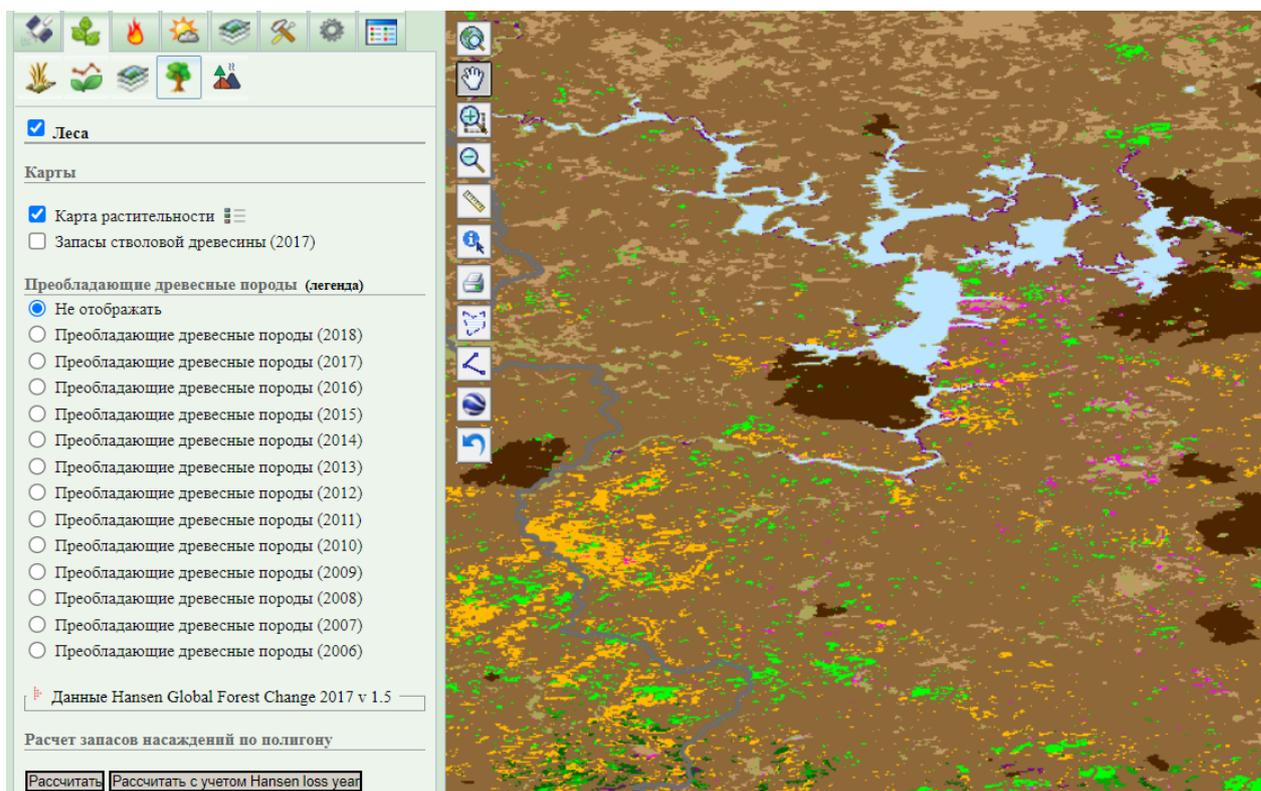


Рисунок 16 – Карта растительности ВЕГА-PRO

3 Объект исследования и используемые данные

3.1 Объект исследования

Для анализа предпожарной обстановки с помощью сервиса поиска пожаров FIRMS были рассмотрены регионы России, на которых происходили лесные пожары летом 2021 года.

Для исследования требовалось сопоставить места пожаров и имеющиеся спутниковые снимки по данным критериям:

- КС охватывает область пожара;
- низкая облачность над очагом пожара;
- регулярность съемки на протяжении месяца до возникновения пожара.

Были выбраны четыре очага возгорания и два фоновых участка неподалеку от мест возгорания для сравнения показателей с областями, где произошел пожар.

В результате в качестве объекта исследования были выбраны шесть участков в Республика Саха (Якутия) (таблица 8).

Таблица 8 – Исследуемые участки

№	Дата возгорания	Тип	Координаты	Район
1	19.06.2021	Место возгорания	63.3962 с.ш., 127.8198 в.д.	Кобяйский улус
2	22.06.2021	Место возгорания	62.7192 с.ш., 127.9506 в.д.	Горный улус
3	23.06.2021	Место возгорания	63.401 с.ш., 128.28 в.д.	Кобяйский улус
4	24.06.2021	Место возгорания	63.0394 с.ш., 127.6974 в.д.	Горный улус
5	-	Фоновый участок	62.9077 с.ш., 128.5977 в.д.,	Намский улус
6	-	Фоновый участок	62.4599 с.ш., 127.8751 в.д.,	Горный улус

На рисунке 17 представлены вышеперечисленные точки возникновения очагов возгорания (красным цветом) и фоновые участки (голубым цветом) в сервисе My Maps от Google. Нумерация точек соответствует нумерации элементов в таблице 8.

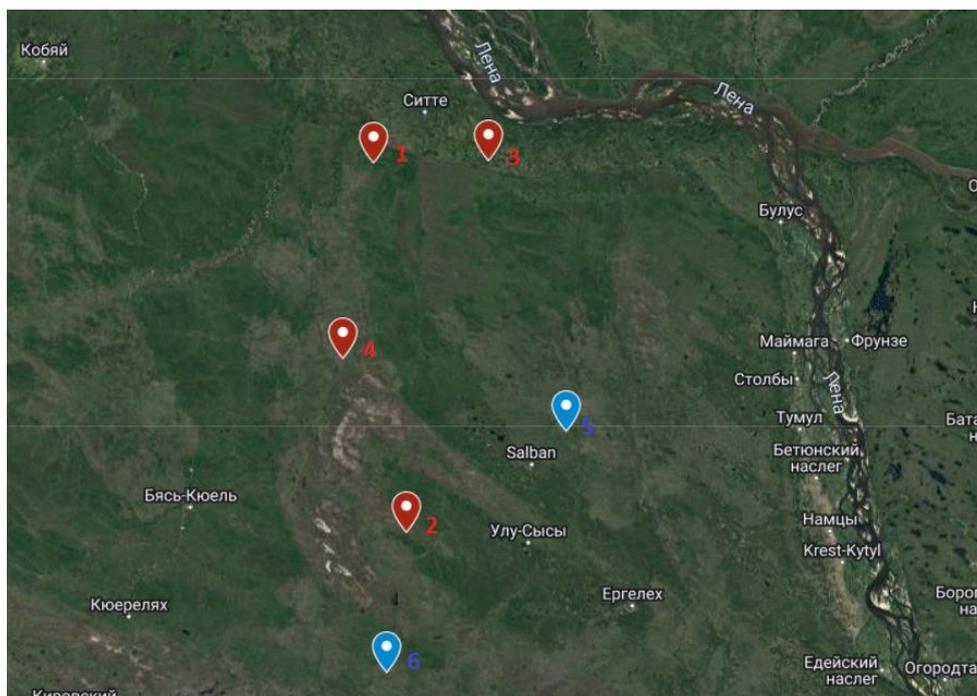


Рисунок 17 – Точки возгорания и фоновые точки

Данные участки расположены на Центрально-Якутской равнине. С помощью сервиса ВЕГА-ПРО был произведен анализ состава растительности на местах оценки пожароопасной обстановки. Данные о составе растительности представлены в виде тематической проклассифицированной карты с легендой. Фрагмент карты исследуемой территории изображен на рисунке 18.

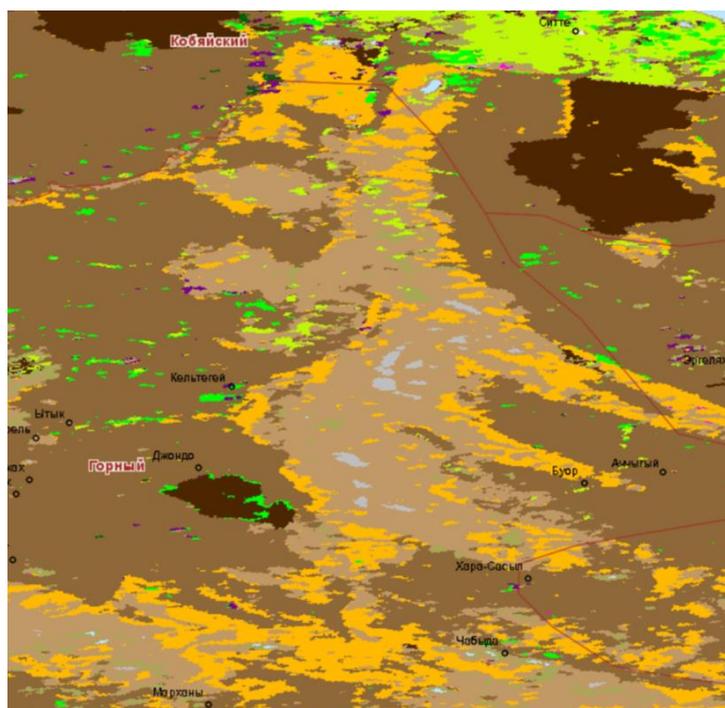


Рисунок 18 – Карта растительности Горного и Кобяйского улусов

На рисунке 19 приведена легенда карты растительности сервиса ВЕГА-PRO.

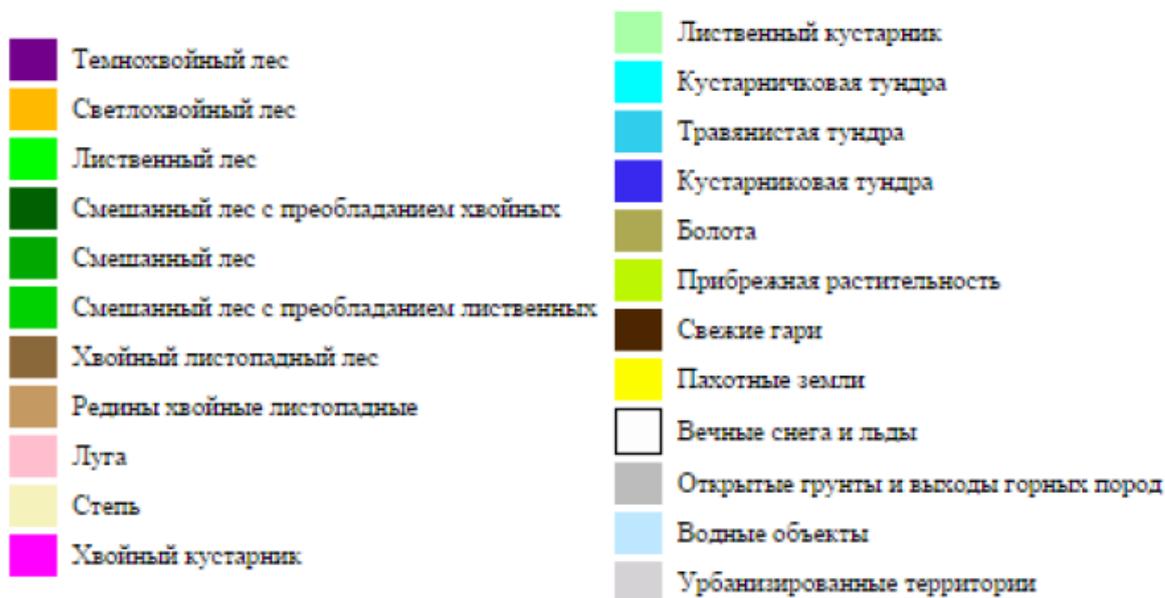


Рисунок 19 – Легенда карты растительности

С помощью сервиса ВЕГА-PRO исследуемый фрагмент карты был экспортирован в файл KMZ, после чего импортирован в сервис Google Earth как показано на рисунке 20.

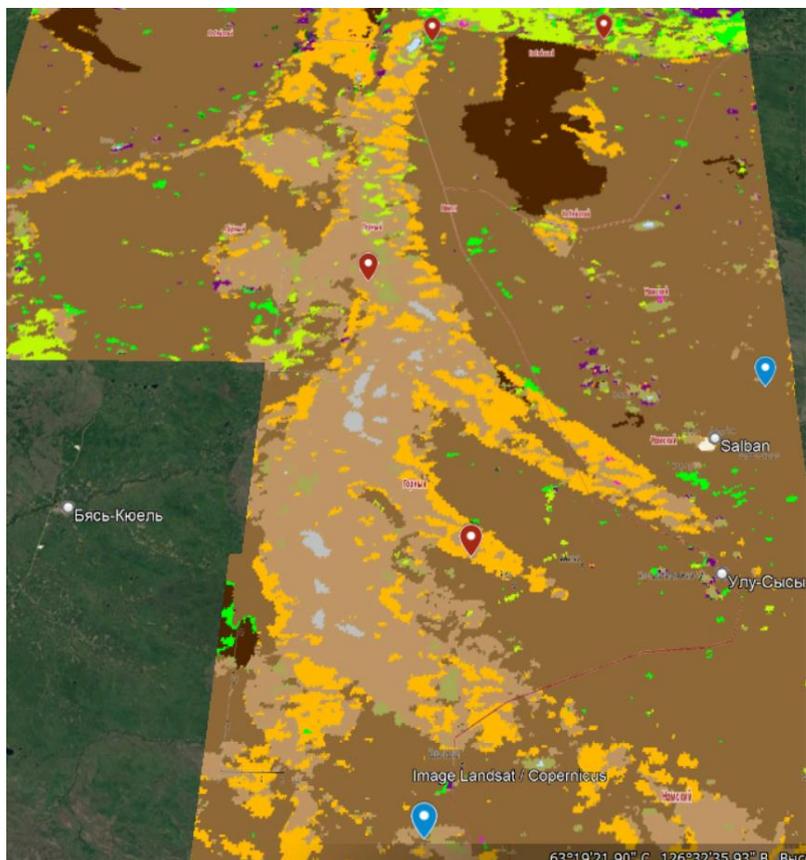


Рисунок 20 – Карта растительности в сервисе Google Earth

Было выявлено, что на каждом из выбранных участков произрастает хвойный листопадный лес. Территория покрыта лиственничными и лиственнично-сосновыми лесами с вкраплениями берёзовых лесов и луговых степей.

3.2 Используемые данные

В исследовании были использованы космические снимки Sentinel-2 Level-2A и Landsat-8 Collection 2 Level-1.

Отбор космических снимков осуществлялся с помощью сервиса Sentinel Hub EO Browser (рисунок 21). Поиск снимков выполнялся с помощью многоугольника, вершинами которого являлись очаги возгорания и фоновые участки.

