

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Касымханова Камила Женисовна

«Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки последствий
природных катаклизмов»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой МДиГ
к.т.н, ассоц. профессор
Г. Мейрамбек
« 10 » 06 20__ г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки
последствий природных катаклизмов»

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнила

Касымханова К.Ж.

Рецензент

МОК

к.т.н, ассоц. профессор

Омиржанова Ж.Т.
« 13 » 06 2025 г.

Научный руководитель

КазНТУ им.К.И.Сатпаева

кафедра МДиГ

доктор PhD, ассоц. профессор

Токтаров А. А.
« 10 » 06 2025 г.

Подпись Омиржановой Ж.Т.
завещаю
HR департамент
« 13 » 06 2025

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Маркшейдерское дело и геодезия»,
к.т.н., ассоц. профессор

_____ Г. Мейрамбек
« 19 06 » 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Касымхановой Камиле Женисовне

Тема: Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки последствий
природных катаклизмов

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам № 26-П/О от 29.01.2025г.

Срок сдачи законченной работы « 6 » июня 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: материалы, полученные с сайта “EarthExplorer”, в виде
съемок со спутников Landast 8 и Landsat 9

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Использование ГИС для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий;
- б) Теоретические аспекты исследования лесных пожаров с помощью ГИС-технологий;
- в) Анализ данных лесных пожаров и оценка последствий пожара в Абайской области;
- г) Проведение геоинформационного анализа индекса NDWI и NBR;

Перечень графического материала: Представлены в виде 20 слайдов презентации.

Рекомендуемая основная литература:

1. Ипалаков Т.Т., Дранникова Ж.А., “Современное применение ГИС технологий для
управления территорией (предупреждения и ликвидации последствий ЧС)”, *Восточно
Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева*, 2017.
2. Мавлютов А.Р., Выдрин Д.Ф., Мавлютов А.Р. “Применение геоинформационных
систем (ГИС) в области управления лесным хозяйством”, 2017.

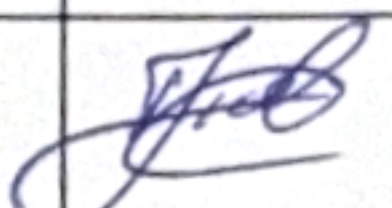
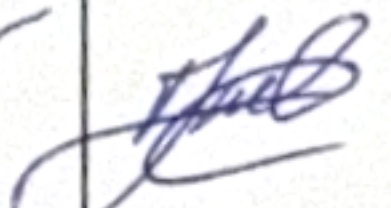
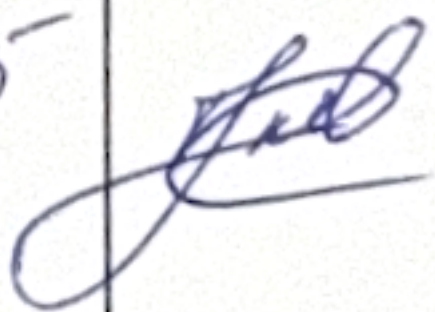
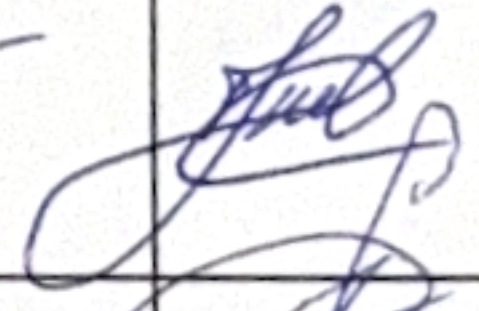
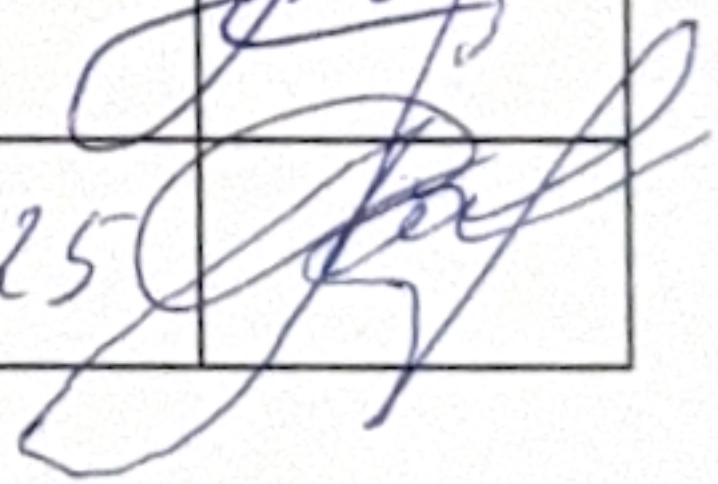
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Постановка проблемы и цели дипломной работы	20.01.2025	нет
ГИС-технологии как решение проблемы	27.02.2025	нет
Применение ГИС-технологий для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий	19.03.2025	нет
Геоинформационное программное обеспечение Arcgis	09.04.2025	нет

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Постановка проблемы и цели дипломной работы	Токтаров А.А. доктор PhD, ассоц.проф	20. 01. 2025	
ГИС-технологии как решение проблемы	Токтаров А.А. доктор PhD, ассоц.проф	27. 02. 2025	
Применение ГИС-технологий для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий	Токтаров А.А. доктор PhD, ассоц.проф	19. 03. 2025	
Геоинформационное программное обеспечение Arcgis	Токтаров А.А. доктор PhD, ассоц.проф	09. 04. 2025	
Норм контролер	Киргизбаева Д.М. доктор PhD, ассоц.проф	13. 06. 2025	

Научный руководитель

Токтаров А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся

Касымханова К.Ж.

Дата

« 10 » 01 2025 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс табиғи апаттардың салдарын бағалау және болжау мәселелеріне арналған. Дипломдық жұмыстың мақсаты – ГАЖ технологиялар арқылы табиғи апаттарды бақылау және бағалау процесін сипаттау. Табиғи апаттарды бақылау мен бағалаудағы басты қиындық – ауа-райы. Сондай-ақ, қажетті түсірілім кезінде спутниктердің оранласуынан тұратын күрделілік бар. Бірінші мәселенің шешімі – ғарыштық суреттерге арналған жетілдірілген жабдық. Екінші мәселені шеші үшін ArcGIS бағдарламалық жасақтамасы қолданады.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена вопросам оценки последствий и прогнозирования природных катастроф. Целевое назначение дипломной работы заключается в описании процесса мониторинга и оценки стихийных бедствий с помощью ГИС-технологий. Основная трудность при мониторинге и оценки природных катаклизмов – погодные условия. Также имеется сложность, которая заключается в расположении спутников во время необходимой съемки. Решением первой проблемы является усовершенствованное оборудование для космических снимков. Для решения второй проблемы применяется программное обеспечение ArcGIS.

ANNOTATION

This research paper is develop to the assessment of the consequences and forecasting of natural disasters. The purpose of the thesis is to describe the process of monitoring and assessing natural disasters using GIS technologies. The main difficulty in monitoring and assessing natural disasters is weather conditions. There is also a difficulty that lies in the locations of the satellites during the necessary survey. The solution to the first problem is improved satellite imaging equipment. To the solve second problem, the ArcGIS software is used.

Содержание

Введение	7
1 Постановка проблемы и цели дипломной работы	9
1.1 Лесные пожары	9
1.2 Статистика лесных пожаров в Казахстане	9
1.3 Причины лесных пожаров	11
1.4 Пожарные риски	12
2 ГИС-технологии как решение проблемы	14
2.1 Истоки и развитие технологий ГИС	14
2.2 Ключевые элементы геоинформационных систем	15
2.3 Мониторинг	17
3 Применение ГИС-технологий для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий	19
3.1 Прогнозирование лесных пожаров	19
3.2 Прогнозирование землетрясений	20
3.3 Геоинформационные методы и технологии в системе предотвращения и оперативного управления лесными пожарами	22
3.4 Применение геоинформационных технологий в системах раннего оповещения о землетрясениях и управлении чрезвычайными ситуациями	24
3.5 Лесной пожар в районе города Риддер в 2021 году (Республика Казахстан)	25
3.6 Исследование лесного пожара в Абайской области 2023 г.	27
4 Геоинформационное программное обеспечение Arcgis	35
4.1 Возникновение программного обеспечения ArcGIS	35
4.2 Возможности и использование	36
Заключение	38
Список использованной литературы	39

ВВЕДЕНИЕ

Стихийные бедствия в течение всей человеческой истории причиняли серьёзный вред окружающей среде. Наводнения, ураганы, землетрясения, лесные пожары и другие катастрофы могут в кратчайшие сроки изменить судьбы колоссального числа людей. Они приходят внезапно, без предупреждения, нарушая привычный ритм жизни, и оставляя за собой человеческие жертвы, экономическую, социальную нестабильность и экологический дисбаланс. Для человечества крайне важно своевременно отслеживать и анализировать эти явления, чтобы снизить риск их возникновения и минимизировать последствия.

Ключевым инструментом в этом процессе являются геоинформационные системы (ГИС) — современные технологии, позволяющие следить за природными катастрофами и проводить их детальный анализ. С помощью ГИС можно с легкостью работать с Big Data (большие массивы данных), объединяя спутниковые снимки, информацию дистанционного зондирования, наземные наблюдения и статистику по населению. Данный метод позволяет получить цельную картину происходящего и максимально точно оценить масштабы разрушений. Такой подход крайне важен для того, чтобы принимать взвешенные решения и эффективно действовать в экстренных ситуациях.

В рамках этой работы подробно раскрывается каким образом технологии геоинформационных систем (ГИС) служат для отслеживания лесных пожаров и землетрясений. Особое внимание уделяется практической стороне вопроса и инструментам, помогающим выявлять причины стихийных бедствий и оценивать нанесённый ими ущерб. Основная цель исследования — продемонстрировать возможности ГИС как эффективного инструмента для оперативного реагирования и управления чрезвычайными ситуациями, а также показать, как эти технологии могут пригодиться для минимизации негативных последствий природных катаклизмов.