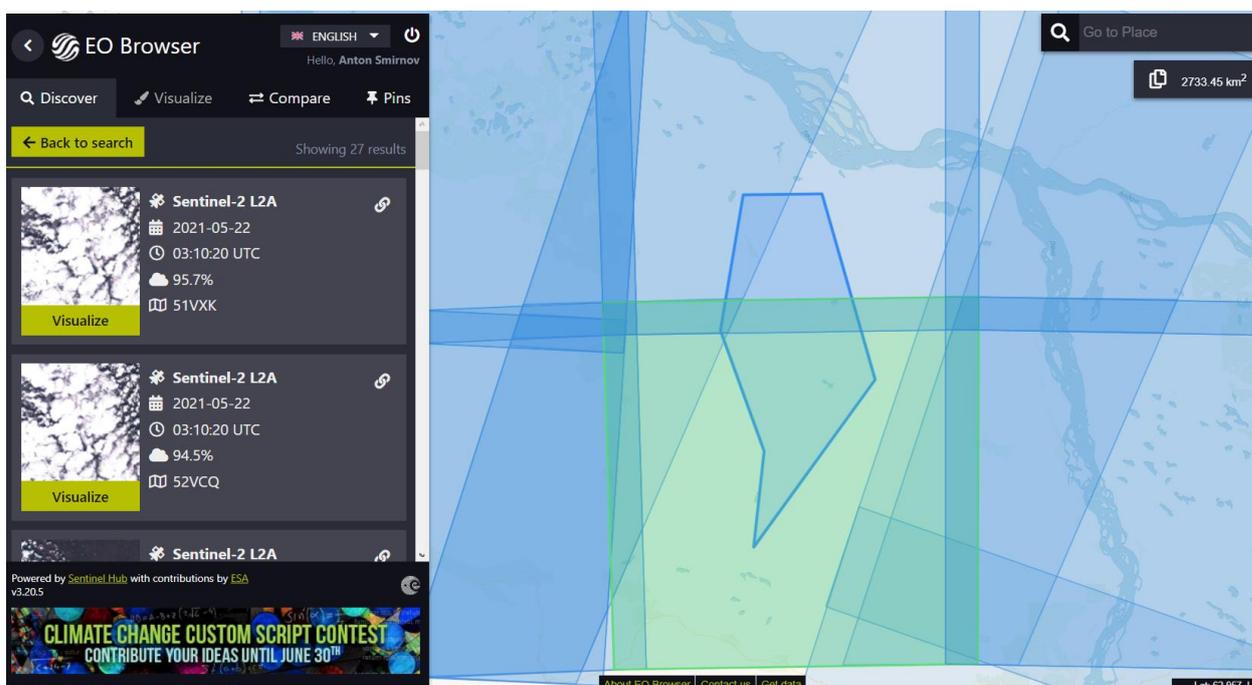


Рисунок 21 – Поиск снимков в сервисе Sentinel Hub EO Browser

В таблицах 9 и 10 представлены список используемых снимков со спутников Sentinel-2 и Landsat-8 соответственно.

Таблица 9 – Список используемых снимков Sentinel-2 Level-2A

Дата	UTM/WGS84						UTC, часы:минуты						Облачность, %					
	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2
19.05.2021	-	52VDQ	-	52VDQ	-	52VDQ	-	03:10	-	03:10	-	03:10	-	63.6	-	63.6	-	63.6
22.05.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	12.8	8.5	12.8	8.5	8.5	8.5
29.05.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	29.6	49.6	29.6	49.6	49.6	49.6
03.06.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	24.3	3.2	24.3	3.2	3.2	3.2
08.06.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	41.5	7.7	41.5	7.7	7.7	7.7
11.06.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	0	0	0	0	0	0
14.06.2021	52VDR	-	-	52VDR	-	-	03:19	-	-	03:19	-	-	40.3	-	-	40.3	-	-
16.06.2021	52VDR	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	3.4	12.3	3.4	12.3	12.3	12.3
19.06.2021	52VDR	-	-	52VDR	-	-	03:19	-	-	03:19	-	-	9.2	-	-	9.2	-	-
21.06.2021	-	52VDQ	52VDR	52VDQ	52VDQ	52VDQ	-	03:10	03:10	03:10	03:10	03:10	-	0	1.1	0	0	0
23.06.2021	-	-	-	52VDQ	52VDQ	52VDQ	-	-	-	03:00	03:00	03:00	-	-	-	11.7	11.7	11.7
24.06.2021	-	-	-	52VDR	-	-	-	-	-	03:19	-	-	-	-	-	47.3	-	-

Таблица 10 – Список используемых снимков Landsat-8 C2 Level-1

Дата	Path/Row						UTC, часы:минуты						Облачность, %					
	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2	У.1	У.2	У.3	У.4	Фон 1	Фон 2
03.06.2021	123/16						02:46						8.6					
10.06.2021	124/16	-	124/16	124/16	-	-	02:53	-	02:53	02:53	-	-	0	-	0	0	-	-
19.06.2021	123/16						02:47						4.9					

Как видно из таблиц 9 и 10, было найдено 12 подходящих снимков со спутника Sentinel-2 и 3 снимка со спутника Landsat-8. Малое количество снимков Landsat-8 можно объяснить низкой периодичностью съемки и высокой облачностью за выбранный период.

На рисунке 22 приведен используемый снимок со спутника Sentinel-2 L2A от 11.06.2021.



Рисунок 22 – Снимок Sentinel-2 перед началом пожаров

Далее были созданы площадные маски для мест возгораний и фоновых областей с целью получения значений индексов и температуры поверхности Земли (рисунок 23).

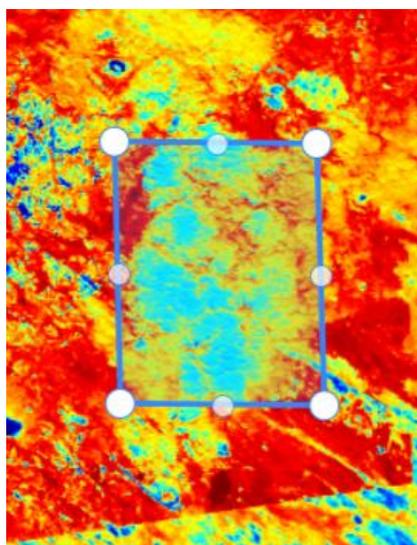


Рисунок 23 – Площадная маска NDMI в области возгорания

После этого был включен режим отображения значений NDMI в панели управления. Были получены показатели индекса с помощью кнопки «Статистика» (рисунок 24).

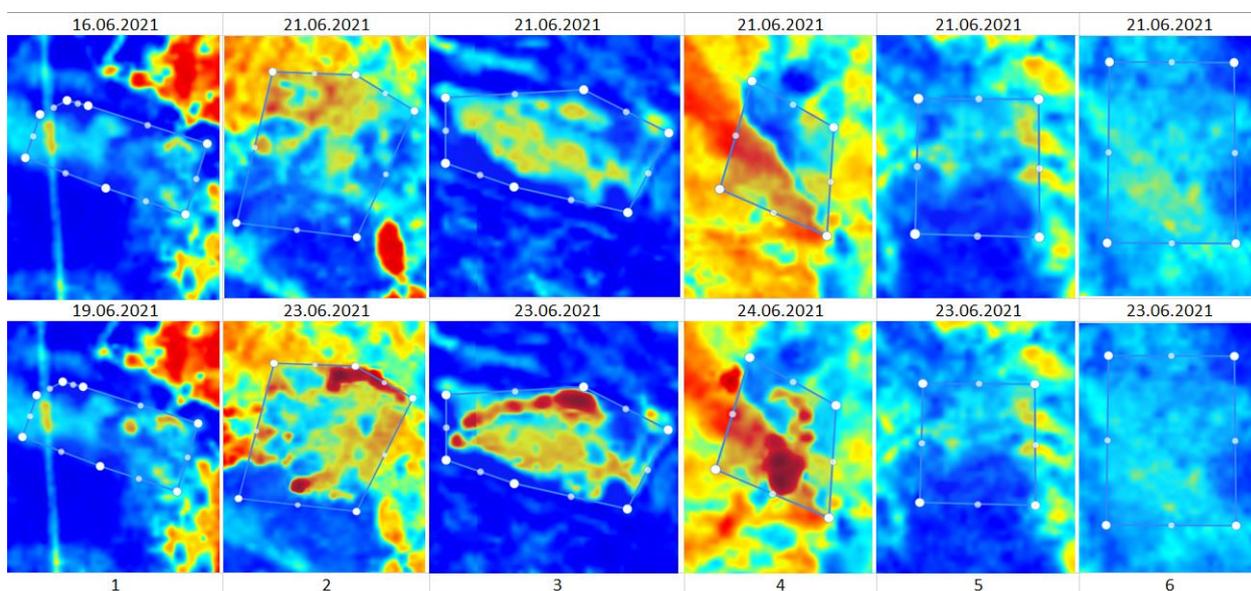


Рисунок 24 – Фрагменты карты индекса NDMI

На рисунке 24 цифры в подписи соответствуют номерам участков. На верхнем ряду расположены снимки областей за несколько дней до возгорания, а на нижнем – в момент возгорания. В случае фоновых участков на верхнем ряду находятся снимки областей за несколько дней до конца выбранного временного промежутка, а на нижнем – в конце временного промежутка.

Полученные значения индексов NDMI, NDWI и NDVI для всех областей были выгружены в файлы CSV для дальнейшего анализа и представлены в таблице А.1.

Для получения показателей погодной обстановки на выбранных участках были просмотрены и выбраны метеостанции, находящиеся вблизи всех очагов пожаров и фоновых участков. Для этого с портал «Действующие метеорологические станции сети Росгидромета» был получен файл, содержащий список метеостанций на территории Республики Саха. Далее с помощью сервиса Конструктор Карт Яндекса данные станции были отображены на карте (рисунок 25) [29].

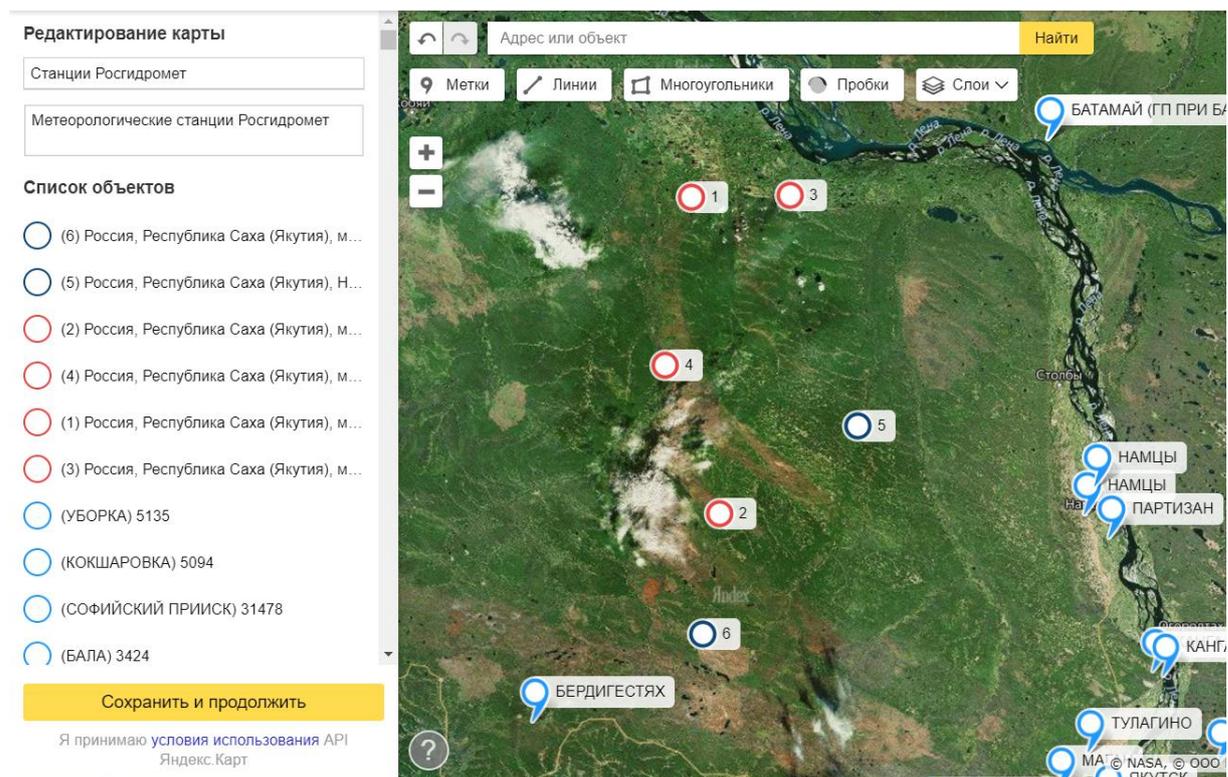


Рисунок 25 – Метеостанции Росгидромета вблизи очагов возгорания

В результате были найдены ближайшее к выбранным участкам метеостанции. Ближайшей к участкам 2, 4 и 6 оказалась метеостанция, расположенная в с. Бердигестях (расстояние 47-91 км), к участку 5 – в с. Намцы (расстояние 58 км), к участкам 1 и 3 – п. Сангар (расстояние 64-74 км).

Станция в с. Бердигестях находится на расстоянии 47 км до фонового участка и 68 км до очага возгорания, что повышает шансы на получение достоверных данных по осадкам и температуре.

Далее с помощью веб-портал «Погода и климат» были получены необходимые данные, собираемые метеорологической станцией (максимальная температура воздуха, температура точки росы и количество осадков) (рисунок 26).

Архив погоды в Намцах (Якутия, Россия)																	
Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)	Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Te (C)	Tes (C)	Комфортность	P (гПа)	Po (гПа)	Tmin (C)	Tmax (C)	R (мм)	R24 (мм)	S (см)
09	4.05	ЮВ 2	50 км		10/10 1500 м [Sc]	+5.7	-3.2	53	+4	+4		1002.6	991.7				
12	4.05	В 1	50 км		9/3 1500 м [Sc Ac trans Ci fib]	+3.6	-2.5	64	+3	+3		1003.2	992.2	+6.8			
15	4.05	СЗ 1	50 км		6/0 [Ac trans Ci fib]	+0.5	-2.4	81	-1	-1		1003.0	991.9				
18	4.05	С 2	50 км		10/0 [Ac As]	+0.5	-0.8	91	-3	-3		1001.8	990.7				
21	4.05	С 3	50 км		10/0 [Ac As]	+1.5	+0.4	92	-3	-3		1000.8	989.7				
00	5.05	С 4	20 км	слаб. дождь	10/8 800 м [St Ac As]	+2.5	-0.5	81	-2	-2		1000.3	989.3	+0.4	0.0		5
03	5.05	С 3	20 км	слаб. дождь	10/10 300 м [Fmb]	+2.0	+0.7	91	-2	-2		1000.7	989.7				
06	5.05	С 3	20 км	слаб. дождь	10/10 570 м [Fmb]	+3.7	+1.5	86	-0	-0		1001.4	990.4				
09	5.05	СЗ 4	50 км	{дождь}	10/0 [Ac As]	+5.5	-5.1	46	+2	+3		1002.6	991.7				

Рисунок 26 – Архив погоды в с. Намцы

Поиск данных осуществлялся по номеру станции в системе Росгидромета и промежутку времени наблюдений. Полученные данные были добавлены в таблицы А.2 и А.3.

Далее был выполнен анализ полученных значений индексов NDVI, NDWI и NDMI и метеорологических показателей на исследуемых участках.

4 Анализ результатов и методика оценки пожароопасной обстановки

4.1 Оценка пожароопасной обстановки

Полученные значения NDMI, NDWI, NDVI, максимальной температуры воздуха, температуры поверхности Земли и количества выпавших осадков для каждого участка представлены в таблицах А.1 и А.2, где $T_{\text{п}}$ – температура поверхности Земли в °С, $T_{\text{в}}$ – максимальная температура воздуха в °С, W – количество выпавших осадков в мм.

Для анализа полученных результатов значения индексов по дням были представлены в виде линейных графиков с линиями тренда линейного типа (рисунки 27-29). Был выбран период с 19.05.2021 до 24.06.2021. Графики 1-4 соответствуют участкам, где произошли возгорания, 5 и 6 – фоновым участкам.

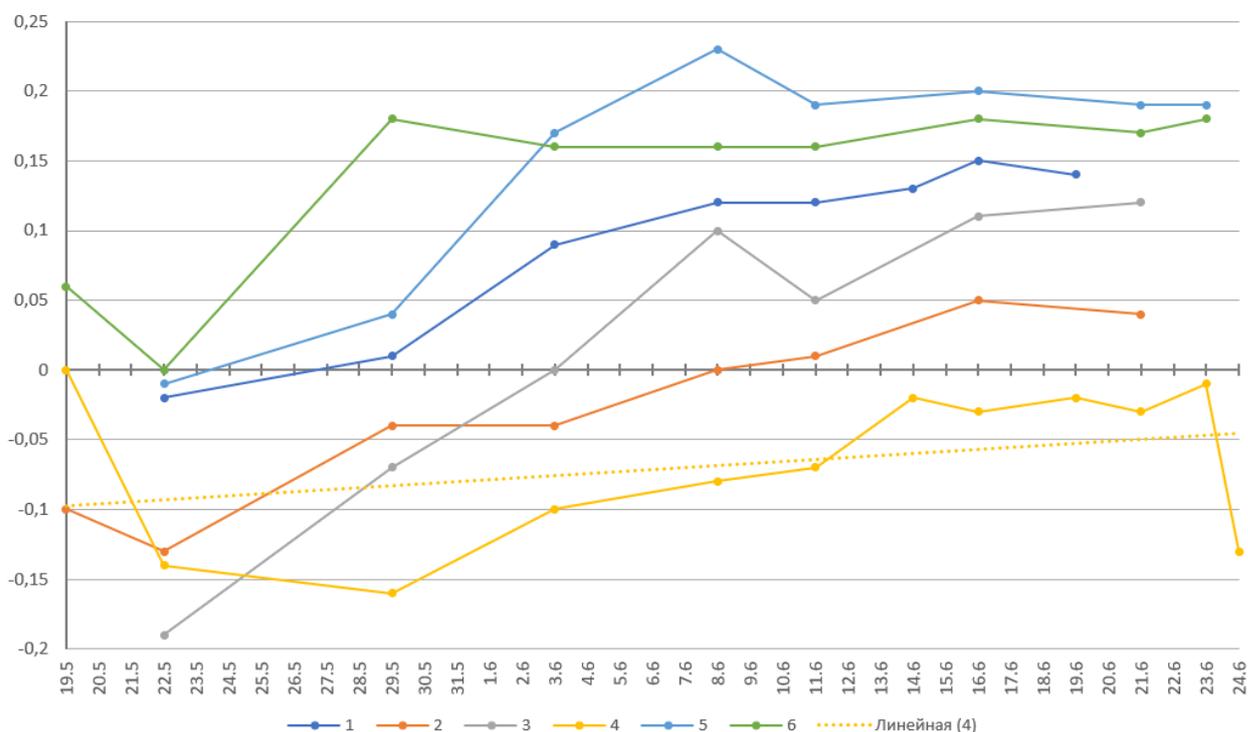


Рисунок 27 – График изменения NDMI

По графику на рисунке 27 можно отметить, что показатели NDMI для всех областей соответствуют водному стрессу растительности, т.к. находятся в пределах от -0,19 до 0,23. Участки 2 и 4 – густота растительного покрова ниже среднего, 1, 3, 5 и 6 – средняя густота растительного покрова. В большей

степени это относится для участков 1-4, где в дальнейшем произойдет возгорание. Значения индекса колеблются в промежутке от -0,13 до 0,14 к моменту возгорания для областей 1-4. Также стоит отметить, что за несколько дней до возгорания значения индекса было относительно стабильно. Необходимо отметить, что в некоторых случаях значения индекса NDMI участков 1-4 поднимается до уровня 0-0,15. Это связано с благоприятной погодной обстановкой. В эти дни наблюдалась относительно низкая температура и выпадение осадков. Данные факты свидетельствуют о размытости границ определения растительности и ее стрессового состояния по NDMI.

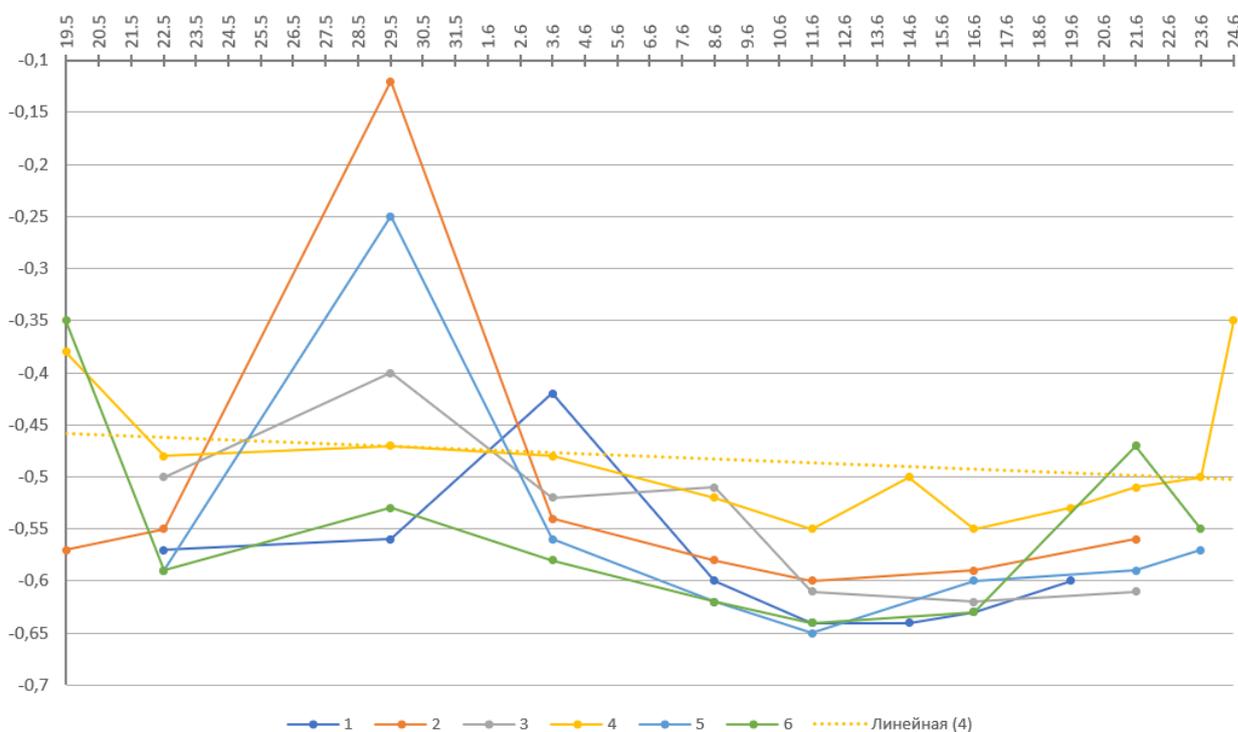


Рисунок 28 – График изменения NDWI

График значений NDWI, изображенный на рисунке 28, показывает, что показатели NDWI для каждой из областей соответствуют растительности, т.к. растительность принимает значения меньше нуля. Большие колебания индекса связаны с выпадением осадков – с ростом влаги индекс повышался. К моменту возгорания значения индекса составляло от -0,61 до -0,35 для участков 1-4. Можно отметить плавный восходящий тренд к моменту возгорания для всех участков, что говорит о снижении влаги в растительности.

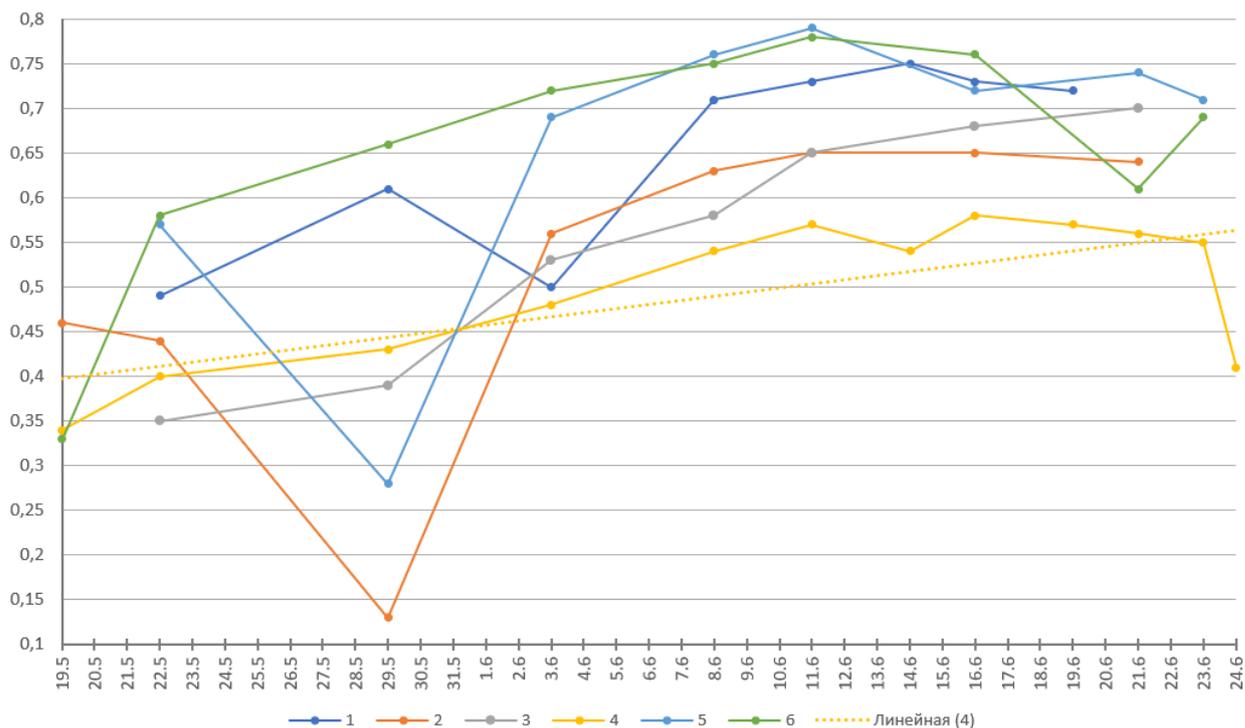


Рисунок 29 – График изменения NDVI

Судя по графику, изображенному на рисунке 29, показатели NDVI для областей 1-4 находятся в промежутке от 0,41 до 0,72 к моменту возгорания. С учетом того, что значения индекса от 0,1 до 0,2 соответствуют бесплодной почве, а значения от 0,2 до 1 соответствуют растительности, можно судить о том, что все участки относятся к растительности. Можно предположить, что на данных участках произрастает здоровый лес. Однако для участков 1, 4 и 6 можно отметить снижение индекса к моменту возгорания, что говорит о снижении влаги в деревьях.

Для более детального анализа факторов, формирующих пожароопасную обстановку, были построены графики температуры поверхности земли, температуры воздуха и диаграмма осадков (рисунки 30-32). Был выбран промежуток 19.05.21-24.06.21 для анализа температуры воздуха и осадков и 3.06.2021-19.06.2021 для температуры поверхности земли. Графики 1-4 соответствуют участкам, где произошли возгорания, 5 и 6 – фоновым участкам.

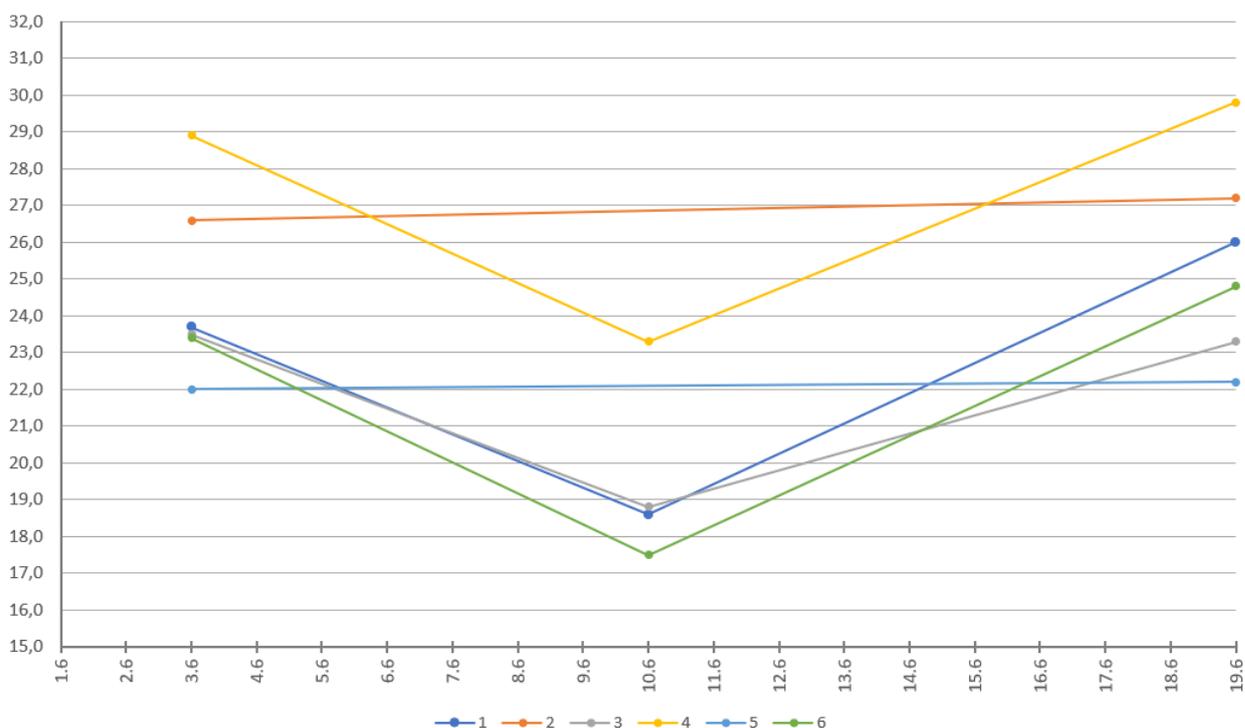


Рисунок 30 – График изменения температуры поверхности Земли

По рисунку 30 видно, что за выбранный период имело место повышение средней температуры поверхности земли, достигнув максимальное значение к моменту возгорания 19.06 (23,3-29,8 для участков 1-4). При чем участки 1-4, где произошло возгорание, имели в среднем более высокую температуру, чем фоновые участки. Повышение температуры земли связано с повышением температуры воздуха (с 12.06 до момента возгорания температура воздуха только росла), а также низким уровнем осадков начиная с 12.06.



Рисунок 31 – График изменения температуры воздуха

Из рисунка 31 видно, что имел место тренд на повышение температуры с 13.06 для всех участков. Для участков 2, 4 и 6 к моменту возгорания макс. температура воздуха составляла 34,4-35,6 °С, а для участков 1 и 3 – 29 и 31,7 °С соответственно. Можно заметить, что с 22.06 температура воздуха начала постепенно снижаться для всех участков. Однако, возгорание 23.06 на участке 4 всё равно произошло, т.к. температура воздуха оставалась на высоком уровне – 34,4 °С. Резкое снижение температуры 24.06 связано с выпадением осадков.