Помимо всего прочего, в работе приводятся реальные ситуации применения ГИС для мониторинга и анализа природных катастроф. Текущее исследование может оказаться ценным источником информации для специалистов в области гражданской обороны, представителей государственных органов, научного сообщества, а также всех, кто заинтересован в инновационных технологиях, созданных для предотвращения и смягчения последствий природных бедствий. Как уже говорилось ранее, стихийные бедствия наносят удар по разным сторонам жизни: физической, экономической, социальной и экологической. Физический урон обычно выражается в разрушении домов, мостов, дорог и другой ключевой инфраструктуры. Экономические убытки включают не только затраты на восстановление разрушенного, но и косвенный ущерб — простои в работе предприятий. Последствия таких катастроф могут быть настолько серьёзными, что на восстановление потерь уходит не один год.

Под социальным уроном в первую очередь подразумевается риск для человеческих жизней и угроза их благополучию. Это не всегда гибель людей

напрямую. Также сюда входят: физические травмы, психологический ущерб для тех, кто потерял близких, давление на тех, кто оказался в эпицентре событий. Потеря дома, работы или возможности учиться может привести к длительным социальным проблемам: росту преступности, увеличению числа бездомных и общей дестабилизации в обществе.

Немаловажны и экологические последствия: разрушение природных территорий, загрязнение воды и воздуха, исчезновение видов животных и разрушение цепочек в экосистемах. Из-за нарушения естественного порядка вещей, всё это сказывается не только на состоянии окружающей среды, но и на здоровье людей, проживающих в пострадавших районах.

Очевидно одно — стихийные бедствия представляют собой серьёзную угрозу всем сферам человеческой жизни. Именно поэтому так важно заранее разрабатывать план действий на случай ЧС и внедрять технологии для оперативного реагирования.

1. Постановка проблемы и цели дипломной работы

1.1 Лесные пожары

Лесные пожары относятся к одним из наиболее разрушительных природных катастроф. После возникновения они стремительно распространяются, причиняя серьёзный ущерб флоре, фауне и человеческим объединениям. Последствия могут быть ужасающими: от уничтожения жилых построек до гибели целых природных зон. Аналогично, землетрясения способны нанести значительный и часто необратимый урон как людям, так и окружающей среде. Это справедливо и в отношении других форм природных бедствий. Тем не менее, ГИС системы позволяют предотвращать и минимизировать риски. В рамках данной работы основное внимание будет уделено анализу причин и оценке последствий лесных пожаров как примера. Следует отметить, что предложенные подходы могут быть с успехом применены и к другим видам природных бедствий.

1.2 Статистика лесных пожаров в Казахстане

Согласно данным, опубликованным Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (2022), в течение 2021 года на территории страны было зафиксировано 11 640 оперативных выездов, связанных с ликвидацией пожаров. Подразделения, подведомственные МЧС, осуществили широкий комплекс мероприятий по реагированию на чрезвычайные ситуации. Авиационное подразделение АО «Казавиаспас» выполнило 2 901 вылет с целью проведения поисково-спасательных операций, доставки персонала, тушения пожаров и выполнения иных задач. В рамках обеспечения пожарной безопасности было осуществлено 191 оперативное выездное мероприятие по тушению очагов возгорания.

Всего за отчетный период 2021 года на территории Республики Казахстан было зарегистрировано 13 038 чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения. В результате этих происшествий пострадали 1 835 человек, из которых 896 получили смертельные травмы. Суммарный материальный ущерб, причинённый чрезвычайными событиями, оценивается в 10 191 миллион тенге (рисунок 1).[4]

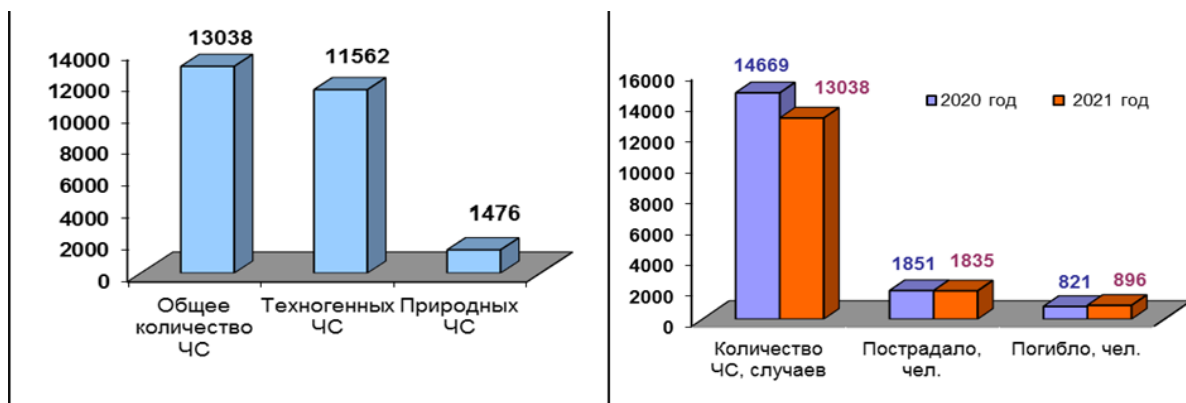


Рисунок 1 – Сравнительная характеристика ЧС за 2020 и 2021 годы.

На долю чрезвычайных ситуаций техногенного характера приходится 98,5% от общего количества зарегистрированных ЧС, что эквивалентно 11 562 зафиксированным случаям. В результате данных происшествий пострадали 1 052 человека, из которых 460 — скончались. Основная часть инцидентов техногенного происхождения связана с производственными и бытовыми пожарами, на долю которых приходится 95,7% всех техногенных ЧС. В течение двенадцати месяцев 2021 года было зафиксировано 11 392 случая пожаров.

В то же время чрезвычайные ситуации природного характера составляют 11,3% от общего числа ЧС. В 2021 году было зарегистрировано 1 476 таких инцидентов. В результате данных происшествий пострадали 783 человека, из которых 436 — погибли (рисунок 2).

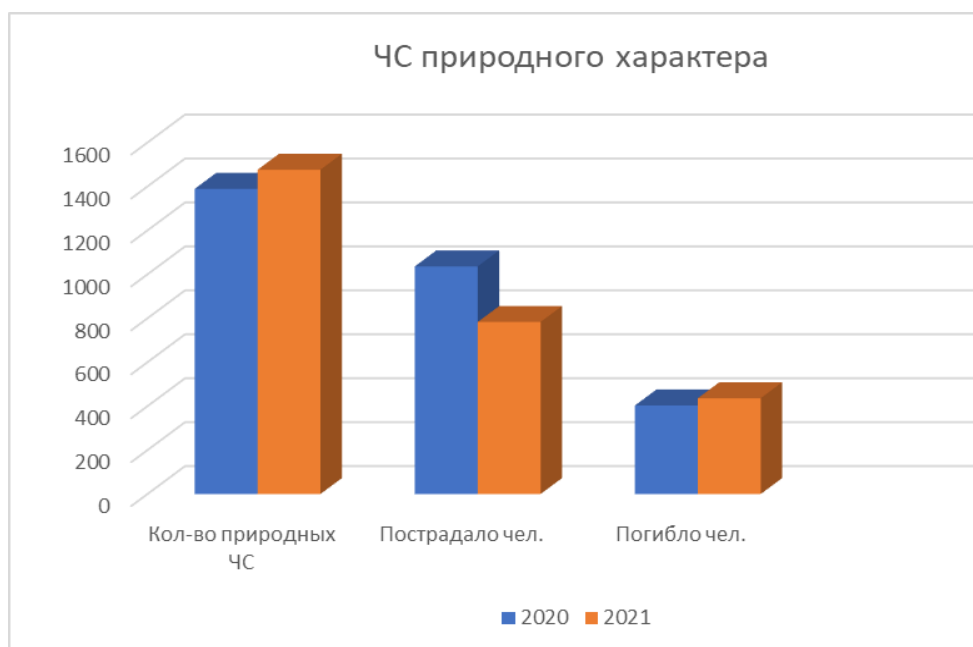


Рисунок 2 – Число пострадавших и погибших людей из-за ЧС природного характера за 2020-2021 год

Учитывая масштабное количество инцидентов, связанных с лесными возгораниями, а также значительный ущерб, который они причиняют, становится очевидной актуальность и значимость текущего исследования. Его основная задача — помочь обеспечить наивысший уровень безопасности за счёт применения инновационных технологий. В качестве отправной точки целесообразно будет рассмотреть и проанализировать ключевые факторы и процессы, способствующие возникновению лесных пожаров.

1.3 Причины возникновения лесных пожаров

В настоящее время подавляющее большинство лесных пожаров обусловлено деятельностью человека. Среди ключевых факторов можно выделить: трансформацию земельного фонда, активную вырубку лесов и расширение аграрного сектора. Например, строительство городов, прокладка автодорог и иных объектов инфраструктуры приводит к разделению лесных участков. Это нарушает естественные процессы, в том числе те, что регулируют воспламеняемость растительного покрова.

Вырубка деревьев, в свою очередь, увеличивает объём сухой растительности и древесных остатков, что способствует накоплению легковоспламеняющегося материала. Особенно опасным остаётся использование открытого огня в сельском хозяйстве как способ очистки земель, несмотря на существующие запреты и регламенты. Подобные решения зачастую становятся причиной масштабных возгораний.

Нельзя не учитывать и влияние глобальных климатических изменений. Рост среднемесячных температур, сокращение количества осадков и удлинение периодов засухи заметно повышают вероятность природных пожаров. Всё это в совокупности формирует замкнутый цикл: повышенная уязвимость ландшафта сочетается с активной хозяйственной эксплуатацией территорий и климатическими аномалиями, что увеличивает частоту и силу пожаров.

С учётом вышеизложенного, становится очевидной необходимость системного подхода к снижению риска возгораний. Это включает в себя как меры предосторожности лесопользования, так и адаптацию к климатическим изменениям. Существенную роль при этом играют цифровые технологии, в частности — геоинформационные системы, позволяющие не только отслеживать риски, но и эффективно управлять ситуацией на всех этапах — от профилактики до ликвидации последствий.