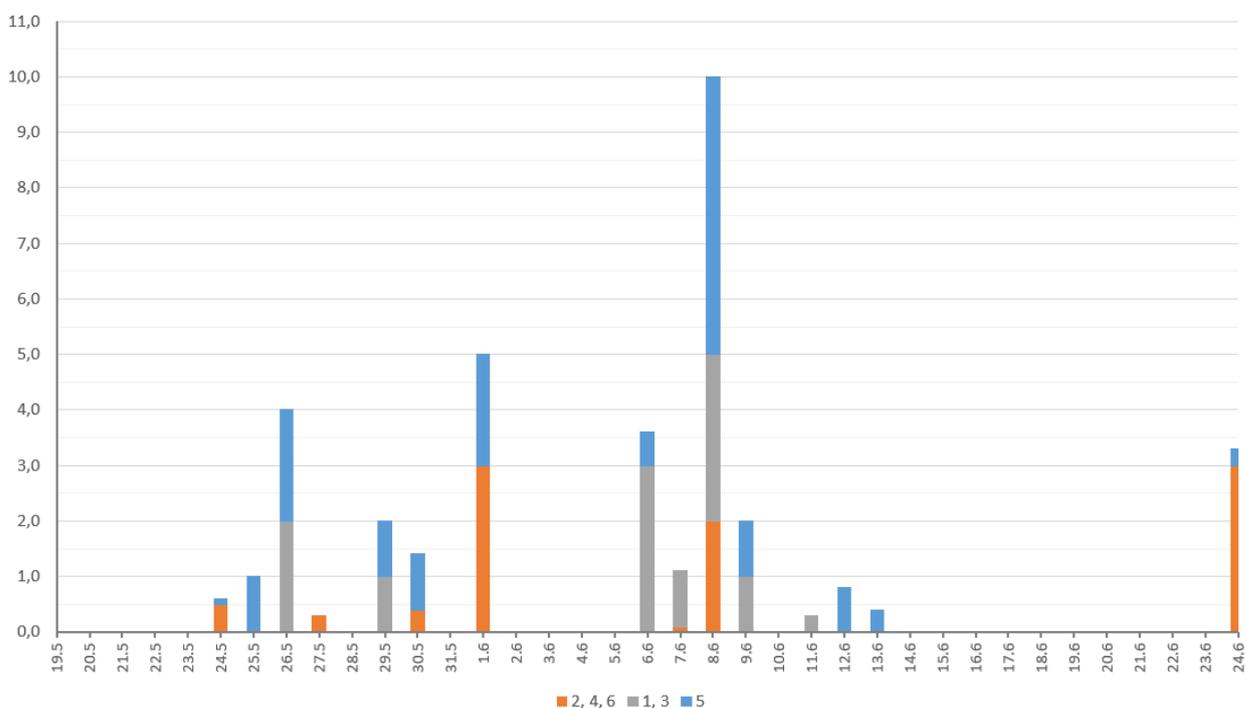


Рисунок 32 – Диаграмма осадков в мм

Из рисунка 32 видно, что начиная с 10.06 и до момента возгорания осадки выпадали крайне редко (два раза на фоновом участке 5, один раз на месте возгорания – участки 1 и 3) и в малом количестве (меньше 1 мм). В то же время из рисунков 30 и 31 видно, что тренды температуры поверхности земли и воздуха постепенно возвышались. Ко дню возгорания воздух прогрелся до 29-35,6 °С, достигнув пикового значения для участков 1-3, что говорит о недостаточности выпавших осадков для восстановления растительности в условиях постоянно повышающейся температуры воздуха и поверхности земли. Также стоит отметить, что на фоновых участках 5 и 6 более здоровая растительность способствует более медленному прогреванию поверхности.

Суммируя всю вышеприведенную информацию: области 1-4 имели значения индексов NDMI, NDWI и NDVI в промежутках (-0,01; 0,14), (-0,61; -0,5), (0,41; 0,72) к моменту возгорания соответственно, что в отличие от значений этих индексов для областей 5 и 6, которые принимали значения около 0,19, -0,47, 0,74 говорит о том, что растительность на областях 1-4 испытывает водный стресс. Температура воздуха и поверхности земли равнялась 29-35,6 °С к концу выбранного временного промежутка для

областей 2, 4 и 6. Осадки на областях 1-6 были не значительные начиная с 10.06, учитывая постоянное увеличение температур воздуха и поверхности земли и отсутствие резких перемен в сторону здоровой растительности в значениях индексов. Данные показатели свидетельствуют о формировании пожароопасной обстановки на областях 1-4.

На области 1 пожар произошел 19.06.2021, температура воздуха и поверхности земли к этой дате были от 26 до 29 °С, а значения индексов показывали одни из лучших значений среди областей возгорания 1-4. Возникновение пожара на области 1 раньше всех остальных случаев можно объяснить близким расположением дороги на расстоянии около 100 м, что могло привести к поджогу. Также на возникновение возгорания повлияло близкое расположение прошлогодних гарей на расстоянии 250 м. На рисунке 33 маркером обозначено место возгорания, синей областью выделены гари и красной линией дорога.

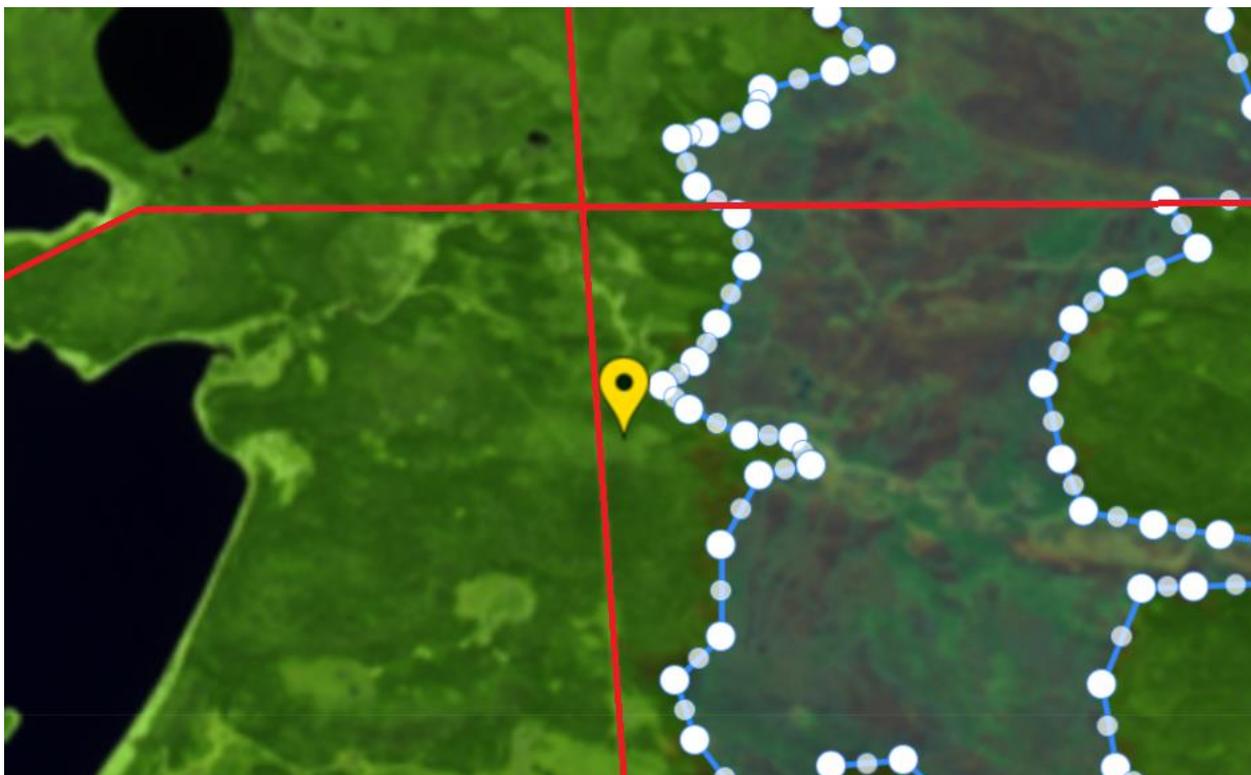


Рисунок 33 – Область 1 на карте

Рассмотрим область 2, где произошло возгорание 22.06.2021 вслед за первым пожаром (рисунок 34). Температура воздуха и поверхности земли к этой дате были от 27,2 до 35,6 °С, а значения индексов показывали результаты

хуже, чем в областях 1, 3, 5 и 6. Также недалеко от места возгорания проходят две дороги, ближайшая из которых находится на расстоянии 900 м, а на расстоянии 550 м расположены прошлогодние гари.

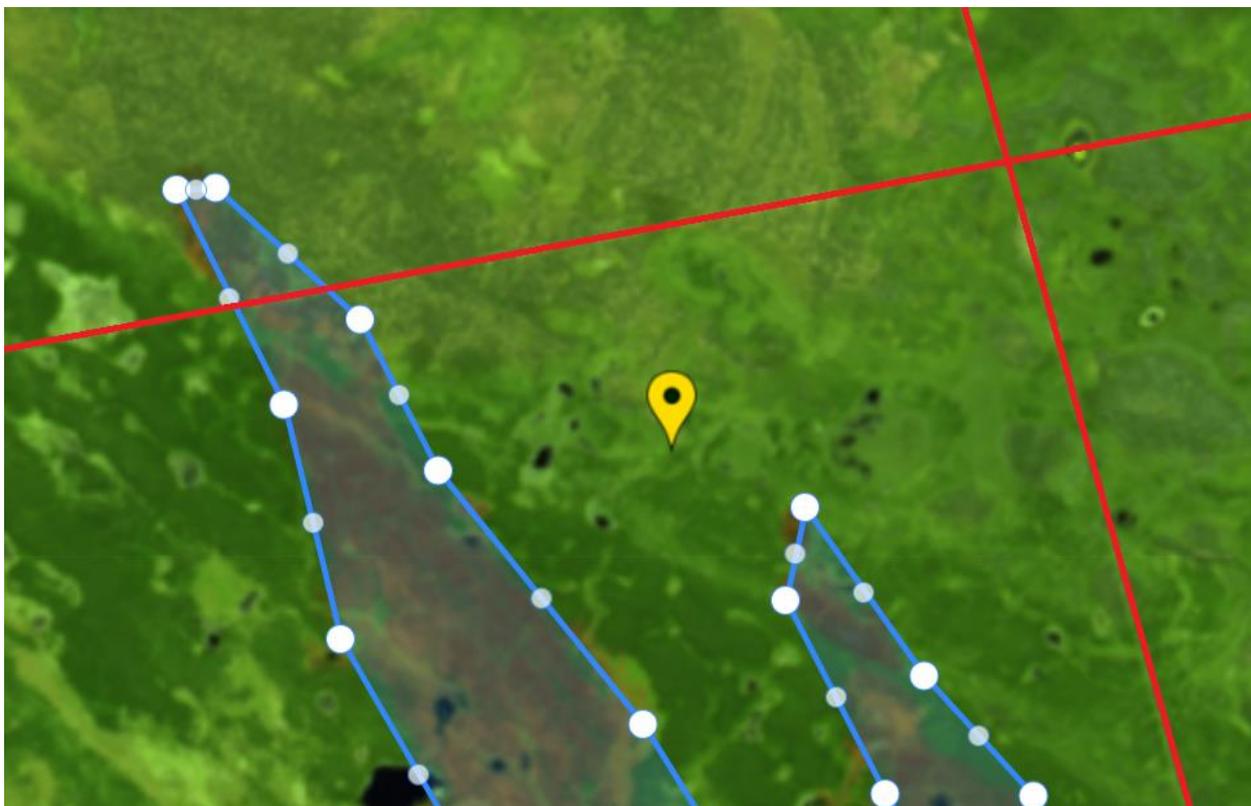


Рисунок 34 – Область 2 на карте

На областях 5 и 6 температура воздуха доходит до 34 °С, однако температура поверхности земли не доходит и до 25 °С, а значения индексов свидетельствуют о расположении в областях 5 и 6 здоровой растительности. Также возле данных областей отсутствуют дороги, сельхозугодия и прошлогодние гари. В связи с этими факторами пожароопасная обстановка на областях 5 и 6 при таких данных не может быть сформирована.

4.2 Сравнение оценки пожароопасности со значениями индекса Нестерова

Для оценки эффективности полученных результатов был произведен подсчет индекса Нестерова по формуле 1 для областей 2, 4 и 6 с помощью данных с метеорологической станции в с. Бердигестях (G_B), для областей 1 и 3 – в п. Сангар (G_C) и для области 5 – в с. Намцы (G_H). Метеоданные для

вычисления индекса представлены в таблице А.3.

Известно, что индекс Нестерова обнуляется, если на просматриваемой территории выпали осадки в количестве больше 2,5 мм. Поэтому расчет производился начиная с первого сухого дня после дождя и до момента возгорания. В с. Бердигестях 01.06.2021 выпало 3 мм осадков, поэтому $G_{Б1}$ был рассчитан с 02.06.2021 по 22.06.2021 для области 2, а $G_{Б2}$ с 02.06.2021 по 23.06.2021 для областей 4 и 6. По тем же причинам $G_{С1}$ был рассчитан с 09.06.2021 по 19.06.2020 для области 1, а $G_{С2}$ с 09.06.2021 по 23.06.2020 для области 3. Индекс G_H для области 5 был рассчитан с 09.06.2021 по 23.06.2021.

$$G_{Б1} = 19,8 \times 19,9 + 21 \times 10 + 25,3 \times 17,72 + 25,7 \times 22,2 + 12,5 \times 6,9 + 16,4 \times 17,7 + 16,4 \times 7,6 + 9 \times 4,3 + 13 \times 9,6 + 17,7 \times 13,5 + 10,6 \times 5 + 16,2 \times 11,1 + 18,1 \times 16,4 + 20,6 \times 17,2 + 19,3 \times 10,5 + 22,2 \times 15,6 + 18,7 \times 5,3 + 22,7 \times 7,9 + 27,6 \times 15,2 + 29,3 \times 19,5 + 26 \times 10,5 = 5501,76$$

$$G_{Б2} = 19,8 \times 19,9 + 21 \times 10 + 25,3 \times 17,72 + 25,7 \times 22,2 + 12,5 \times 6,9 + 16,4 \times 17,7 + 16,4 \times 7,6 + 9 \times 4,3 + 13 \times 9,6 + 17,7 \times 13,5 + 10,6 \times 5 + 16,2 \times 11,1 + 18,1 \times 16,4 + 20,6 \times 17,2 + 19,3 \times 10,5 + 22,2 \times 15,6 + 18,7 \times 5,3 + 22,7 \times 7,9 + 27,6 \times 15,2 + 29,3 \times 19,5 + 26 \times 10,5 + 23,4 \times 10,8 = 5754,48$$

$$G_{С1} = 11,3 \times 7,9 + 15,7 \times 13,4 + 20,7 \times 16,8 + 15,4 \times 9 + 19,2 \times 13,9 + 19,6 \times 11,1 + 16,9 \times 6,6 + 20,7 \times 10,7 + 23,8 \times 11,3 + 25,2 \times 17,7 + 26,6 \times 14,8 = 2712,14$$

$$G_{С2} = 11,3 \times 7,9 + 15,7 \times 13,4 + 20,7 \times 16,8 + 15,4 \times 9 + 19,2 \times 13,9 + 19,6 \times 11,1 + 16,9 \times 6,6 + 20,7 \times 10,7 + 23,8 \times 11,3 + 25,2 \times 17,7 + 26,6 \times 14,8 + 25 \times 10,3 + 27 \times 11 + 27,1 \times 9,9 + 22 \times 6,7 = 3682,33$$

$$G_H = 11,5 \times 6,9 + 17,8 \times 13,8 + 20,3 \times 14,7 + 10 \times 1,9 + 16,3 \times 12,2 + 20 \times 15,2 + 21,7 \times 15 + 24,6 \times 19,3 + 23,6 \times 14,7 + 20,2 \times 6,6 + 26,2 \times 20 + 29,4 \times 18,2 + 30,8 \times 18,7 + 31 \times 18,8 + 26,8 \times 14,3 = 5026,86$$

В таблице 11 представлены рассчитанные показатели индекса Нестерова для каждой исследуемой области и соответствующие уровни пожарной опасности.

Таблица 11 – Степень пожарной опасности на основе индекса Нестерова

Номер участка	Дата возгорания	Метеостанция	Индекс Нестерова	Степень пожарной опасности
1	19.06.2021	п. Сангар	2 712,14	Средняя
2	22.06.2021	с. Бердигестях	5 501,76	Высокая
3	23.06.2021	п. Сангар	3 682,33	Средняя
4 и 6	24.06.2021	с. Бердигестях	5 754,48	Высокая
5	-	с. Намцы	5 026,86	Высокая

Судя по таблице 11 значения индексов $G_{Б1}$, $G_{Б2}$ и G_H соответствуют высокой степени пожароопасности, а $G_{С1}$ и $G_{С2}$ средней степени пожароопасности. Исходя из этих данных и полученных значений индексов NDMI, NDWI, NDVI, уровня осадков, температуры воздуха и поверхности земли можно сделать вывод, что области 2, 4, 5 и 6 к концу выбранного временного промежутка соответствуют состоянию с высокой степенью пожароопасности. Для областей 1 и 3 индекс Нестерова соответствует средним значениям показателя горимости. Однако стоит учитывать, что метеостанция в п. Сангар находится на значительном расстоянии от рассматриваемых областей (64-74 км) и осадки, выпавшие 06.06.2021 и 08.06.2021, могли не достигнуть места возгорания. Этим можно объяснить возгорание в области 1 раньше, чем в других исследуемых областях.

4.3 Методика оценки пожароопасной обстановки

В результате выполнения исследовательской работы была предложена методика, позволяющая оценить сформированность пожароопасной обстановки в лесной зоне с использованием спутниковых и метеорологических данных.

Методика подразумевает следующие шаги:

- выполнить расчет NDMI, NDWI, NDVI за 30-дневный период и построить их графики по дням;
- построить диаграмму выпавших осадков за 30-дневный период по дням;
- построить графики температуры воздуха и поверхности земли за 30-

дневный период по дням;

- проанализировать изменение значений NDMI, NDWI, NDVI. При значениях NDMI, NDWI, NDVI в диапазонах (-0,3; -0,1), (-0,35; -0,15), (0,15; 0,3) соответственно отмечается водный стресс растительности, предшествующий возникновению очага возгорания;

- проанализировать данные о количестве выпавших осадков. При отсутствии осадков в течение недели и более отмечается достаточная для возникновения очага возгорания засуха;

- проанализировать температуру воздуха и поверхности земли. При наблюдении температуры воздуха и поверхности земли в диапазоне 30-35 °С в течение более одного дня отмечается возможность возникновения очага возгорания;

- вычислить индекс Нестерова. При значении уровня пожарной опасности выше среднего отмечается высокая вероятность возгорания.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8В93	Смирнов Антон Александрович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости материальных ресурсов. Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплаты труда исполнителей проекта.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф электроэнергии – 3,16 руб. кВт/ч. Премияльный коэффициент руководителя – 30%. Доплаты и надбавки руководителя – 20%. Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные внебюджетные фонды – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценить потенциальных потребителей исследования, проанализировать конкурентных решений, представить SWOT – анализ. Предложить возможные альтернативы проведения НИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Представить план этапов работ, определить трудоёмкость и построить календарный график, сформировать бюджет НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности разработки. Рассчитать сравнительную эффективность проекта.

Перечень графического материала:

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. 2. Матрица SWOT-анализа. 3. Морфологическая матрица. 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей. 5. Временные показатели проведения НИ. 6. Бюджет НИ. 7. Оценка характеристик вариантов исполнения. 8. Сравнительная эффективность разработки.

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В93	Смирнов Антон Александрович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынком данного исследования являются организации, занимающиеся мониторингом и прогнозированием лесных пожаров.

Целевой аудиторией результатов исследования могут являться:

- природоохранные организации;
- научно-исследовательские организации;
- эксперты, занимающиеся мониторингом лесных пожаров;
- эксперты по работе со спутниковыми данными.

Была предложена следующая сегментация рынка:

а) по виду потребителей:

- образовательные учреждения, где изучаются дисциплины, связанные с дистанционным зондированием Земли;
- коммерческие и некоммерческие организации, которые занимаются анализом пространственных данных;
- организации, занимающиеся мониторингом и прогнозированием лесных пожаров;

б) по профессии:

- студенты образовательных учреждений, изучающие дистанционное зондирование Земли;
- сотрудники коммерческих и некоммерческих предприятий, работающие в области пространственного анализа данных;
- сотрудники организаций, занимающихся мониторингом и прогнозированием лесных пожаров;

с) по масштабу:

- крупные предприятия;

- средние предприятия;
 - малые предприятия;
 - отдельные индивидуальные предприниматели;
- d) по уровню образовательных учреждений:
- высшие учебные заведения;
 - средние специальные учебные заведения;
 - специальные обучающие курсы.

В качестве сегмента рынка, на которое ориентируется исследовательская работа, были выбраны средние по масштабу организации, занимающиеся мониторингом и прогнозированием лесных пожаров.

Сегментами рынка, привлекательными в будущем, являются предприятия, работающие в области пространственного анализа данных, а также образовательные учреждения.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В качестве альтернативных вариантов сервисов для поиска и мониторинга лесных пожаров были выбраны:

- ИСДМ-Рослесхоз;
- NASA Fire Information for Resource Management System (FIRMS);
- Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS);
- СКАНЭКС;
- Карта пожаров PRO.

Данные сервисы представляют собой веб-приложения, где в реальном времени предоставляется графическая и атрибутивную информацию об очагах возгорания. Рассматриваемые сервисы не имеют возможности прогнозирования возникновения очагов возгорания. Выбранные для анализа продукты имеют бесплатный доступ, кроме сервиса «Карта пожаров PRO».

Для сравнения решений были выбраны наиболее актуальные критерии:

- достоверность данных;
- информативность данных;

- скорость обновления данных;
- объем архива;
- удобство работы;
- надежность;
- уровень проникновения на рынок;
- цена продукта;
- поддержка сервиса.

Были рассмотрены слабые и сильные стороны каждого решения и на этой основе определен наиболее подходящий для данного исследования продукт.

В таблице 12 представлена оценочная карта для сравнения альтернативных вариантов проведения научно-технического исследования.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы					Конкурентоспособность				
		ИСДМ	FIRMS	SAMS	СКАНЭ КС	Карта пожаров PRO	ИСДМ	FIRMS	SAMS	СКАНЭ КС	Карта пожаров в PRO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Технические критерии оценки ресурсоэффективности											
1. Достоверность данных	0,15	5	5	3	4	4	0,75	0,75	0,45	0,6	0,6
2. Скорость обновления данных	0,11	4	5	3	4	3	0,44	0,55	0,33	0,44	0,33
3. Объем архивных данных	0,12	5	4	4	5	4	0,6	0,48	0,48	0,6	0,48
4. Удобство работы	0,1	4	5	4	4	3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3
5. Информативность данных	0,13	4	4	5	4	3	0,52	0,52	0,65	0,52	0,39
6. Надежность сервиса	0,1	4	5	5	5	4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности											
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	3	5	4	4	3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3
2. Цена продукта	0,11	4	5	3	4	2	0,44	0,55	0,33	0,44	0,22
3. Поддержка сервиса	0,08	4	4	5	2	3	0,32	0,32	0,4	0,16	0,24
Итого	1	37	42	36	36	29	4,17	4,67	3,94	4,06	3,26

Как видно из таблицы 12, наиболее значимыми критериями являются достоверность данных, их информативность, а также объем архивных данных. Высокие оценки по перечисленным выше показателям просто необходимы для точного прогнозирования возгорания и разработки методики, позволяющей оценить формирование пожароопасной обстановки. Оценки же по другим критериям не менее важны, но не столь критичны. Анализируя данные из таблицы, можно сделать вывод о том, что вариант проведения исследования с помощью сервиса FIRMS является наиболее подходящим. По сумме баллов он получил наибольшую оценку, при этом по двум из трех ключевых критериев имеет максимально возможный балл.

5.1.3 Технология QuaD

С помощью технологии QuaD был проведен анализ выбранного для исследования сервиса поиска очагов возгорания FIRMS на предмет его качества и перспективности на рынке (таблица 13).

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Достоверность данных	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Скорость обновления данных	0,11	85	100	0,85	0,0935
3. Объем архивных данных	0,12	95	100	0,95	0,114
4. Удобство работы	0,1	75	100	0,75	0,075
5. Информативность данных	0,13	90	100	0,9	0,117
6. Надежность сервиса	0,1	95	100	0,95	0,095
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	80	100	0,8	0,08
2. Цена продукта	0,11	100	100	1	0,11
3. Поддержка сервиса	0,08	85	100	0,85	0,068
Итого	1				0,8875

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности продукта равно 0,8875 говорит о том, что данную разработку можно считать перспективной. К тому же у рассматриваемого сервиса высокие показатели по всем наиболее важным критериям, таким как достоверность, объем архива и информативность данных.

5.1.4 SWOT-анализ

Факторы внешней и внутренней среды представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Факторы внешней и внутренней среды

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Широкий выбор инструментов для исследования. С2. Доступность и разнообразие космических снимков. С3. Высокое пространственное разрешение данных. С4. Актуальность результатов работы. С5. Низкий уровень разработки тематики. С6. Низкая стоимость разработки и внедрения. С7. Запрос со стороны профильных организаций.	Сл1. Отсутствие финансирования научных разработок. Сл2. Большие временные затраты на отбор данных. Сл3. Большое количество некачественных данных. Сл4. Сложность внедрения в госучреждения. Сл5. Малый опыт работы в отрасли.
Возможности	Угрозы
В1. Создание документации. В2. Применение методики на любой территории. В3. Доработка под нужды заказчика. В4. Поддержка со стороны разработчика. В5. Автоматизация процесса сбора данных.	У1. Закрытие свободного доступа к спутниковым данным. У2. Закрытие свободного доступа к инструментам разработки. У3. Неточности и ошибки в исходных данных. У4. Неверная интерпретация исходных данных. У5. Введение законодательных ограничений.

Далее каждый фактор был помечен либо знаком «+», что означает сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-», что означает слабое соответствие.

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны							Слабые стороны					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
B1	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-
B2	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
B3	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
B4	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
B5	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-

Таблица 16 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны							Слабые стороны					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
У1	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
У2	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
У3	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
У4	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
У5	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Была определена корреляцию возможностей и угроз с сильными и слабыми сторонами:

- B1C4C7, B2C1C2C6C7, B3C1C2C4C6C7, B4C6C7, B5C1C2C7;
- B1Сл2Сл3Сл4, B3Сл4, B4Сл3Сл4, B5Сл2Сл3;
- У1С1С2С7, У2С1С7, У3С1С2С3, У4С3, У5С1С2;
- У3Сл3Сл5, У4Сл3Сл5, У5Сл4.

В результате анализа интерактивных таблиц была составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 17).

Таблица 17 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Широкий выбор инструментов для исследования.</p> <p>С2. Доступность и разнообразие космических снимков.</p> <p>С3. Высокое пространственное разрешение данных.</p> <p>С4. Актуальность результатов работы.</p> <p>С5. Низкий уровень разработки тематики.</p> <p>С6. Низкая стоимость разработки и внедрения.</p> <p>С7. Запрос со стороны профильных организаций.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Отсутствие финансирования научных разработок.</p> <p>Сл2. Большие временные затраты на отбор данных.</p> <p>Сл3. Большое количество некачественных данных.</p> <p>Сл4. Сложность внедрения в госучреждения.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Создание документации.</p> <p>В2. Применение методики на любой территории.</p> <p>В3. Доработка под нужды заказчика.</p> <p>В4. Поддержка со стороны разработчика.</p> <p>В5. Автоматизация процесса сбора данных.</p>	<p>Направления развития:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышение точности методики. - Автоматизация процесса получения и анализа данных. - Охват больших территорий. - Привлечение финансирования. 	<p>Сдерживающие факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Отсутствие конкретных требований от профильных организаций. - Увеличение временных затрат в процессе улучшения методики. - Зависимость от погодных условий. - Недостаточное количество данных высокого разрешения в открытом доступе.
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Закрытие свободного доступа к спутниковым данным.</p> <p>У2. Закрытие свободного доступа к инструментам разработки.</p> <p>У3. Неточности и ошибки в исходных данных.</p> <p>У4. Неверная интерпретация исходных данных.</p> <p>У5. Введение законодательных ограничений.</p>	<p>Угрозы развития:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Переход сервисов и инструментов на платную подписку. - Невозможность получения и обработки исходных данных. - Прекращение работы сервисов получения и обработки данных. 	<p>Уязвимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Недостаточный опыт работы в области и большой объем некачественных исходных данных могут привести к ошибкам в методике. - Большие временные затраты на отбор данных и закрытие свободного доступа к ним могут привести к приостановке проекта.

На основе матрицы SWOT-анализа можно судить о том, что наиболее подходящей стратегией развития проекта является привлечение

финансирования со стороны профильных организаций и получение конкретных требований от них, а также автоматизация процесса сбора, обработки и визуализации данных.

Было выявлено, что наибольшей угрозой для проекта являются закрытие доступа к исходным данным и инструментам работы с ними, а также введение законодательных ограничений по работе с данными дистанционного зондирования Земли.

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Исследуемой предметной областью является анализ данных дистанционного зондирования Земли и метео данных. В качестве характеристик были выделены следующие:

1. Сервис поиска лесных пожаров.
2. Сервис поиска метеостанций.
3. Сервис поиска метео данных.
4. Сервис поиска спутниковых данных.
5. Сервис анализа состава растительности.
6. ПО для визуализации и анализа данных.

В таблице 18 приведена морфологическая матрица для разработки методики оценки формирования пожароопасной обстановки.

Таблица 18 – Морфологическая матрица для разработки методики оценки формирования пожароопасной обстановки

	1	2	3
А. Поиск пожаров	FIRMS	ИСДМ-Рослесхоз	СКАНЭКС
Б. Поиск метеостанций	Портал Росгидромета	Конструктор карт Яндекса	Google My Maps
В. Поиск метео данных	Портал «Погода и климат»	Гидрометцентр России	ВНИИГМИ-МЦД
Г. Поиск спутниковых данных	Sentinel Hub EO Browser	USGS EarthExplorer	Геопортал Роскосмоса
Д. Анализ растительности	БЕГА-PRO	ИКИЗ	ESRI Forest Management
Е. Визуализация и анализ	MS Excel	RAW Graphs	Datawrapper

Основным вариантом решения является А1Б1В1Г1Д1Е1. Такой выбор обоснован широким функционалом, доступностью сервисов, оперативностью получения и надежностью требуемых данных.

Альтернативными вариантами решения являются:

1. А2Б2В1Г2Д1Е1. Данный вариант займет больше времени на выполнение работы, т.к. потребуется длительная регистрация в сервисе ИСДМ-Рослесхоз и ожидание получения снимков из USGS EarthExplorer в течение 3-5 дней. Достоинством является широкая номенклатура спутников и большой архив космических снимков.

2. А2Б1В1Г3Д1Е2. Позволит получить снимки территории России в более высоком пространственном разрешении, но объем архивных данных меньше, чем у остальных вариантов.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для организации и систематизации работы над научным исследованием был сформирован план работы, который содержит перечень этапов, работ и распределение исполнителей (таблица 19).