1.4 Пожароопасные риски

Как уже было отмечено, лесные пожары представляют собой стихийное, трудно контролируемое явление, наносящее значительный ущерб окружающей среде, экономике и обществу. В связи с этим, особую актуальность приобретает изучение методов оценки рисков их возникновения, а также поиск эффективных подходов к их минимизации.

Под понятием «пожарный риск» принято понимать вероятность реализации пожарной угрозы и её возможных последствий. В отличие от самой пожарной опасности, которая представляет лишь потенциальную возможность возгорания, пожарный риск отражает конкретную вероятность возникновения пожара и масштаб его воздействия. Соответственно, «пожарный риск» можно охарактеризовать как совокупность вероятности возникновения очага возгорания, его распространения и вызванного ущерба в пределах лесного массива [3]. На эту величину влияет целый ряд факторов. При этом одни из них могут одновременно повышать риск возникновения пожара, но снижать его дальнейшее распространение. Например, развитая транспортная инфраструктура может способствовать росту антропогенной пожарной угрозы, но в то же время обеспечивает доступ для оперативного реагирования и облегчает логистику пожаротушения.

Процесс оценки рисков основывается на анализе определённых параметров, играющих роль детерминирующих факторов — так называемых возбудителей риска. Следует отметить, что подходы к оценке пожарных рисков могут значительно различаться в зависимости от страны и уровня анализа (региональный, национальный, локальный). Это приводит к тому, что используемые методики и итоговые индексы нередко оказываются трудно сопоставимыми. В данной работе рассматриваются основные переменные, применяемые для расчёта риска лесных пожаров, а также кратко анализируются наиболее распространённые индексы оценки.

Одной из ключевых групп параметров являются метеорологические показатели. Вероятность возгорания и динамика распространения огня тесно связаны с погодными условиями. Среди наиболее значимых факторов можно выделить солнечную радиацию, температуру воздуха, уровень влажности, количество осадков, а также скорость и направление ветра. Немаловажную роль играет вертикальное строение атмосферы. Все эти элементы являются переменными с высокой степенью изменчивости, что существенно усложняет процесс оценки риска. Данные параметры относятся к категории неконтролируемых факторов.

Важное значение имеют параметры, отражающие антропогенное воздействие на природную среду. В настоящее время основная доля лесных пожаров обусловлена именно деятельностью человека. Несоблюдение норм пожарной безопасности, проведение неконтролируемых агропалов, несанкционированное выжигание растительности, а также преднамеренные

поджоги значительно повышают вероятность возникновения пожаров. Подобные факторы, как правило, изменяются незначительно во времени и относятся к категории статических параметров. Их анализ требует использования ретроспективных данных, что позволяет выявить устойчивые тенденции и закономерности, связанные с человеческим фактором в возникновении возгораний. Установлена прямая корреляция между плотностью населения и числом зарегистрированных пожаров: с ростом плотности возрастает и уровень пожарной опасности. Примечательно, что в населённых пунктах с относительно низкой численностью населения чаще наблюдаются пожары с большей средней площадью распространения. Таким образом, факторы, влияющие на возникновение лесопожарных рисков, могут быть классифицированы по степени управляемости и предсказуемости следующим образом:

- *Факторы, не поддающиеся прогнозированию и контролю*, такие как падение метеоритов и аналогичные стихийные явления;

- *Факторы, подлежащие обязательному учёту*, включая погодные условия, рельеф местности, тип растительности и другие природные характеристики;

- *Факторы, на которые возможно оказывать влияние*, например, проведение обучающих мероприятий по противопожарной безопасности среди населения, оснащение территорий специализированной техникой, установка пожарных наблюдательных вышек и развитие системы раннего обнаружения очагов возгорания.;

Для постановки следующей задачи вводятся следующие векторы и соответствующие обозначения:

$$R_0 = F(a^{\rightarrow} \rightarrow, x^{\rightarrow \rightarrow \rightarrow}) = \sum_{i=1}^n B_i (\sum_{j=1}^k A_{ij} a_i + \sum_{j=k+1}^1 A_{ij} x_j) \quad (1)$$

Где, $a^{\rightarrow}$ = неуправляемые параметры — количественные показатели, отражающие влияние различных факторов, включая природные, социальные и иные.

$x^{\rightarrow}$ = управляемые параметры — показатели, которые могут корректироваться в результате проведения мероприятий, направленных на снижение рисков лесных пожаров.

B_i – Значимость i -го типа пожарной опасности в комплексной оценке.

A_{ij} – коэффициент, учитывающий влияние на i -ый вид пожарной опасности j -го параметра.

В заключение стоит подчеркнуть, что оценка риска лесных пожаров представляет собой ключевой инструмент для их эффективного управления и предотвращения. Современные технологии и инструменты позволяют специалистам выявлять уязвимые зоны и приоритизировать усилия для минимизации последствий пожаров

2. ГИС-технологии как эффективный инструмент решения проблемы

2.1 Истоки и развитие технологий ГИС

Геоинформационные системы (ГИС) представляют собой одну из ключевых современных технологий, в корне изменившим подход к обработке, анализу и представлению пространственно-ориентированных данных. Их внедрение оказало значительное влияние на множество сфер деятельности — от экологического мониторинга и градостроительства до медицины, логистики и, конечно, управления чрезвычайными ситуациями. В контексте данной работы особое внимание уделяется возможностям применения ГИС в предсказании и предотвращении природных катастроф, а также в эффективной организации реагирования на них. Чтобы лучше понять суть и потенциал этих технологий, важно проследить путь их становления и развития.

ГИС по своей сути — это интегрированный программно-технический комплекс, предназначенный для сбора, хранения, анализа и визуализации информации, связанной с географическим положением объектов. С помощью этой системы можно отображать сложные пространственные взаимосвязи в удобной графической форме: будь то карты, схемы или аналитические диаграммы.

Формирование ГИС как отдельной научно-практической области началось в 1960-х годах. Именно в этот период, на фоне стремительного развития вычислительной техники, группа специалистов Гарвардской лаборатории пространственного анализа во главе с Говардом Фишером начала работать над созданием цифровых методов обработки геоданных. Их трудом стала первая программная платформа — система «Harvard Graphics», позволившая обрабатывать пространственные массивы на компьютерах.

Одновременно с этим канадский исследователь Роджер Томлинсон разработал первую полнофункциональную систему, официально получившую статус геоинформационной. Эта разработка, созданная по заказу канадского правительства, получила название CGIS (Canadian Geographic Information System) и использовалась для оценки и планирования использования природных ресурсов. Впоследствии Томлинсона стали называть «отцом ГИС» за вклад в становление этой области.

В 1970-х годах началась коммерциализация ГИС — на рынок стали выходить первые программные продукты, ориентированные на пользователей из разных отраслей. В 1981 году компания Environmental Systems Research Institute (ESRI) представила своё программное обеспечение ArcInfo, которое быстро стало отраслевым стандартом и используется до сих пор. Это событие ознаменовало начало широкого распространения ГИС в практической деятельности.

В последующие десятилетия, особенно в 1980–1990-х годах, наблюдался активный рост функциональности ГИС-платформ: они стали проще в использовании, появились дружественные графические интерфейсы,

расширились аналитические возможности. Существенным толчком к развитию стало также внедрение технологий спутниковой навигации — особенно GPS, что позволило существенно повысить точность пространственных данных.

С начала 2000-х годов начался новый этап в истории ГИС — переход в интернет-пространство. Благодаря сетевым технологиям стало возможно не только дистанционно получать доступ к геоданным, но и коллективно работать с ними в режиме реального времени. Это дало пользователям новые инструменты для координации действий, обмена информацией и оперативного реагирования в условиях кризисных ситуаций.

На современном этапе развитие ГИС продолжается за счёт внедрения в неё инновационных решений, в частности — алгоритмов искусственного интеллекта и технологий машинного обучения. Такие интеграции позволяют автоматизировать анализ больших массивов данных, прогнозировать поведение природных процессов и строить адаптивные модели для принятия решений.

Таким образом, путь, пройденный ГИС-технологиями за последние десятилетия, является впечатляющим примером эволюции прикладной науки. Сфера их применения продолжает стремительно расширяться, а сама технология становится всё более универсальным инструментом, позволяющим эффективно решать задачи самого различного характера — от картографирования до антикризисного управления в условиях природных катастроф.

2.2 Ключевые элементы геоинформационных систем

Эффективное функционирование геоинформационных систем обеспечивается взаимодействием четырёх фундаментальных компонентов: технических средств, программных решений, информационных ресурсов и человеческого фактора. Каждый из этих элементов играет неотъемлемую роль в построении и эксплуатации ГИС, обеспечивая стабильную работу всей системы в целом.

Аппаратное обеспечение, или техническая база, представляет собой совокупность физических устройств, на которых осуществляется обработка пространственной информации. К ним относятся персональные компьютеры, серверные станции, плоттеры, GPS-приёмники, сканеры, а также иные устройства ввода-вывода данных. Конфигурация аппаратных средств определяется масштабом проекта и требуемой вычислительной мощностью. В условиях небольших задач достаточно использования стандартного офисного оборудования, тогда как для реализации крупномасштабных систем с высокими требованиями к объёму и скорости обработки информации могут потребоваться мощные серверные решения и специализированные рабочие станции.

Программное обеспечение служит логической основой любой ГИС. С помощью программных платформ осуществляется создание, систематизация, визуализация и аналитическая обработка пространственно-привязанной информации. Современный рынок предлагает разнообразие программных

решений, включая как коммерческие продукты, так и решения с открытым исходным кодом. Наибольшее распространение получили такие программные комплексы, как ArcGIS, QGIS и GRASS GIS, каждый из которых обладает собственным набором функциональных возможностей, адаптированных под различные задачи: от построения тематических карт и проведения пространственного анализа до выполнения геостатистических вычислений. В рамках данной работы акцент будет сделан на программном продукте ArcGIS как одном из наиболее функциональных инструментов для прогнозирования и мониторинга природных угроз.