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель темы Разработчик
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Разработчик
	4	Календарное планирование работ	Руководитель темы Разработчик
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Уточнение и корректировка методов оценки пожарной обстановки	Руководитель темы Разработчик
	6	Анализ источников исходных данных, методов и средств обработки	Руководитель темы Разработчик
	7	Выбор тестовых участков	Разработчик
	8	Сбор и обработка данных для тестовых участков	Разработчик
Обобщение и оценка результатов	9	Обсуждение полученных результатов	Руководитель темы Разработчик
	10	Повторный анализ исходных данных и сравнение с предыдущими результатами	Разработчик

Продолжение таблицы 19

Обобщение и оценка результатов	11	Разработка методики для оценки формирования пожароопасной обстановки	Разработчик
	12	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель темы Разработчик
Оформление отчета	13	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Разработчик
	14	Составление пояснительной записки	Разработчик

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ были использованы следующие показатели:

- ожидаемое значение трудоемкости;
- продолжительность каждой работы;
- продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;
- коэффициент календарности.

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

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (11)$$

где $t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дни;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (12)$$

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	3	2,4	Руководитель темы	2,4	3
Выбор направления исследований	1	3	1,8	Руководитель темы	0,9	1
	2	3	2,4	Разработчик	1,2	1
Подбор и изучение материалов по теме	10	13	11,2	Разработчик	11,2	14
Календарное планирование работ	1	2	1,4	Руководитель темы	1,2	1
	2	3	2,4	Разработчик	2,2	3
Уточнение и корректировка методов оценки пожарной обстановки	3	4	3,4	Руководитель темы	1,7	2
	3	5	3,8	Разработчик	1,9	2
Анализ источников исходных данных, методов и средств обработки	2	3	2,4	Руководитель темы	2,2	3
	8	10	8,8	Разработчик	4,4	5
Выбор тестовых участков	13	15	13,8	Разработчик	13,8	17
Сбор и обработка данных для тестовых участков	25	28	26,2	Разработчик	26,2	32
Обсуждение полученных результатов	3	5	3,8	Руководитель темы	1,9	2
	3	5	3,8	Разработчик	1,9	2
Повторный анализ исходных данных и сравнение с предыдущими результатами	8	12	9,6	Разработчик	9,6	12
Разработка методики для оценки формирования пожароопасной обстановки	15	18	16,2	Разработчик	16,2	20
Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	3	2,4	Руководитель темы	1,2	1
	2	3	2,4	Разработчик	1,2	1

Продолжение таблицы 20

Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	15	18	16,2	Разработчик	16,2	20
Составление пояснительной записки	8	10	8,8	Разработчик	8,8	11
Итого	Разработчик				114,8	140
	Руководитель темы				11,5	13

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (13)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (14)$$

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.

В расчетах учитывается, что в 2023 году 365 календарных дней, из них выходных или праздничных 67 дней при шестидневном рабочем графике, следовательно, $k_{\text{кал}} = \frac{365}{298} = 1,22$.

На основе данных, представленных в таблице 20, был построен календарный план-график каждого этапа работ в рамках выполняемого проекта (таблица 21). Стартовой календарной отметкой было выбрано начало текущего учебного семестра – 23.01.2023.

Таблица 21 – Календарный план-график

№	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																
				январь			февраль			март			апрель			май			июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3																	
2	Выбор направления исследований	Руководитель	1																	
		Разработчик	1																	
3	Подбор и изучение материалов по теме	Разработчик	14																	
4	Календарное планирование работ	Руководитель	1																	
		Разработчик	3																	
5	Уточнение и корректировка методов оценки пожарной обстановки	Руководитель	2																	
		Разработчик	2																	
6	Анализ источников исходных данных, методов и средств обработки	Руководитель	3																	
		Разработчик	5																	
7	Выбор тестовых участков	Разработчик	17																	
8	Сбор и обработка данных для тестовых участков	Разработчик	32																	
9	Обсуждение полученных результатов	Руководитель	2																	
		Разработчик	2																	
10	Повторный анализ исходных данных и сравнение с предыдущими результатами	Разработчик	12																	
11	Разработка методики для оценки формирования пожароопасной обстановки	Разработчик	20																	
12	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель	1																	
		Разработчик	1																	
13	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Разработчик	20																	
14	Составление пояснительной записки	Разработчик	11																	
Руководитель темы		Разработчик																		

5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Были вычислены затраты на электроэнергию, потраченную разработчиком за 115 дней работы в среднем по 4 ч в день, с учётом того, что ПК и освещение аудитории суммарно потребляют 400 Вт*ч.

Затраты на интернет вычислены с учетом выполнения работы 4 месяца и стоимости тарифа 500 руб. в месяц.

В таблице 22 представлен расчет материальных затрат.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Электроэнергия	кВт*ч	460	3,16	581,44
Интернет	Тариф*Месяц	4	500	2 000
Итого				2 581,44

В таблице 23 представлен расчет затрат на приобретение оборудования и ПО для научных работ.

Таблица 23 – Расчет затрат на приобретение оборудования и ПО для научных работ

№	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Ноутбук			1			40 000			40 000		
2	FIRMS	ИСДМ-Рослесхоз	СКАНЭКС	1	1	1	0	0	4500	0	0	4500
3	Портал Росгидромета	Конструктор карт Яндекс	Google My Maps	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4	Портал Погода и климат	Гидрометцентр России	ВНИИГ МИ-МЦД	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 23

5	Sentinel Hub EO Browser	USGS EarthExplorer	Геопортал Роскосмоса	1	1	1	0	0	6000	0	0	6000
6	BEGA-PRO	ИКИЗ	ESRI Forest Management	1	1	1	1000	3500	6300	1000	3500	6300
7	MS Excel	RAW Graphs	Datawrapper	1	1	1	0	2500	0	0	2500	0
Итого										1 000	6 000	16 800

5.3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Месячный оклад руководителя от ТПУ с должностью доцента и степенью кандидата наук равен 37 700 руб., для студента был взят оклад, равный окладу ассистента без степени – 24 400 руб.

В таблице 24 показаны количество календарных, нерабочих и праздничных дней и действительный годовой фонд рабочего времени для 6-дневной недели.

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Разработчик
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники, выходные)	67	67
Потери рабочего времени (отпуск)	48	0
Потери рабочего времени (невыход по болезни)	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	298

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (15)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, равная 20 % от $Z_{осн}$.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя был вычислена по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_{\text{р}}, \quad (16)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата была рассчитана по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}, \quad (17)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад руководителя был определен по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2 (т.е. 20 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	37 700	0,3	0,2	1,3	73 515	3 058,2	11,5	35 169,3
Разработчик	24 400	-	-	1,3	31 720	1 107	114,8	127 084,4
Итого								162 253,7

5.3.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчёт дополнительной заработной платы был выполнен по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}}, \quad (19)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

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

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

Расчёт заработной платы приведён в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	35 169,3	0,12	4 220,3	39 389,6
Разработчик	127 084,4	0,12	15 250,1	142 334,5
		Итого	19 470,4	181 724,1

5.3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данную статью затрат были выключены отчисления в органы социального страхования, пенсионные фонды и отчисления медицинского страхования.

Отчисления во внебюджетные фонды были рассчитаны по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (20)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, равный 0,3.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	35 169,3	4 220,3	0,3	11 816,88
Разработчик	127 084,4	15 250,1	0,3	42 700,35
		Итого		54 517,25

5.3.4.5 Накладные расходы

В накладных расходах были учтены прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, размножение материалов и т. д.

Накладные расходы были вычислены согласно формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \times k_{\text{нр}}, \quad (21)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

Расчет затрат на накладные расходы приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	900
Затраты на основную заработную плату	162 253,7
Затраты на дополнительную заработную плату	19 470,4
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	54 517,25
Накладные расходы	38 787,4

5.3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта.

Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1 000	6 000	16 800
2. Затраты на основную заработную плату	162 253,7	162 253,7	162 253,7
3. Затраты на дополнительную заработную плату	19 470,4	19 470,4	19 470,4
4. Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	54 517,25	54 517,25	54 517,25
5. Накладные расходы	38 787,4	38 787,4	38 787,4
6. Бюджет затрат НТИ	276 028,75	281 028,75	291 828,75

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и финансовой эффективности исследования

Определение эффективности исследования было выполнено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования был определен как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Были рассчитаны интегральные финансовые показатели:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{276\,028,75}{291\,828,75} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{281\,028,75}{291\,828,75} = 0,96$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{291\,828,75}{291\,828,75} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения объекта исследования был определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i, \quad (23)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки:

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности были выбраны следующие критерии:

- точность полученных результатов;
- количество обработанной информации;
- скорость обработки информации;
- удобство анализа;
- открытость исходных данных.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Достоверность данных	0,25	5	4	4
2. Скорость обновления данных	0,11	4	4	3
3. Объем архивных данных	0,2	4	5	3
4. Удобство работы	0,1	5	4	4
5. Информативность данных	0,2	5	4	5
6. Надежность сервиса	0,14	5	5	4
Итого	1			

$$I_{p-исп1} = 5 \times 0,15 + 4 \times 0,11 + 4 \times 0,2 + 5 \times 0,1 + 5 \times 0,2 + 5 \times 0,14 = 4,19$$

$$I_{p-исп2} = 4 \times 0,15 + 4 \times 0,11 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,1 + 4 \times 0,2 + 5 \times 0,14 = 3,94$$

$$I_{p-исп3} = 4 \times 0,15 + 3 \times 0,11 + 3 \times 0,2 + 4 \times 0,1 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,14 = 3,49$$

Были вычислены интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) на основании интегральных показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = \frac{4,19}{0,94} = 4,46$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп2}} = \frac{3,94}{0,96} = 4,1$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп3}} = \frac{3,49}{1} = 3,49$$

Сравнение интегральных показателей эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) была рассчитана по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп1}} \quad (24)$$

$$\mathcal{E}_{cp2} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (25)$$

$$\mathcal{E}_{cp3} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп3}} \quad (26)$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,19	3,94	3,49
3	Интегральный показатель эффективности	4,46	4,1	3,49
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,08	1,27

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод о том, что реализация технологии в первом исполнении является наиболее эффективным вариантом решения задачи на 8 % и 27 % по сравнению со вторым и третьим вариантами соответственно. С другой стороны, второе исполнение, рассматриваемое в данной работе, с позиции отношения показателей финансовой и ресурсной эффективности близко к первому исполнению.

5.5 Вывод по разделу

В данном разделе был произведен анализ перспективности научно-технического исследования. Для этого были определены потенциальные потребители решения и проведен анализ конкурентных технических решений. Также был проведен SWOT-анализ с выявлением сильных и слабых сторон

проекта, а также направлений развития, сдерживающих факторов, угроз развития и уязвимостей. Было выполнено планирование научно-исследовательской работы.

Было выявлено, что потенциальными потребителями результатов исследования являются средние по масштабу организации, занимающиеся мониторингом и прогнозированием лесных пожаров.

При анализе альтернативных решений проведения поиска лесных пожаров было выявлено, что выбранная система FIRMS имеет наибольший показатель конкурентоспособности (4,67), в то время как показатели альтернативных систем находятся в диапазоне 3,26-4,17.

С помощью матрицы SWOT-анализа был сделан вывод о том, что основными направлениями развития являются автоматизация процесса получения и анализа данных, а также привлечение финансирования. Главными же угрозами являются переход сервисов на платную подписку и прекращение их работы.

Общий бюджет НТИ составил 276 028,75 руб. Он включает в себя материальные затраты, основную и дополнительную заработные платы исполнителей проекта, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, был сделан вывод, что реализация технологии в выбранном исполнении является наиболее эффективным вариантом решения задачи, т.к. имеет интегральный показатель эффективности на 8 % и 28 % выше по сравнению со вторым и третьим вариантами соответственно.

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа		ФИО	
8В93		Смирнов Антон Александрович	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП /ОПОП	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения. 	<p>Объект исследования: территории, подверженные лесным пожарам, космические снимки, метеоданные.</p> <p>Область применения: прогнозирование возникновения лесных пожаров.</p> <p>Рабочая зона: офис.</p> <p>Размеры помещения: 7*6 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: сбор и анализ данных дистанционного зондирования Земли и метеоданных, разработка и тестирование методики.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Перечень нормативов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023); – ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». <p>Кресло человека-оператора;</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя; – ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. <p>Взаимное расположение элементов рабочего места;</p> <ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; – СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов; – обоснование мероприятий по снижению воздействия. 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; – Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>устройства для вентиляции и очистки воздуха, кондиционирования воздуха, отопления, беруши, знаки безопасности, предохранительные устройства, устройства автоматического отключения, устройства защитного заземления и зануления, изолирующие устройства и покрытия, световые проёмы.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: выброс батареек, люминесцентных ламп и других элементов техники, содержащих вредные химические вещества; выброс деталей, сделанных из пластика.</p> <p>Воздействие на гидросферу: попадание токсичных веществ в воду, содержащиеся в деталях компьютера</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс вредных веществ при сжигании деталей ЭВМ.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p>Возможные ЧС: пожары, эпидемии, техногенные ЧС, связанные с авариями коммунальных систем, террористические акты.</p> <p>Наиболее типичная ЧС – пожар на рабочем месте.</p>
<p>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</p>	

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В93	Смирнов Антон Александрович		

6. Социальная ответственность

6.1 Введение

Раздел социальная ответственность посвящен правовым и организационным вопросам обеспечения безопасности, производственной и экологической безопасности, а также безопасности в ЧС в ходе выполнения данной бакалаврской работы.

Актуальность работы заключается в нахождение территорий, на которых формируются условия, благоприятные для их возникновения, для своевременного выявления мест возможного возгорания.

В результате исследования была разработана методика, позволяющая оценить вероятность возникновения лесного пожара на конкретной территории. Использование данной методики позволит снизить потери леса, а также ущерб от лесных пожаров.

Результаты работы могут быть использованы организациями, занимающимися прогнозированием, мониторингом и предотвращением лесных пожаров (МЧС, Рослесхоз, Авиалесоохрана, Минприроды, Росгидромет).

Исследование проводилось в компьютерном классе учебного корпуса № 10 Томского политехнического университета с площадью, равной 42 м², имеющем 12 оборудованных персональными компьютерами (ПК) рабочих мест, а также с поддержкой общего искусственного освещения.

Работа со спутниковыми и метеоданными данными, а также с документами проводилась на ПК, поэтому в данном разделе будут рассмотрены меры по защите пользователя от вредных и опасных факторов в рабочей зоне при использовании средств вычислительной техники.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.2.1 Правовые нормы трудового законодательства

Регулирование отношений между работодателем и сотрудниками происходит посредством Трудового кодекса РФ (далее – ТК) [30]. ТК устанавливает права и обязанности работника и работодателя, регулирует вопросы охраны труда, профподготовки, переподготовки и повышения квалификации, трудоустройства, социального партнерства. В нём закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров.

Применительно к выполнению данной научно-исследовательской работы можно выделить следующие основные нормы трудового законодательства:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- работник имеет право на своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается;
- работник имеет право на обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами;
- работник имеет право на полную информацию о своих персональных данных и обработке этих данных;
- работнику положен ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней;
- работникам должны предоставляться выходные дни (еженедельный непрерывный отдых) [30].

6.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. При организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели работника [31]. Взаимное расположение элементов рабочего места должно способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления оператора, предупреждению появления ошибочных действий [32].

Организация рабочего места оператора ПЭВМ должна быть реализована следующим образом:

- кресло должно обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности;
- конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений [33];
- рабочие места должны быть размещены так, чтобы работники безопасно проходили на каждое рабочее место и могли быстро эвакуироваться при аварии;
- высота рабочего стола должна быть такой, чтобы было пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной – не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной – не менее 500 мм [33];
- рекомендуется размещать компьютеры так, чтобы расстояние между боковыми гранями соседних мониторов было не меньше 1,2 м, а между соседними мониторами не менее 2 м;
- предпочтительно, чтобы свет на рабочую поверхность падал слева, а показатели освещенности не превышали гигиенических нормативов [32];
- площадь рабочего места должна быть не менее 4,5 м² [32].

6.3 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на работника при выполнении работ с использованием ПЭВМ, регламентируются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [34].

В таблице 32 представлен перечень опасных и вредных фактор, характерных при выполнении данного исследования.

Таблица 32 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте разработчика ПО

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Вредные факторы	
1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [35]
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [36] СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума [37]
3. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере [38] ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019. Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки [39] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [1]
4. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [40]
Опасные факторы	
5. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [41] ГОСТ Р 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [42]

Далее рассмотрим для каждого выявленного фактора источники возникновения, воздействия на организм, допустимые нормы и мероприятия по снижению их воздействия на работников.

6.3.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами

Микроклимат в офисных помещениях определяют следующие основные параметры: температура и влажность воздуха, скорость движения воздуха и температура поверхностей.

Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма, которое опасно развитием инфекционно-воспалительных болезней, снижением защитных свойств организма.

При повышении температуры воздуха было установлено, что работоспособность и производительность труда работника падает. Повышенная температура может привести к головным болям, тошноте, рвоте, повышению уровня давления, слабости, нарушению координации движений.

Причинами отклонения показателей микроклимата в помещении может быть неисправность системы кондиционирования и вентиляции, неотрегулированная система отопления, отсутствие тамбуров и воздушных завес, недостаточное осушение или увлажнение воздуха в помещении.

Данная работа проводится в офисном помещении и соответствует категории работ Ia согласно СанПиН 1.2.3685-21 [35].

СанПиН 1.2.3685-21 нормирует допустимые параметры микроклимата, которые не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья [35]. Для данной категории работ допустимые параметры микроклимата представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочем месте в помещении

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимального, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимального, не более
Холодный	20–21,9	24,1–25,0	19–26	15–75	0,1	0,1
Теплый	21–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2

Рабочее место соответствует допустимым величинам параметров микроклимата, соответственно, меры по устранению предпринимать не нужно.

6.3.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 повышенные показатели уровня шума на рабочем месте оказывают влияние на психологическое состояние работника [36]. Высокий уровень шума в офисе может стать серьезной проблемой, влияющей на концентрацию и производительность. У работника снижается сосредоточенность и концентрация на поставленной ему задаче, повышается уровень утомляемости и стресса. Также повышенный уровень шума может привести к ухудшению слуха, вплоть до тугоухости и полной глухоты. Шум в помещении может быть помехой для коммуникации между сотрудниками.

Источниками шума на рабочем месте оператора ПЭВМ являются система охлаждения ПК, принтеры, сканеры, шум от клавиатуры и телефона, системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

В таблице 34 представлены предельно допустимые уровни звукового давления для офисного помещения согласно СП 51.13330.2011 [37].

Таблица 34 – Предельно допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА	Макс. уровень звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65

Выделяют следующие меры по снижению уровня шума в офисном помещении: использование звукопоглощающих материалов и занавесок из плотной ткани, мягкие полы, регулярная очистка системы охлаждения ПК или её замена, перегородки между столами, беруши и наушники.

В данном компьютерном классе уровни звукового давления не превышают предельно допустимые нормы, поэтому меры по устранению не требуются.

6.3.3 Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса

Длительная работа с ПК в процессе разработки программного обеспечения связана с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок, связанных с напряженностью трудового процесса. К данным перегрузкам можно отнести умственное перенапряжение и перенапряжение анализаторов, вызванное информационной нагрузкой, монотонность труда, вызывающую монотонию, и эмоциональные перегрузки. Следствием данных перегрузок могут являться хроническая усталость, стресс, апатия, тревога, нервный срыв, депрессия, нарушение сна, аритмия и гипертония [38].

Согласно ТК в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Также работнику положен ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней [1].

Как следует из ТОИ Р-45-084-01 при эксплуатации персонального компьютера на работника могут оказывать действие опасные и вредные

производственные факторы, в том числе перенапряжение зрительных анализаторов [38]. При этом продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Данная научно-исследовательская работа по виду трудовой деятельности относится к группе В (творческая работа в режиме диалога с компьютером), категория тяжести и напряженности работы с ПК – III [38].

Соответственно, при 8-часовой рабочей дне и работе на ПК суммарное времени непосредственной работы с компьютером за рабочий день должно составлять не более 6 ч. При этом регламентированные перерывы следует устанавливать через 1,5–2 ч от начала рабочей смены и через 1,5–2 ч после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы [39].

Для уменьшения уровня нервно-психических нагрузок при работе с ПК рекомендуются следующие мероприятия:

- повышение разнообразия работы в случае монотонии;
- создание благоприятного психологического климата в коллективе;
- чередование умственной и физической активности;
- наличие перерывов на отдых;
- наличие зон отдыха;
- гибкий режим рабочего времени;
- во время перерыва выполнение комплексов упражнений.

Процесс выполнения данной работы соответствует указанным выше нормам.

6.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

Во время работы в помещении на ПК имеет место вредный фактор отсутствия или недостатка необходимого естественного освещения рабочего места, что негативно сказывается на здоровье работников. Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, т.е. определяет

зрительную работоспособность, а также психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, ухудшает концентрацию и эффективность труда.

Согласно СП 52.13330.2016 зрительная работа, выполняемая разработчиком на ПК в офисном помещении, может быть охарактеризована как зрительная работа высокой точности (разряд – III, подразряд – б) [40]. Это работа с наименьшим или эквивалентным размером объекта различения равным 0,3–0,5 мм с относительной продолжительностью зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70%. Для зрительной работы этой категории коэффициент естественного освещения (КЕО) должен соответствовать следующим требованиям: при верхнем или комбинированном освещении КЕО – 3 %, при боковом освещении КЕО – 1,2 %.

Для снижения уровня воздействия данного вредного фактора может применяться создание дополнительных оконных проёмов или расширение имеющихся.

Освещение в помещении обеспечивается естественным освещением и искусственным освещением с использованием люминесцентных ламп в потолочных светильниках. Параметры освещения соответствуют установленным нормам.

6.3.5 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током

Трудовая деятельность разработчика ПО предполагает нахождение близи электрических сетей и использование электрических приборов (ПК, принтер, сканер и другая оргтехника), которые могут являться опасным фактором. К основным причинам поражения электрическим током в помещении относят: неисправность прибора, повреждение изоляции кабельных линий, попадание влаги на технику и нарушение правил техники безопасности.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, нарушению работы нервной системы, потере сознания, в крайних случаях – к гибели.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» значения напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, при работе с ПК и оргтехникой не должны превышать значений, указанных в таблице 35 [41].

Таблица 35 – Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи

Род тока	U, В, не более	I, mA, не более
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8	1

Согласно ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ можно выделить следующие меры по обеспечению электробезопасности в помещении:

- безопасное расположение токоведущих частей, размещение их вне зоны досягаемости частями тела;
- защитные ограждения;
- защитное отключение;
- предупредительная световая, звуковая сигнализация, блокировка безопасности, знаки безопасности;
- защитное уравнивание потенциалов;
- автоматическое отключение питания [42].

6.4 Экологическая безопасность

Компьютеры и другая оргтехника, используемая на рабочем месте в процессе разработки проектируемого решения, может являться источником загрязнения окружающей среды. Это связано с тем, что многие компоненты ПК содержат тяжелые металлы, как, например, свинец, кадмий, ртуть и другие. Кроме того, они содержат химические соединения, которые могут

оказывать негативное воздействие на здоровье и окружающую среду, выделяя токсические вещества в атмосферу, гидросферу и литосферу.

Загрязнение атмосферы происходит в результате сжигания компонентов ПК, содержащих пластик, тяжёлые металлы и поливинилхлорид. При их горении в атмосферу попадают диоксиды, свинец, кадмий, винилхлорид и другие токсичные вещества.

Загрязнение литосферы происходит в результате выброса и проникновения в почву токсичных и неразлагаемых элементов ПК, что делает её непригодной для сельского хозяйства.

Токсичные вещества, содержащиеся в элементах ПК, могут попасть в реки и водоемы, либо проникнуть глубже в недра Земли, вызывая загрязнение подземных вод.

Согласно ГОСТ Р 53692-2009, вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации [43]. Существует несколько способов переработки и утилизации электронных отходов, включая механическую обработку, пиролиз, водно-химическую обработку и гидрометаллургическое извлечение металлов. С целью оказания как можно меньшего влияния вредных веществ на окружающую среду нужно проводить процедуру утилизации ПК и другой оргтехники, при которой более 90% отходов отправляются на вторичную переработку и менее 10% на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 [43].

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможными чрезвычайными ситуациями при разработке проектируемого решения могут быть пожары, эпидемии, техногенные ЧС, связанные с авариями коммунальных систем и террористические акты.

Пожар является наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией. Источником возникновения пожара в помещении может быть короткое

замыкание, неисправность или перегрузка электротехники или халатное обращение с огнем.

В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- курение должно происходить только в специально отведенных местах;
- использование только исправного электрооборудования;
- все сотрудники должны пройти инструктаж по технике пожарной безопасности;
- в помещении должны находиться средства тушения пожара;
- наличие плана действий в случае пожара и плана эвакуации.

Разработан порядок действия в случае возникновения пожара и меры по ликвидации его последствий:

- сообщить о пожаре по телефону 101, передать информацию диспетчеру;
- нажать тревожную кнопку пожарной сигнализации;
- сообщить о пожаре руководителю;
- постараться локализовать возгорание с помощью первичных средств пожаротушения.

Согласно Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ наиболее вероятным классом возможного пожара является А или Е [44].

Офисное помещение, где выполнялась разработка проектируемого решения, оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности – имеются пожарная сигнализация, порошковый огнетушитель и соответствующие средства связи. На каждом этаже здания имеются план эвакуации.

6.6 Вывод по разделу

Рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Фактические значения выявленных вредных и опасных факторов соответствуют нормативным значениям.

Согласно ПУЭ, рабочее место относится к 1 категории по электробезопасности: помещения без повышенной опасности [45].

Для работы в офисе персоналу присваивается 1 группа по электробезопасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 данная работа по разработке ПО относится к категории тяжести труда 1б [35].

Согласно СП 12.13130.2009 рабочее место относится к категории «В», (пожароопасные), т.к. имеются горючие и трудногорючие материалы и вещества, которые при контакте с воздухом горят без образования взрывоопасных смесей [46].

Согласно Постановлению от 31 декабря 2020 года №2398 категория объекта (ПК), оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, равна 4 [47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования были выполнены задачи:

- проведен анализ существующих методов оценки пожароопасной обстановки и индексов оценки состояния растительности;
- проведен анализ сервисов предоставления спутниковых и метеорологических данных;
- выбраны исследуемые участки и получены данные для оценки пожароопасности;
- выполнена оценка формирования пожароопасной обстановки.

В ходе выполнения исследовательской работы были отобраны тестовые участки на территории Республики Саха (Якутия), подвергшиеся пожарам летом 2021 г. Для областей был выполнен анализ показателей NDMI, NDWI, NDVI, максимальной температуры воздуха, температуры земной поверхности и количества выпавших осадков за 30-дневный период до появления возгораний. В результате анализа полученных результатов была разработана методика оценки формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на выбранных участках с использованием космических снимков и метеоданных.

В будущем представленная методика может быть доработана посредством анализа большего количества участков с использованием автоматизации сбора и обработки метеоданных и индексов. После этого полученная методика может быть использована в целях выделения пожароопасных участков.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

1. Смирнов А. А. Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных // Экология России и сопредельных территорий: материалы XXV международной экологической студенческой конференции, Новосибирск, 25-27 Ноября 2022 г. – Новосибирск: НГУ, 2022. – С. 72.

2. Смирнов А. А. Методические вопросы оценки формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных / А. А. Смирнов, О. С. Токарева // Материалы 20-й международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса». – Москва: ИКИ РАН, 2022 г. – С. 333. – ISBN 978-5-00015-056-6.

3. Смирнов А. А. Оценка формирования пожароопасной обстановки на земной поверхности на основе спутниковых данных // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 17–19 мая 2023 г.: в 3 ч. – Томск: В-Спектр, 2023. – Ч. 3. – принята в печать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Леса России // Википедия. [2023]. Дата обновления: 09.05.2023. – URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=7260615&oldid=130316601> (дата обращения: 09.05.2023). – Текст: электронный.
2. Государственный доклад МЧС «О состоянии защиты населения и территорий РФ от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». – URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5304> (дата обращения 25.02.2023). – Текст: электронный.
3. Жданко В. А. Метод анализа лесопожарных сезонов: практические рекомендации / Жданко В. А., Гриценко М.В. – 1980. – Л., ЛНИИЛХ. – 19 с.
4. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. – Введено Постановлением Госстандарта России от 25 мая 1999 г. № 181.
5. Keetch-Byram drought index. – URL: <https://wikifire.wsl.ch/tiki-index908f.html?page=Keetch-Byram+drought+index> (дата обращения 25.05.2023). – Текст: электронный.
6. McArthur Mark 5 forest fire danger index. – URL: <https://wikifire.wsl.ch/tiki-index4fe9.html?page=McArthur+Mark+5+forest+fire+danger+index&structure=Fire> (дата обращения 25.05.2023). – Текст: электронный.
7. Canadian forest fire weather index system. – URL: <https://wikifire.wsl.ch/tiki-indexd5a6.html?page=Canadian+forest+fire+weather+index+system&structure=Fire> (дата обращения 25.05.2023). – Текст: электронный.
8. Angström index. – URL: <https://wikifire.wsl.ch/tiki-index8902.html?page=Angström+index&structure=Fire> (дата обращения 25.05.2023). – Текст: электронный.
9. Черепанов А.С. Вегетационные индексы. – 2011. – Геоматика N2 2011.
10. Normalized difference water index. – URL: <https://custom->

scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndwi/ (дата обращения: 01.03.2023). – Текст: электронный.

11. Normalized Difference Moisture Index (NDMI). – URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndmi/> (дата обращения: 20.03.2023). – Текст: электронный.

12. Кравцов С.Л. Оценка влажности земной поверхности с использованием изображений дистанционного зондирования Земли // Информатика. – 2010. – № 4 (28). – С. 27-35.

13. Fire Information for Resource Management System. – URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/> (дата обращения: 08.03.2023).

14. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства. – URL: http://satcatalog.infospace.ru/main_pages/ (дата обращения: 09.03.2023). – Текст: электронный.

15. Система оперативного мониторинга СКАНЭКС, сервис «Карта пожаров». – URL: <https://fires.ru/> (дата обращения: 18.03.2023). – Текст: электронный.

16. Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). – URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/global-fire-monitoring/> (дата обращения: 18.03.2023). – Текст: электронный.

17. Карта Пожаров PRO. – URL: <http://pro.fires.ru/> (дата обращения: 18.03.2023). – Текст: электронный.

18. ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации-Мировой центр данных» Росгидромета / Росгидромет. – URL: http://portal.esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2667 (дата обращения: 19.03.2023). – Текст: электронный.

19. Справочно-информационный портал «Погода и климат». – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php/> (дата обращения: 19.03.2023). – Текст: электронный.