Данные, или информационное наполнение ГИС, представляют собой основу для проведения любых аналитических операций. Пространственные данные классифицируются по структуре на векторные, растровые и табличные. Векторные форматы используются для моделирования объектов в виде точек, линий или полигонов, в то время как растровые данные применяются для описания непрерывных характеристик (например, высотных отметок, плотности растительности или температурных градиентов). Табличные же данные обеспечивают хранение и отображение атрибутивной информации, связанной с пространственными объектами. Источниками пространственных данных выступают государственные ведомства, научные учреждения, международные организации, а также коммерческие структуры, осуществляющие дистанционный мониторинг и обработку геоданных.

Квалифицированные специалисты играют ключевую роль в обеспечении жизненного цикла ГИС. Без компетентных кадров невозможно поддержание работоспособности системы на должном уровне. К этой категории относятся картографы, ГИС-аналитики, специалисты по пространственному моделированию, программисты и географы. Для эффективной работы в этой сфере требуется совокупность знаний в области геоинформатики, географии, статистики, математики и ИТ-технологий. Представители этих профессий востребованы в сферах территориального планирования, природоохранной деятельности, здравоохранения, логистики и управления рисками чрезвычайных ситуаций.

Помимо четырёх базовых компонентов, ГИС включает в себя ряд концептуальных и функциональных элементов, расширяющих её возможности:

- *Пространственные данные* — это любой тип информации, связанный с конкретным местоположением на поверхности Земли. К ним относятся: координаты (широта и долгота), сведения о рельефе, типах землепользования, экологических и демографических характеристиках территорий.

- *Географическая информация* — интерпретированная пространственная информация, представленная в виде картографических изображений, диаграмм, тематических схем и аналитических отчётов. Она служит основой для принятия решений и выработки управленческих стратегий.

- *Геокодирование* — процесс преобразования текстовых описаний местоположений (например, адресов или названий объектов) в координатную

форму. Это позволяет интегрировать данные из разных источников в единую пространственную систему.

- *Пространственный анализ* — совокупность методов и алгоритмов, направленных на выявление закономерностей, корреляций и аномалий в распределении пространственных данных. Данный вид анализа особенно актуален при оценке природных рисков, включая прогнозирование зон возможных стихийных бедствий.

- *Дистанционное зондирование* — технология удалённого получения информации о земной поверхности с помощью спутниковых и воздушных сенсоров. С её помощью возможно регулярное обновление данных о растительности, изменениях ландшафта и техногенных нарушениях.

- *Картография* — научная и техническая дисциплина, отвечающая за разработку, оформление и распространение картографических материалов. Карты являются основным средством визуализации пространственных данных в ГИС.

В заключение следует подчеркнуть, что ГИС — это не просто программно-аппаратный комплекс, а многоуровневая система, в которой каждый компонент дополняет и усиливает другие. Такая структура делает ГИС универсальным инструментом для моделирования, мониторинга и управления ситуациями, связанными с природными и техногенными угрозами.

2.3 Мониторинг

На текущем этапе анализа можно перейти к рассмотрению конкретных примеров, демонстрирующих, как именно геоинформационные технологии способны смягчать последствия природных и техногенных катастроф. Одной из ключевых функций ГИС в этой области является *мониторинг* — непрерывное отслеживание и фиксация параметров, характеризующих развитие и последствия чрезвычайных ситуаций.

Под мониторингом чрезвычайных ситуаций понимается систематический процесс сбора, обработки, анализа и распространения информации, связанной с такими явлениями, как землетрясения, наводнения, лесные пожары, ураганы или техногенные аварии (например, разливы токсичных веществ или утечки газа). Главной задачей мониторинга является своевременное предоставление точных и актуальных сведений заинтересованным сторонам — от специалистов служб гражданской защиты до представителей местных властей и самих жителей пострадавших территорий. Это позволяет оперативно принимать стратегически обоснованные меры для снижения рисков и последствий бедствия.

Источники данных, используемых для мониторинга, отличаются разнообразием. Одним из важнейших является *дистанционное зондирование*, в рамках которого спутники фиксируют изображения и измерения, отражающие текущее состояние территории. Такие снимки дают представление о масштабах разрушений, изменениях ландшафта, зонах риска, плотности задымления или

распространении пожара. Не менее значимую роль играют *наземные сенсоры*, регистрирующие в реальном времени параметры, характеризующие интенсивность природного явления: колебания земной коры, осадки, скорость ветра, температуру воздуха и другие важные показатели. Эти данные позволяют оценить текущее состояние природной среды и предсказывать возможное развитие ситуации.

Интересно отметить, что в последнее время всё большую ценность приобретают *данные из социальных сетей*. Люди, находящиеся в эпицентре событий, зачастую первыми передают информацию о происходящем — будь то текстовые сообщения, фотографии или видеоматериалы. Такие сообщения, при соответствующей обработке, становятся дополнительным источником оперативной информации, который может использоваться для верификации официальных данных и уточнения общей картины происходящего.

После того как информация собрана, её необходимо подвергнуть интерпретации и визуализации. Здесь в игру вступает *технология ГИС*, обеспечивающая возможность объединения разнородных источников данных (спутниковых снимков, погодных прогнозов, сейсмологических показаний, пользовательских сообщений) в единую аналитическую платформу. С помощью специализированных инструментов можно формировать тематические карты, 3D-модели, прогнозные графики и другие визуальные материалы, помогающие специалистам оценить масштабы происшествий и принять верные управленческие решения.

Помимо оперативного анализа, ГИС открывает возможности для *прогнозирования и моделирования* чрезвычайных ситуаций. Используя исторические данные о природных катастрофах, можно создавать сценарии будущих событий и оценивать вероятность повторения. Так, сопоставляя предыдущие случаи сильных осадков и паводков, можно определить территории с наибольшей уязвимостью и заранее организовать там необходимые меры: подготовить эвакуационные маршруты, распределить ресурсы, разместить технику и специалистов. Подобные превентивные действия существенно сокращают потери и увеличивают эффективность реагирования [1]

В заключение следует подчеркнуть, что благодаря возможностям геоинформационных систем, мониторинг чрезвычайных ситуаций выходит на качественно новый уровень.

3. Применение ГИС-технологий для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий

3.1 Прогнозирование лесных пожаров

Прогнозирование пожаров в лесах представляет собой совокупность методов и инструментов, направленных на предсказание вероятности возникновения, динамики распространения и интенсивности таких природных явлений. Раннее выявление очагов возгорания и построение точных прогностических моделей позволяют экстренным службам и органам управления принять превентивные меры: своевременно организовать эвакуацию населения, мобилизовать ресурсы и минимизировать возможный ущерб.

Одним из ключевых подходов в данной сфере является использование *технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС)*. Дистанционное зондирование обеспечивает получение актуальных спутниковых изображений, аэрофотоснимков и данных от различных сенсоров, фиксирующих изменения состояния растительного покрова, влажности почвы и других параметров, критически важных для оценки риска возгорания. Полученные данные обрабатываются и визуализируются с помощью ГИС-инструментов, позволяя формировать карты пожарной опасности, прогнозные модели распространения огня и планы эвакуации [12].

С помощью ГИС также можно интегрировать информацию из различных источников: спутниковые снимки, погодные условия, тип растительности, топографические особенности местности — в единую аналитическую среду. Такой подход повышает точность прогнозов и позволяет учитывать сложные взаимосвязи между факторами, влияющими на поведение огня. Например, данные о низкой влажности растительности в сочетании с высокой температурой воздуха и сильным ветром указывают на высокий риск стремительного распространения пожара.

Другим важным направлением прогнозирования является применение *метеорологических и климатических моделей*. Погодные параметры, такие как температура, скорость и направление ветра, атмосферная влажность и осадки, оказывают существенное влияние на вероятность возникновения пожара и его последующее развитие. Использование исторически запечатленных погодных данных и современных климатических моделей позволяет выявлять потенциально опасные периоды и заранее готовиться к условиям повышенного риска. Так, в условиях засушливой погоды при высоких температурах и усилении ветра существенно увеличивается вероятность лесных возгораний, тогда как продолжительные дожди, напротив, могут временно снизить пожарную опасность.

Кроме того, для повышения точности прогнозирования применяются дополнительные методы, включая отбор проб влажности топлива, полевые наблюдения и алгоритмы машинного обучения. Измерение влажности

растительности позволяет определить степень подверженности материала возгоранию, поскольку сухие участки более опасны. Наземные метеостанции и системы мониторинга пожарной опасности обеспечивают оперативное поступление данных, а анализ поведения огня непосредственно на местности помогает корректировать модели распространения пожара. Методы машинного обучения, такие как нейронные сети, деревья решений и алгоритмы случайного леса, позволяют выявлять скрытые закономерности в больших объемах исторических данных и формировать точные прогнозы.

Несмотря на достигнутый прогресс, в области прогнозирования лесных пожаров всё ещё присутствует *ряд проблем*, требующих внимания. Прежде всего, поведение огня отличается высокой степенью изменчивости, что обусловлено сложным взаимодействием природных и антропогенных факторов. Пожары могут внезапно менять направление из-за порывов ветра, а влажность растительности способна колебаться в течение суток, что существенно влияет на динамику горения. Кроме того, пожары нередко происходят в труднодоступных или малонаселённых районах, где сбор достоверных данных затруднён. Также стоит отметить, что комплексный анализ междисциплинарных данных требует высокой квалификации и специализированного программного обеспечения, доступ к которым может быть ограничен.

Тем не менее, несмотря на существующие трудности, *прогнозирование лесных пожаров* остаётся крайне важным инструментом, используемым для контроля природных катастроф. Системы раннего предупреждения, основанные на современных технологиях, позволяют своевременно информировать население, предотвращать человеческие жертвы и минимизировать ущерб экосистемам и инфраструктуре. Таким образом, интеграция ГИС и сопутствующих методов анализа способствует формированию устойчивых стратегий реагирования на угрозы, связанных с лесными пожарами.

3.2 Прогнозирование землетрясений

Землетрясения представляют собой внезапные тектонические явления, которые возникают в результате резкого высвобождения накопленной энергии в литосфере и сопровождаются распространением сейсмических волн. Поскольку такие процессы развиваются стремительно и зачастую без каких-либо предварительных признаков, задача точного прогнозирования землетрясений остаётся одной из самых сложных в современной науке. Тем не менее, в последние десятилетия стало заметно активное развитие научных подходов и технологий, направленных на выявление предвестников сейсмических событий. Также были снижены их последствия для населения и объектов инфраструктуры.

Ключевую роль в области прогнозирования землетрясений играет сейсмология — наука, изучающая механизмы возникновения и распространения сейсмических волн. Основным инструментом наблюдений являются сейсмометры - высокочувствительные приборы, регистрирующие

микроколебания земной поверхности. Эти устройства формируют глобальные сети мониторинга, данные которых позволяют отслеживать текущее состояние сейсмической активности, а также анализировать параметры прошедших землетрясений — их магнитуду, глубину очага и эпицентр. Комплексный анализ полученной информации способствует более глубокому пониманию механизмов тектонической активности и выявлению потенциально опасных зон.

Одним из направлений в прогнозировании является поиск сейсмических предвестников. К ним относятся феномены, предшествующие основному сейсмическому событию: это могут быть форшоки (небольшие подземные толчки), изменения в характеристиках сейсмических волн, а также зафиксированные деформации земной поверхности. Анализируя такие аномалии, исследователи стремятся обнаружить устойчивые корреляции, которые могли бы указывать на приближение крупного землетрясения. Однако на практике далеко не все разрушительные землетрясения сопровождаются ярко выраженными предвестниками, а фиксируемые сигналы могут быть ложными.

Другим важным методом является использование статистических и вероятностных моделей. На основе обширных исторических данных (включающих частоту, силу и локализацию сейсмических событий) формируются прогнозные алгоритмы, позволяющие оценить вероятность землетрясений в конкретных географических регионах. В этих моделях учитываются геологическая структура территории, скорость накопления тектонического напряжения, расположение разломов и прочие факторы. Несмотря на растущую точность таких подходов, они, как правило, позволяют оценить лишь вероятность возникновения землетрясения в определённый период времени, но не конкретные дату и место.

Существенным технологическим прорывом в этой области стало применение дистанционного зондирования, в частности спутниковых систем. Метод интерферометрии с радаром синтезированной апертуры (InSAR) позволяет с высокой точностью фиксировать горизонтальные и вертикальные смещения земной поверхности. Эти данные используются для мониторинга деформаций литосферы и анализа участков, в которых возможно накопление напряжения, способного привести к сейсмическому событию[6]. Благодаря регулярным спутниковым наблюдениям удаётся построить временные ряды изменений, выявить потенциальные очаги будущих землетрясений и оценить уровень сейсмической опасности.

Наряду с традиционными геофизическими подходами, в последние годы активно внедряются методы машинного обучения и анализа больших данных. Современные алгоритмы, например, такие как нейронные сети или случайные леса, обучаются на огромных массивах сейсмической, геодезической и геофизической информации для выявления скрытых закономерностей, которые сложно обнаружить при классическом анализе. Эти технологии расширяют горизонты в выявлении факторов риска и формировании сценариев для оперативного реагирования.

Необходимо отметить, что технологии геоинформационных систем (ГИС) играют не менее значимую роль в контексте прогнозирования и мониторинга землетрясений. С их помощью осуществляется пространственный анализ получаемых данных, построение интерактивных карт сейсмической активности, моделирование потенциальных зон разрушений, а также предоставляется функционал для принятия оперативных решений. Интеграция ГИС с другими источниками информации, такими как: данные спутников, наземных сенсоров и математических моделей, позволяет получить целостное представление о текущей сейсмической обстановке.

Таким образом, хотя абсолютная точность в предсказании землетрясений пока остаётся недостижимой, совокупное применение различных методов — от классической сейсмологии до современных технологий дистанционного зондирования и ИИ-моделей существенно повышает эффективность оценки сейсмического риска. Комплексный подход, включающий в себя обработку данных, инновационные технологии и междисциплинарный анализ, является основой для формирования стратегий снижения последствий разрушительных землетрясений.

3.3 Геоинформационные методы и технологии в системе предотвращения и оперативного управления лесными пожарами

Использование геоинформационных систем (ГИС) в области предупреждения и ликвидации лесных пожаров позволяет существенно повысить эффективность управления рисками природных возгораний. ГИС-технологии обеспечивают сбор, обработку, интеграцию и визуализацию пространственно-привязанных данных, что способствует принятию обоснованных решений на всех этапах — от профилактики до восстановления после пожаров [7].

На этапе предотвращения пожаров одним из главных преимуществ ГИС является возможность объединения данных из различных источников: метеорологических служб, спутников дистанционного зондирования, данных о растительном покрове, землепользовании, рельефе и других природных и антропогенных факторов. Такая выборка позволяет формировать карты *пожарной опасности*, на которых выделяются территории с повышенным риском возгораний. С помощью пространственного анализа можно выявлять критические зоны и строить *прогностические модели*, определяющие наиболее вероятные направления распространения огня. Полученная информация служит основой для проведения профилактических мероприятий: создания минерализованных полос, ограничений на сельскохозяйственные паловые работы, информирования населения о повышенной опасности. Кроме того, ГИС используется для *разработки программ просвещения и обучения*, нацеленных на повышение уровня осведомлённости о причинах и последствиях лесных пожаров, а также поощрение ответственного поведения населения.

В условиях активного распространения пожара ГИС играет важную роль в обеспечении оперативного реагирования. В режиме реального времени системы могут отображать *текущее положение фронта* огня, пути его возможного распространения, а также расположение природных и инфраструктурных объектов в зоне риска [11]. На основании этих данных возможна *оптимизация распределения ресурсов*: техники, личного состава, воды, а также принятие решений по эвакуации населения. Поддержка пространственного анализа позволяет моделировать сценарии развития ситуации, прогнозировать опасные направления перемещения огня в зависимости от погодных условий, рельефа и растительности. Таким образом, ГИС обеспечивает высокую степень *информационной поддержки действий пожарных подразделений и служб гражданской защиты*.

После завершения пожара ГИС-технологии используются для *оценки ущерба* и планирования восстановительных мероприятий. Анализ спутниковых снимков до и после происшествия позволяет определить *масштабы пострадавших территорий*, интенсивность выгорания и состояние окружающей среды. Интеграция данных о почвенном покрове, склонности местности к эрозии, типах восстановившейся растительности даёт возможность *выявить участки, требующие приоритетного вмешательства*, такие как: пораженные леса или эрозию. В дополнение к этому, накопленные пространственные данные служат основой для построения *долгосрочных моделей оценки риска повторных возгораний*, что особенно важно в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки на природные экосистемы.

Несмотря на широкие возможности, применение ГИС в управлении пожарами сопряжено с определёнными трудностями. Во-первых, *эффективность пространственного анализа напрямую зависит от качества и своевременности поступающих данных*. Неполные, устаревшие или искажённые сведения могут привести к ошибочным выводам и неэффективному распределению ресурсов. Во-вторых, *работа с ГИС требует квалифицированного персонала*, обладающего не только техническими навыками, но и знанием предметной области. Хотя современные программные продукты становятся всё более доступными, полное раскрытие их потенциала требует профессиональной подготовки и междисциплинарного подхода.

В заключение следует отметить, что *ГИС занимает ключевое место в современном арсенале средств управления лесными пожарами*. Её применение обеспечивает возможность системного подхода к оценке рисков, профилактике, оперативному реагированию и восстановлению после стихийных бедствий. Несмотря на наличие вызовов, связанных с доступностью данных и квалификацией специалистов, потенциал ГИС как инструмента повышения устойчивости к природным угрозам делает её незаменимой в практике природоохранной деятельности и управления чрезвычайными ситуациями.

3.4 Применение геоинформационных технологий в системах раннего оповещения о землетрясениях и управлении чрезвычайными ситуациями

Современные геоинформационные системы (ГИС) играют ключевую роль в формировании эффективных механизмов раннего предупреждения и управления чрезвычайными ситуациями, связанными с землетрясениями. Их применение позволяет не только повысить точность прогнозирования сейсмических событий, но и оптимизировать действия оперативных служб в критические моменты, минимизируя потери и ущерб инфраструктуре.

Раннее предупреждение о землетрясениях базируется на данных, полученных от сейсмических датчиков, объединённых в масштабные сети наблюдения. Эти датчики регистрируют первые признаки подземных толчков и передают информацию в реальном времени в специализированные центры обработки данных. Важнейшим элементом таких систем является *интеграция ГИС с системой поддержки принятия решений (СППР)*, обеспечивающей мгновенный анализ поступающей информации и автоматизированную генерацию сигналов тревоги[11]. Распространение предупреждений осуществляется по высокоскоростным каналам связи через государственные и частные вещательные сети, что позволяет вовремя информировать население и активировать меры защиты.

Реализация сигналов тревоги в рамках систем раннего предупреждения (Early Warning Systems, EWS) предполагает *немедленное выполнение критически важных действий*, таких как эвакуация людей из зданий, автоматическое отключение энергосетей и систем водоснабжения, остановка скоростного транспорта (включая поезда и метро), а также перевод опасных промышленных объектов (например, химических и атомных станций) в безопасное состояние. Благодаря интеграции с ГИС становится возможным *визуализировать масштабы ожидаемого воздействия*, спрогнозировать зоны наиболее интенсивного сотрясения и потенциальных разрушений, а также быстро определить объекты повышенного риска. Такие подходы успешно применялись, в частности, во время землетрясения в Пазаржике (Турция), где ГИС-технологии стали важным компонентом общей стратегии реагирования.

После завершения сейсмического события ГИС обеспечивает важную информационно-аналитическую поддержку для оценки последствий и планирования восстановительных мероприятий. Создание *детализированных карт зон разрушений* позволяет оперативно определить наиболее пострадавшие районы, выявить разрушенные или повреждённые инфраструктурные объекты, включая транспортные узлы, здания и коммуникационные сети. Эти данные критически важны для *распределения ресурсов спасательных служб*, организации медицинской помощи, а также для планирования маршрутов доставки гуманитарной помощи и эвакуации пострадавших.