20. NASA's Earth Observing System. – URL: <https://eosps0.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 21.03.2023). – Текст: электронный.
21. User Guides: Sentinel-2. – URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi> (дата обращения: 21.03.2023). – Текст: электронный.
22. Landsat 8 Bands. – URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8> (дата обращения: 21.03.2023). – Текст: электронный.
23. Sentinel Hub EO Browser. – URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8> (дата обращения: 22.03.2023). – Текст: электронный.
24. EOS Land Viewer. – URL: <https://eos.com/landviewer/> (дата обращения: 24.03.2023). – Текст: электронный.
25. SearchКосмоснимки. – URL: <https://search.kosmosnimki.ru> (дата обращения: 19.03.2023). – Текст: электронный.
26. EarthExplorer. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 24.03.2023). – Текст: электронный.
27. Copernicus Open Access Hub. – URL: <https://scihub.copernicus.eu> (дата обращения: 24.03.2023). – Текст: электронный.
28. ВЕГА-PRO картографический интерфейс. – URL: <http://pro-vega.ru/maps/> (дата обращения: 20.03.2023). – Текст: электронный.
29. Конструктор карт Яндексa. – URL: <https://yandex.ru/map-constructor/> (дата обращения: 19.03.2023). – Текст: электронный.
30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) – М.; Рид Групп, 2023.
31. ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора – М.: Издательство стандартов, 1993. – 15 с.
32. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 9 с.
33. ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места – М.: Издательство стандартов, 1990. – 3 с.

34. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.
35. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
36. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
37. СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума.
38. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере – Утверждено Приказом Минсвязи РФ от 2 июля 2001 г. № 162.
39. ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019. Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки.
40. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
41. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
42. ГОСТ Р 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
43. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 20 с.
44. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
45. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
46. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
47. Постановление Правительства РФ № 2398 от 31.12.2020 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Использованные данные

Таблица А.1 – Индексы за период 19.05.21-24.06.21

Дата	У.1			У.2			У.3			У.4			Фон 1			Фон 2		
	NDMI	NDWI	NDVI															
19.05.2021	-	-	-	-0,1	-0,57	0,46	-	-	-	0	-0,38	0,34	-	-	-	0,06	-0,35	0,33
20.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.05.2021	-0,02	-0,57	0,49	-0,13	-0,55	0,44	-0,19	-0,5	0,35	-0,14	-0,48	0,4	-0,01	-0,59	0,57	0	-0,59	0,58
23.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.05.2021	0,01	-0,56	0,61	-0,04	-0,12	0,13	-0,07	-0,4	0,39	-0,16	-0,47	0,43	0,04	-0,25	0,28	0,18	-0,53	0,66
30.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31.05.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03.06.2021	0,09	-0,42	0,5	-0,04	-0,54	0,56	0	-0,52	0,53	-0,1	-0,48	0,48	0,17	-0,56	0,69	0,16	-0,58	0,72
04.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.06.2021	0,12	-0,6	0,71	0	-0,58	0,63	0,1	-0,51	0,58	-0,08	-0,52	0,54	0,23	-0,62	0,76	0,16	-0,62	0,75
09.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.06.2021	0,12	-0,64	0,73	0,01	-0,6	0,65	0,05	-0,61	0,65	-0,07	-0,55	0,57	0,19	-0,65	0,79	0,16	-0,64	0,78
12.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.06.2021	0,13	-0,64	0,75	-	-	-	-	-	-	-0,02	-0,5	0,54	-	-	-	-	-	-
15.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.06.2021	0,15	-0,63	0,73	0,05	-0,59	0,65	0,11	-0,62	0,68	-0,03	-0,55	0,58	0,2	-0,6	0,72	0,18	-0,63	0,76
17.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.06.2021	0,14	-0,6	0,72	-	-	-	-	-	-	-0,02	-0,53	0,57	-	-	-	-	-	-
20.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.06.2021	-	-	-	0,04	-0,56	0,64	0,12	-0,61	0,7	-0,03	-0,51	0,56	0,19	-0,59	0,74	0,17	-0,47	0,61
22.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,01	-0,5	0,55	0,19	-0,57	0,71	0,18	-0,55	0,69
24.06.2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,13	-0,35	0,41	-	-	-	-	-	-

Таблица А.2 – Показатели температуры воздуха, температуры поверхности земли и влажности за период 19.05.21-24.06.21

Дата	У.1			У.2			У.3			У.4			Фон 1			Фон 2		
	T _п , °C	T _в , °C	W, мм	T _п , °C	T _в , °C	W, мм	T _п , °C	T _в , °C	W, мм	T _п , °C	T _в , °C	W, мм	T _п , °C	T _в , °C	W, мм	T _п , °C	T _в , °C	W, мм
19.05.2021	-	8,2	0	-	7,6	0	-	8,2	0	-	7,6	0	-	9,3	0	-	7,6	0
20.05.2021	-	10,5	0	-	9,8	0	-	10,5	0	-	9,8	0	-	11,8	0	-	9,8	0
21.05.2021	-	11,2	0	-	11,5	0	-	11,2	0	-	11,5	0	-	13,5	0	-	11,5	0
22.05.2021	-	9,5	0	-	10,4	0	-	9,5	0	-	10,4	0	-	13,6	0	-	10,4	0
23.05.2021	-	10,1	0	-	11,3	0	-	10,1	0	-	11,3	0	-	14,3	0	-	11,3	0
24.05.2021	-	18,9	0	-	13,3	0,5	-	18,9	0	-	13,3	0,5	-	14,4	0,1	-	13,3	0,5
25.05.2021	-	17	0	-	13,8	0	-	17	0	-	13,8	0	-	17,9	1	-	13,8	0
26.05.2021	-	21,1	2	-	21	0	-	21,1	2	-	21	0	-	18,9	2	-	21	0
27.05.2021	-	16,3	0	-	17	0,3	--	16,3	0	-	17	0,3	-	18,4	0	-	17	0,3
28.05.2021	-	24,3	0	-	20,6	0	-	24,3	0	-	20,6	0	-	22,6	0	-	20,6	0
29.05.2021	-	23,5	1	-	23,7	0	-	23,5	1	-	23,7	0	-	25	1	-	23,7	0
30.05.2021	-	14,5	0	-	20,6	0,4	-	14,5	0	-	20,6	0,4	-	21,2	1	-	20,6	0,4
31.05.2021	-	20,8	0	-	21,6	0	-	20,8	0	-	21,6	0	-	19,9	0	-	21,6	0
01.06.2021	-	20	0	-	23	3	-	20	0	-	23	3	-	20	2	-	23	3
02.06.2021	-	23,2	0	-	22,8	0	-	23,2	0	-	22,8	0	-	24,6	0	-	22,8	0
03.06.2021	23,7	26,6	0	26,6	26,2	0	23,5	26,6	0	28,9	26,2	0	22	26,4	0	23,4	26,2	0
04.06.2021	-	30,6	0	-	29,8	0	-	30,6	0	-	29,8	0	-	30,6	0	-	29,8	0
05.06.2021	-	30,4	0	-	30,8	0	-	30,4	0	-	30,8	0	-	31	0	-	30,8	0
06.06.2021	-	16,4	3	-	15	0	-	16,4	3	-	15	0	-	18,4	0,6	-	15	0
07.06.2021	-	16,1	1	-	18,2	0,1	-	16,1	1	-	18,2	0,1	-	18,7	0	-	18,2	0,1
08.06.2021	-	21,4	3	-	25,2	2	-	21,4	3	-	25,2	2	-	23,6	5	-	25,2	2
09.06.2021	-	14,2	1	-	12,2	0	-	14,2	1	-	12,2	0	-	15,1	1	-	12,2	0
10.06.2021	18,6	19,1	0	-	19,8	0	18,8	19,1	0	23,3	19,8	0	-	20,3	0	17,5	19,8	0
11.06.2021	-	24,7	0,3	-	24,5	0	-	24,7	0,3	-	24,5	0	-	23,9	0	-	24,5	0
12.06.2021	-	18,5	0	-	17,7	0	-	18,5	0	-	17,7	0	-	20,5	0,8	-	17,7	0
13.06.2021	-	20,7	0	-	18	0	-	20,7	0	-	18	0	-	19,2	0,4	-	18	0
14.06.2021	-	25,2	0	-	21,7	0	-	25,2	0	-	21,7	0	-	23,4	0	-	21,7	0
15.06.2021	-	25,6	0	-	22,3	0	-	25,6	0	-	22,3	0	-	24,7	0	-	22,3	0

Продолжение таблицы А.2

16.06.2021	-	24,7	0	-	25,6	0	-	24,7	0	-	25,6	0	-	29,5	0	-	25,6	0
17.06.2021	-	27,1	0	-	26,6	0	-	27,1	0	-	26,6	0	-	27,4	0	-	26,6	0
18.06.2021	-	30,3	0	-	26,2	0	-	30,3	0	-	26,2	0	-	29,5	0	-	26,2	0
19.06.2021	26	29	0	27,2	30,7	0	23,3	29	0	29,8	30,7	0	22,2	29,9	0	24,8	30,7	0
20.06.2021	-	30,5	0	-	32,6	0	-	30,5	0	-	32,6	0	-	31,9	0	-	32,6	0
21.06.2021	-	32,3	0	-	33,7	0	-	32,3	0	-	33,7	0	-	34,4	0	-	33,7	0
22.06.2021	-	34,5	0	-	35,6	0	-	34,5	0	-	35,6	0	-	33,8	0	-	35,6	0
23.06.2021	-	31,7	0	-	34,4	0	-	31,7	0	-	34,4	0	-	32	0	-	34,4	0
24.06.2021	-	29,4	0	-	30,5	3	-	29,4	0	-	30,5	3	-	27,9	0,3	-	30,5	3

Таблица А.3 – Показатели температуры воздуха, температуры точки росы на 12:00 по местному времени и дефицита точки росы за период 02.06.21-24.06.21

Дата	У.1			У.2			У.3			У.4			Фон 1			Фон 2		
	T _в , °C	r, °C	d	T _в , °C	r, °C	d	T _в , °C	r, °C	d	T _в , °C	r, °C	d	T _в , °C	r, °C	d	T _в , °C	r, °C	d
02.06.2021	15,4	6,6	8,8	19,8	-0,1	19,9	15,4	6,6	8,8	19,8	-0,1	19,9	22,1	3,8	18,3	19,8	-0,1	19,9
03.06.2021	22,2	10,1	12,1	21	11	10	22,2	10,1	12,1	21	11	10	22,2	8,1	14,1	21	11	10
04.06.2021	22,5	8,6	13,9	25,3	7,6	17,72	22,5	8,6	13,9	25,3	7,6	17,72	22	10,3	11,7	25,3	7,6	17,72
05.06.2021	12,6	9,2	3,4	25,7	3,5	22,2	12,6	9,2	3,4	25,7	3,5	22,2	26	4,6	21,4	25,7	3,5	22,2
06.06.2021	13,2	5,8	7,4	12,5	5,6	6,9	13,2	5,8	7,4	12,5	5,6	6,9	15,8	2,5	13,3	12,5	5,6	6,9
07.06.2021	14,9	1,1	13,8	16,4	-1,3	17,7	14,9	1,1	13,8	16,4	-1,3	17,7	17,7	-0,7	18,4	16,4	-1,3	17,7
08.06.2021	19	4,2	14,8	16,4	8,8	7,6	19	4,2	14,8	16,4	8,8	7,6	19,6	4,1	15,5	16,4	8,8	7,6
09.06.2021	11,3	3,4	7,9	9	4,7	4,3	11,3	3,4	7,9	9	4,7	4,3	11,5	4,6	6,9	9	4,7	4,3
10.06.2021	15,7	2,3	13,4	13	3,4	9,6	15,7	2,3	13,4	13	3,4	9,6	17,8	4	13,8	13	3,4	9,6
11.06.2021	20,7	3,9	16,8	17,7	4,2	13,5	20,7	3,9	16,8	17,7	4,2	13,5	20,3	5,6	14,7	17,7	4,2	13,5
12.06.2021	15,4	6,4	9	10,6	5,6	5	15,4	6,4	9	10,6	5,6	5	10	8,1	1,9	10,6	5,6	5
13.06.2021	19,2	5,3	13,9	16,2	5,1	11,1	19,2	5,3	13,9	16,2	5,1	11,1	16,3	4,1	12,2	16,2	5,1	11,1
14.06.2021	19,6	8,5	11,1	18,1	1,7	16,4	19,6	8,5	11,1	18,1	1,7	16,4	20	4,8	15,2	18,1	1,7	16,4
15.06.2021	16,9	10,3	6,6	20,6	3,4	17,2	16,9	10,3	6,6	20,6	3,4	17,2	21,7	6,7	15	20,6	3,4	17,2
16.06.2021	20,7	10	10,7	19,3	8,8	10,5	20,7	10	10,7	19,3	8,8	10,5	24,6	5,3	19,3	19,3	8,8	10,5
17.06.2021	23,8	12,5	11,3	22,2	6,6	15,6	23,8	12,5	11,3	22,2	6,6	15,6	23,6	8,9	14,7	22,2	6,6	15,6
18.06.2021	25,2	7,5	17,7	18,7	13,4	5,3	25,2	7,5	17,7	18,7	13,4	5,3	20,2	13,6	6,6	18,7	13,4	5,3
19.06.2021	26,6	11,8	14,8	22,7	14,8	7,9	26,6	11,8	14,8	22,7	14,8	7,9	26,2	6,2	20	22,7	14,8	7,9
20.06.2021	25	14,7	10,3	27,6	12,4	15,2	25	14,7	10,3	27,6	12,4	15,2	29,4	11,2	18,2	27,6	12,4	15,2
21.06.2021	27	16	11	29,3	9,8	19,5	27	16	11	29,3	9,8	19,5	30,8	12,1	18,7	29,3	9,8	19,5
22.06.2021	27,1	17,2	9,9	26	15,5	10,5	27,1	17,2	9,9	26	15,5	10,5	31	12,2	18,8	26	15,5	10,5
23.06.2021	22	15,3	6,7	23,4	12,6	10,8	22	15,3	6,7	23,4	12,6	10,8	26,8	12,5	14,3	23,4	12,6	10,8
24.06.2021	23,3	14,1	9,2	19,6	16,1	3,5	23,3	14,1	9,2	19,6	16,1	3,5	21,4	16,1	5,3	19,6	16,1	3,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(рекомендуемое)

Участие в конференциях



N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

XXV Международная экологическая студенческая конференция

«Экология России и сопредельных территорий»

ДИПЛОМ

II степени

вручается

Смирнову

Антону Александровичу

за успешное выступление с докладом
на конференции

Ректор НГУ,
академик РАН
профессор

М.П. Федорук

Новосибирск 2022

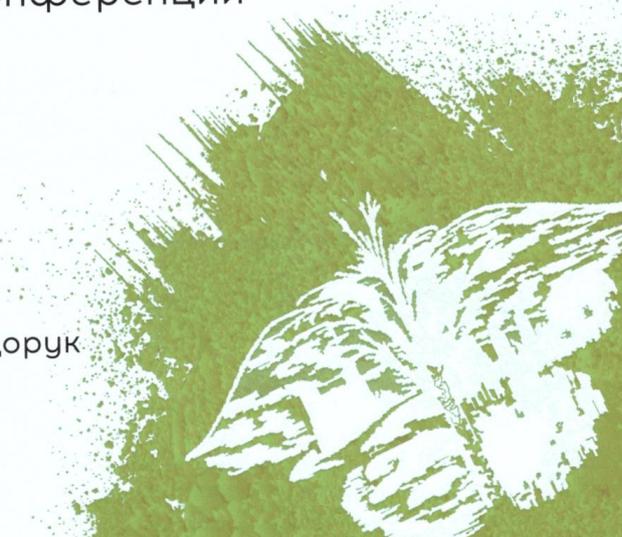


Рисунок Б.1 – Диплом II степени за участие в конференции МЭСК-2022