С помощью пространственного анализа в ГИС возможно также *оценить устойчивость зданий к повторным толчкам*, выделить зоны потенциального риска повторных обвалов или вторичных катастроф (например, утечек опасных

веществ). ГИС используется для *мониторинга временных убежищ и пунктов размещения эвакуированных*, оптимизации логистики и учета потребностей перемещённых лиц. Эти функции особенно актуальны в первые часы и дни после бедствия, когда своевременность и точность решений играют критически важную роль.

Кроме того, важным компонентом современных систем управления чрезвычайными ситуациями являются *веб-ориентированные ГИС-модули*, позволяющие осуществлять обмен пространственной информацией между различными структурами — от муниципальных администраций до международных гуманитарных организаций. Это способствует координации действий и обеспечивает *прозрачность в принятии решений*, базирующихся на объективных данных и актуальной обстановке в зоне бедствия [9].

Таким образом, *ГИС-технологии обеспечивают всестороннюю поддержку как на этапе раннего предупреждения, так и в фазе реагирования и ликвидации последствий землетрясений*. Благодаря интеграции различных источников данных, высокой степени визуализации и возможности моделирования сценариев развития ситуации, ГИС занимает центральное место в современных стратегиях управления рисками природного характера. Несмотря на необходимость значительных инвестиций в оборудование и подготовку персонала, применение ГИС в этой сфере доказало свою эффективность и продолжает развиваться в направлении автоматизации и повышения точности прогнозов.

3.5 Лесной пожар в районе города Риддер в 2021 году (Республика Казахстан)

Одним из наиболее значимых лесных пожаров, произошедших в Республике Казахстан за последнее десятилетие, стал пожар в районе Риддерского лесного хозяйства, зафиксированный 10 мая 2021 года. Согласно официальным данным, возгорание началось с загорания сухой травы на открытой местности при благоприятных для распространения огня метеоусловиях — высокой температуре воздуха и сильном порывистом ветре [2]. Ветер достигал скорости до 20 м/с, что способствовало стремительному распространению пламени с травяного покрова на лесной массив (рисунки 3).

а)



б)



Рисунок 3– а) Снимок территории г. Риддер от 9 мая 2021;
б) Оцифрованная территория пожара. [5]:

В результате чрезвычайного происшествия огонь охватил значительные площади, привел к масштабным разрушениям и человеческим жертвам. Были полностью уничтожены: 31 жилой дом, 7 участков с хозяйственными постройками, 5 автомобилей и автомастерская. По данным экстренных служб, в ходе инцидента погибла одна женщина, двое мужчин получили травмы различной степени тяжести. Лица, потерявшие жильё, были временно размещены в учреждениях социального назначения города.

К тушению пожара были привлечены значительные силы: 493 человека личного состава спасательных и противопожарных служб, 69 единиц специальной техники, а также два вертолёт, задействованных для авиационного водосброса.

3.6. Исследование лесного пожара в Абайской области 2023 г

Геоинформационные системы (ГИС) — это комплексные программно-аппаратные комплексы, предназначенные для сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации пространственно-координированных данных вместе с их атрибутивной информацией. Основой работы ГИС являются геоданные, которые выступают фундаментальным элементом для функционирования данных систем. Современные ГИС оснащены широким набором инструментов для анализа пространственных данных с учётом их атрибутивных характеристик. Геоданные обычно имеют двухкомпонентную структуру, включающую координатную и атрибутивную части (рисунки 4, 5).



Рисунок 4 – Космоснимок области пожара на 22.05.2023



Рисунок 5 – Космоснимок области пожара на 15.06.2023

В качестве исходных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) были использованы снимки спутника Landsat. На этих космических изображениях отчетливо прослеживается различие в состоянии природного

резервата, что позволяет провести дальнейший анализ растительного покрова исследуемой территории.

Программное обеспечение ArcGIS Pro предоставляет широкие возможности для анализа геопространственных данных. Одной из ключевых функций является вычисление индексов растительности, таких как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и NBR (Normalized Burn Ratio). Индекс NDVI применяется для оценки плотности и состояния растительности, основываясь на различиях в отражательной способности в красном и ближнем инфракрасном спектрах. Для расчёта NDVI необходимы данные спутниковых изображений с каналами, соответствующими красному (Red) и ближнему инфракрасному (NIR) диапазонам.

- 1) Импорт данных: Запускаем программу ArcMap и выполняем импорт спутниковых изображений для дальнейшего анализа (рисунок 6).

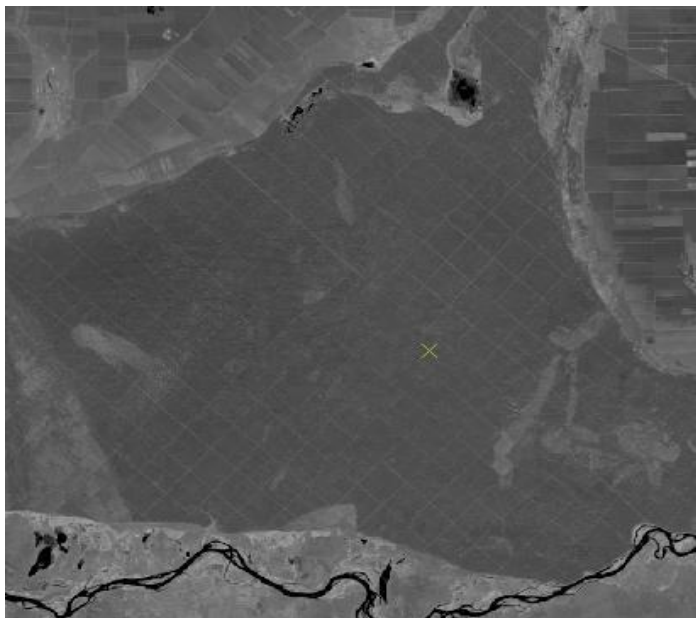


Рисунок 6 – Импорт космоснимка в ПО ArcMap

- 2) Открываем инструмент «Raster Calculator» во вкладке «Analysis» и выбираем его в панели инструментов для выполнения необходимых вычислений с растровыми данными (рисунок 7).

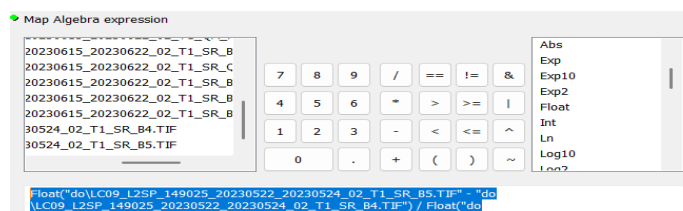


Рисунок 7 – Загружаем необходимые растровые слои в инструмент

В окне «*Raster Calculator*» вводится формула для расчёта NDVI следующего вида:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (2)$$

Где, *NIR* – слой ближнего инфракрасного диапазона (Band 4 для Landsat), *RED* – слой красного диапазона (Band 3 для Landsat) (рисунки 8-10).

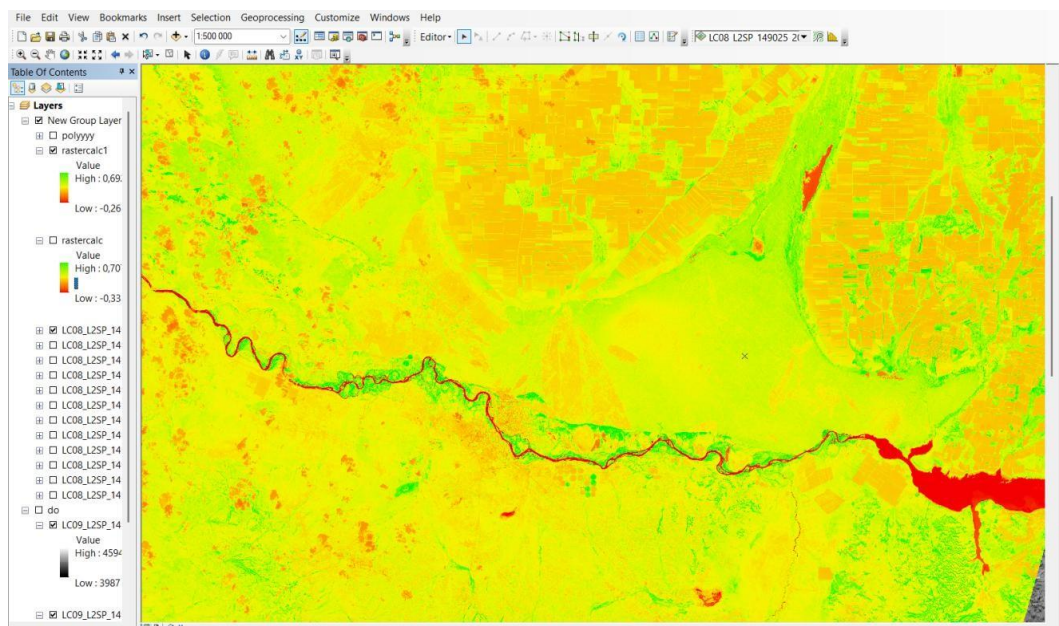


Рисунок 8 – Результат NDVI до пожара

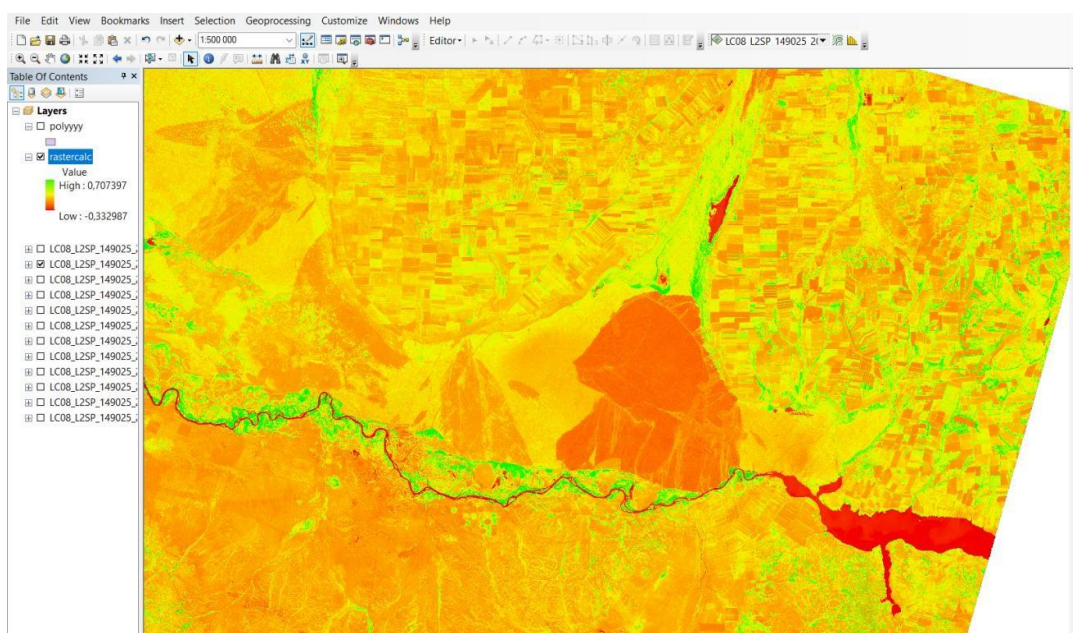


Рисунок 9 – Результат NDVI после пожара



Рисунок 10 – Значения показателя индекса NDVI

Для расчёта индекса NBR (Normalized Burn Ratio) в окне *Raster Calculator* в ArcMap используйте следующую формулу:

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (3)$$

Где, NIR — ближний инфракрасный канал (Band 5 для Landsat 8)
 SWIR — средневолновой инфракрасный канал (Band 7 для Landsat 8) (рисунки 10 и 11).

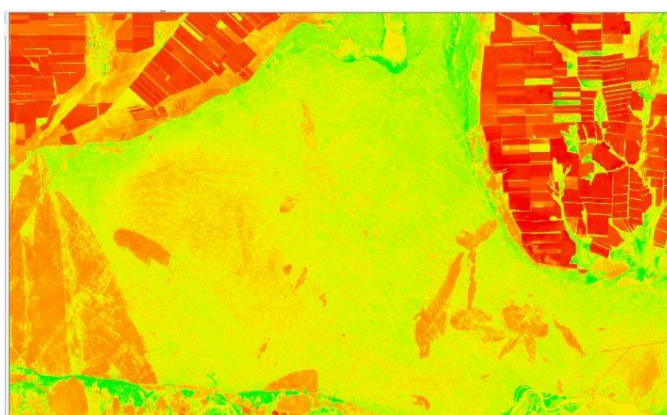


Рисунок 10 – Результат NBR до лесного пожара

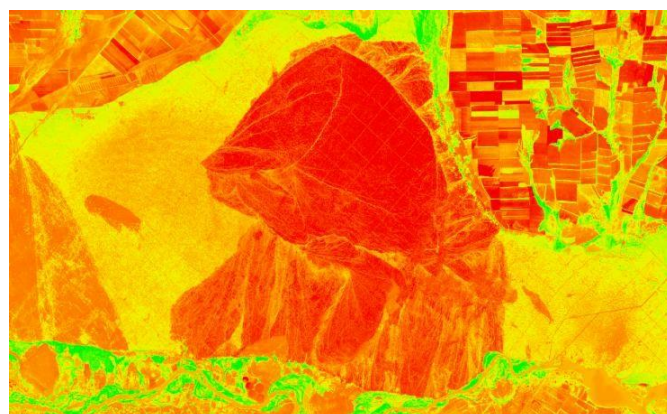


Рисунок 11 – Результат NBR после лесного пожара

Пожары в Абайской области, как правило, обусловлены сочетанием природных и антропогенных факторов — продолжительной засухой, высокими температурами и неосторожной деятельностью человека. Для комплексной оценки масштабов и последствий возгораний применяются современные методы наблюдения и анализа, включая спутниковую и аэрофотосъёмку, а также технологии геоинформационных систем (ГИС).

Спутниковые снимки позволяют оперативно выявлять очаги возгорания, оценивать площадь, охваченную огнём, и отслеживать динамику распространения пожара. Кроме того, с помощью данных дистанционного зондирования можно анализировать плотность задымления, что критично для оценки экологического воздействия и планирования защитных мероприятий.

В рамках данной работы с использованием программного обеспечения ArcGIS была выполнена оцифровка контуров зоны пожара, что позволило точно рассчитать площадь возгорания. Полученные данные используются для дальнейшего анализа ущерба, мониторинга восстановления растительного покрова и планирования профилактических мероприятий (рисунок 12).

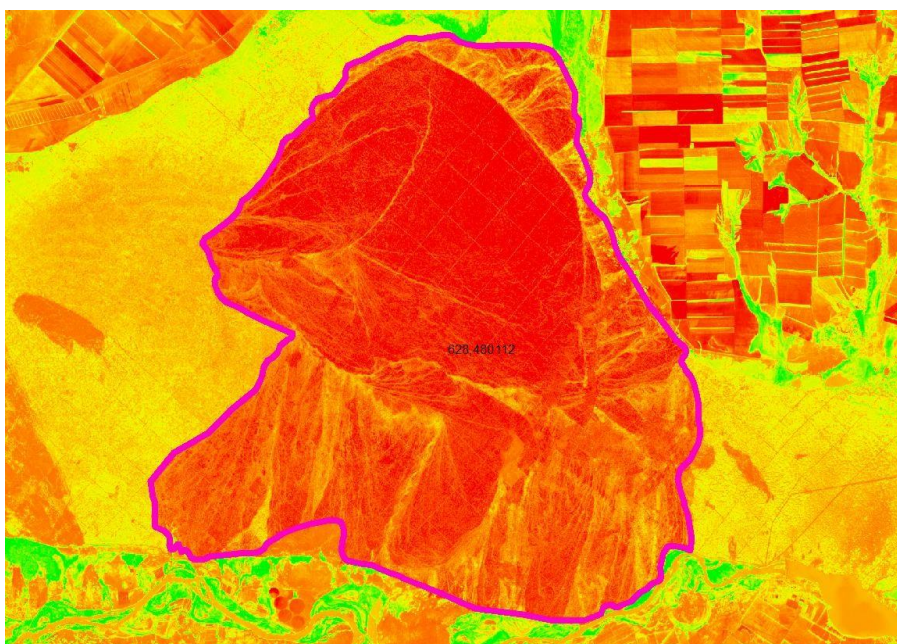


Рисунок 12 — Посчитанная площадь пострадавшая от пожара

Аэрофотосъёмка предоставляет более детализированное и высокоточное изображение зон возгорания и повреждённых участков, что делает её незаменимым инструментом для оценки ущерба и планирования мероприятий по ликвидации последствий. Благодаря высокой пространственной точности, она позволяет проводить точечную инвентаризацию разрушений, уточнять границы пожарищ и документировать масштаб воздействия на природные объекты.

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в интеграции и анализе пространственных данных, включая информацию о рельефе,

растительности, климатических условиях и динамике распространения пожаров. Применение ГИС позволяет создавать модели риска, отслеживать развитие чрезвычайных ситуаций в реальном времени и оценивать экологическое воздействие на окружающую среду.

Экологические последствия:

Пожар, произошедший на территории Абайской области, оказал масштабное разрушительное влияние на природные экосистемы региона. Уничтожение нескольких тысяч гектаров лесных и степных участков повлекло за собой утрату биоразнообразия, нарушение экосистемных связей и деградацию природных ландшафтов.

Воздушная среда подверглась существенному загрязнению. В процессе горения выделялись значительные объемы парниковых газов — в первую очередь углекислого газа и метана — что усилило антропогенное воздействие на климат. Кроме того, распространение дыма и мелкодисперсных частиц привело к ухудшению качества воздуха и повышенному риску респираторных заболеваний у населения.

Водная среда также испытала негативное воздействие. Зола и пепел, оседая и смываясь в водоёмы, стали источником загрязнения, ухудшая качество воды и создавая угрозу для водных экосистем. Изменения в растительном покрове и структуре почвы нарушили гидрологический баланс, способствуя снижению запасов пресной воды и повышению риска эрозии и засух.

Биоразнообразие региона оказалось под серьёзной угрозой. Утрата среды обитания привела к снижению численности популяций диких животных и растений, а для некоторых видов — к риску исчезновения. Последствия пожара могут оказывать долговременное влияние на восстановление природных сообществ и требуют принятия экстренных восстановительных мер.

Воздействие лесного пожара в Абайской области на экосистему

Изменения в растительном покрове.

Лесной пожар, произошедший в Абайской области, привел к масштабному уничтожению растительного покрова, охватив сотни гектаров хвойных и лиственных лесов, а также степных территорий, включающих травянистую и кустарниковую растительность. В связи с этим значительно изменился видовой состав флоры региона, что обусловило снижение общего уровня биологического разнообразия. На месте выгоревших лесных массивов образовались обширные открытые пространства, подверженные процессам водной и ветровой эрозии почвы. При отсутствии оперативных мер по восстановлению растительного покрова это может привести к опустыниванию территорий.

Изменения в почвенном покрове.

Воздействие высоких температур в ходе пожара способствовало деградации органического вещества в почве и это негативно сказалось на её плодородии. Пожар усилил процессы эрозии, а это может привести к дальнейшему снижению агрономических свойств почв и уменьшению их продуктивности. Разрушение почвенного слоя существенно осложняет процессы естественного восстановления экосистем.

Изменения в гидрологическом режиме.

Снижение инфильтрационной способности почвы вследствие утраты растительности увеличило объем поверхностного стока. Это, в свою очередь, способствует уменьшению запасов пресной воды в регионе и повышает риск локальных наводнений в периоды интенсивных осадков. Долгосрочные последствия подобных изменений могут включать обострение проблем водоснабжения как для природных экосистем, так и для населения.

Влияние на животный мир.

Пожар разрушил естественные местообитания множества видов животных, вызвав снижение численности популяций и увеличив угрозу исчезновения редких и уязвимых видов. Животные, избежавшие непосредственного воздействия огня, столкнулись с нехваткой пищи и укрытий, что негативно сказывается на их выживаемости и способности к воспроизводству.

Последствия для экосистемы в целом.

Нарушение структуры растительных сообществ, деградация почв и изменение гидрологического баланса привели к серьёзному нарушению экологического равновесия региона. Сокращение биоразнообразия и снижение продуктивности экосистем могут иметь долгосрочные негативные последствия. Кроме того, масштабные лесные пожары способствуют увеличению выбросов парниковых газов в атмосферу, тем самым усугубляя процессы глобального изменения климата.

Рекомендательные меры по профилактике и смягчению последствий природных возгораний.

Повышение уровня противопожарной безопасности в природных экосистемах.

Организация противопожарных барьеров.

Одним из эффективных методов ограничения распространения огня является создание противопожарных полос — очищенных от растительности участков, препятствующих дальнейшему продвижению огня. Развитие системы таких полос вблизи населённых пунктов, лесных массивов и других уязвимых объектов является важной профилактической мерой.

Размещение наблюдательных вышек.

Для оперативного выявления очагов возгорания необходимо развёртывание сети пожарно-наблюдательных вышек в зонах с повышенным уровнем пожарной опасности. Такие сооружения обеспечивают визуальный контроль и позволяют своевременно реагировать на появление огня..

Организация систематического наземного мониторинга:

Периодическое патрулирование территорий, подверженных риску возгораний, позволяет оперативно выявлять очаги пожара и своевременно принимать меры по их устранению. В условиях повышенной пожарной опасности необходимо обеспечить регулярный контроль за лесными и степными участками.

Проведение информационно-просветительских мероприятий среди населения:

В целях профилактики возгораний необходимо обеспечить широкое информирование граждан о правилах пожарной безопасности, включая допустимые способы разведения и тушения костров, а также корректное обращение с открытым огнём в лесных и степных районах. Рекомендуется организация обучающих семинаров, лекций и тренингов, направленных на повышение осведомлённости населения, а также распространение наглядных информационных материалов (листовок, брошюр, видеороликов), разъясняющих основные меры предосторожности и алгоритмы действий в случае обнаружения возгораний.

Увеличение финансирования пожарных служб

Для повышения эффективности работы пожарных подразделений необходимо увеличение финансовых ресурсов, направляемых на развитие материально-технической базы и кадрового потенциала. В рамках этих мероприятий целесообразно:

- *Закупка специализированного оборудования:* обеспечение пожарных подразделений современными техническими средствами, включая пожарные автомобили, авиационную технику (вертолёты) и беспилотные летательные аппараты, позволяющие оперативно реагировать на возгорания, особенно в труднодоступных районах.

- *Повышение квалификации личного состава:* проведение регулярного обучения и переподготовки сотрудников пожарных служб с применением современных технологий тушения пожаров и управления чрезвычайными ситуациями.

- *Стимулирование труда:* пересмотр и увеличение уровня заработной платы сотрудников пожарных подразделений для привлечения и удержания квалифицированных специалистов.

Минимизация последствий лесных пожаров

С целью снижения последствий лесных пожаров необходимо внедрение системы раннего обнаружения очагов возгораний, включающей:

- *Камеры видеонаблюдения:* установка сетей камер в зонах с повышенным уровнем пожарной опасности для круглосуточного мониторинга и своевременного выявления очагов возгораний.

- *Датчики дыма:* оснащение лесных и степных массивов автоматическими датчиками дыма, позволяющими фиксировать возгорания на начальной стадии и оперативно передавать информацию в экстренные службы.

- *Использование беспилотных летательных аппаратов:* применение дронов для воздушного патрулирования и оперативного картографирования очагов возгорания, что существенно повышает скорость реагирования и эффективность координации действий по ликвидации пожаров.

4. Геоинформационное программное обеспечение Arcgis

4.1. Возникновение программного обеспечения ArcGIS

Технология ArcGIS является одним из наиболее передовых и широко используемых решений в сфере геоинформационных систем (ГИС). С помощью этого программного обеспечения возможно эффективно решать задачи, связанные с мониторингом, прогнозированием и предотвращением стихийных бедствий, а также с анализом и визуализацией пространственных данных в самых различных сферах.

Разработка технологии ArcGIS ведётся американской компанией Environmental Systems Research Institute (Esri), основанной в 1969 году Джеком и Лорой Дэнджермонд. Первоначально компания специализировалась на оказании консультационных услуг в области ландшафтной архитектуры и пространственного анализа. С течением времени направление деятельности Esri сместилось в сторону создания программного обеспечения, автоматизирующего картографические и аналитические процессы [9].

Одной из первых разработок компании стала система ArcInfo, выпущенная в начале 1980-х годов. Эта система предназначалась для профессионального картографирования и пространственного анализа и работала на базе операционной системы UNIX. Благодаря ArcInfo был заложен фундамент для создания более доступных и удобных программных продуктов в области ГИС.

В 1992 году Esri выпустила программное обеспечение ArcView, предназначенное для платформы Windows. Эта система сделала технологии ГИС доступными для более широкой аудитории, предоставив удобный пользовательский интерфейс и базовые функции визуализации и анализа пространственных данных. В это же время была разработана технология ArcSDE, позволяющая хранить и обрабатывать геоданные в реляционных базах данных, что значительно упростило работу с большими объемами информации.

Ключевым этапом в развитии ГИС от Esri стало появление в 1999 году платформы ArcGIS, которая объединила функциональные возможности ArcView и ArcInfo, представив комплексное решение для сбора, анализа, обработки и визуализации пространственных данных. Система ArcGIS обеспечила пользователям модульную архитектуру, поддержку многопользовательской работы, интеграцию с базами данных и средства расширенного пространственного анализа.

В последующие годы программное обеспечение ArcGIS постоянно совершенствовалось: были внедрены инструменты для анализа данных в трёхмерном пространстве, поддержки мобильных устройств, облачных вычислений, работы в реальном времени и публикации интерактивных карт в веб-пространстве. Современные версии ArcGIS позволяют вводить данные с беспилотных летательных аппаратов, спутников, сенсоров, а также использовать алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для обработки пространственной информации.

На сегодняшний день ArcGIS является отраслевым стандартом в сфере геоинформационных систем. Программный комплекс широко применяется в области экологии, урбанистики, гражданской безопасности, сельского и лесного хозяйства, транспортного планирования, здравоохранения и многих других отраслях. Гибкость платформы, возможность интеграции с различными источниками данных и оборудования, а также поддержка международного сообщества специалистов делают ArcGIS мощным инструментом пространственного анализа.[10]

4.2 Возможности и применение технологии ArcGIS

Технология ArcGIS предоставляет широкий спектр инструментов и возможностей, которые делают её эффективным средством для прогнозирования, предупреждения и управления стихийными бедствиями. Система основана на использовании геопространственных данных, позволяющих проводить всесторонний анализ природных процессов и оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации.

Одна из ключевых возможностей ArcGIS — пространственный анализ данных, отражающий природные и антропогенные характеристики территории. Среди таких данных могут быть сведения о рельефе, геологической структуре, почвах, типах растительности, климатических условиях и уровне антропогенной нагрузки [8]. Объединяя и интерпретируя эти данные, специалисты могут моделировать сценарии возникновения чрезвычайных ситуаций и оценивать вероятные масштабы их последствий.

Важной областью применения ArcGIS является пространственное планирование мероприятий по снижению риска. На основе геопространственного анализа можно разрабатывать стратегии размещения критической инфраструктуры, планировать безопасные маршруты эвакуации, определять оптимальные места для размещения спасательных служб и временных убежищ. Например, анализ плотности застройки и транспортной доступности позволяет выявить наиболее уязвимые населённые пункты и спланировать приоритетные меры реагирования в случае катастрофы.

ArcGIS играет ключевую роль в управлении чрезвычайными ситуациями не только на этапе прогнозирования и подготовки. В условиях уже произошедшего стихийного бедствия система используется для оперативного отображения данных о пострадавших районах, мониторинга состояния объектов инфраструктуры и координации работы экстренных служб. Инструменты ArcGIS позволяют создавать интерактивные карты зон поражения, фиксировать поступающую информацию о разрушениях и потерях, а также осуществлять логистическое планирование оказания помощи.

Дополнительно ArcGIS применяется для посткатастрофического анализа. После ликвидации последствий бедствия система помогает в оценке нанесённого ущерба, планировании восстановительных мероприятий и уточнении карт риска.

С помощью спутниковых снимков и полевых данных возможно выявление изменений в ландшафте, растительном покрове и гидрологических условиях, что важно для предотвращения повторных катастроф в будущем.

Таким образом, ArcGIS является мощным инструментом, использующим различные типы пространственной информации для принятия обоснованных решений в условиях риска. Благодаря высокой точности, масштабируемости и широким аналитическим возможностям данная система способствует повышению устойчивости территорий к воздействию природных угроз. Использование ArcGIS в органах государственного управления и службами ЧС приводит не только к снижению потенциального ущерба, но и сохранению человеческих жизней, что делает её внедрение актуальным и приоритетным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях современной реальности стихийные бедствия остаются одной из наиболее серьёзных угроз для жизни населения, устойчивости экосистем и экономической стабильности. Их внезапный характер и масштабные последствия требуют применения современных инструментов для эффективного прогнозирования, предупреждения и управления последствиями таких событий. Геоинформационные технологии, включая программное обеспечение ArcGIS, предоставляют широкие возможности для решения указанных задач.

В данной работе рассмотрены основные принципы применения ГИС-технологий в контексте предупреждения и управления стихийными бедствиями. Особое внимание было уделено системе ArcGIS как одному из наиболее мощных и функциональных инструментов пространственного анализа. На примере лесного пожара в Абайской области Республики Казахстан была проанализирована возможность использования ГИС для мониторинга, оценки ущерба и поддержки принятия решений в условиях чрезвычайной ситуации.

Несмотря на то, что в работе был рассмотрен преимущественно один тип чрезвычайного природного явления — лесной пожар, подходы, основанные на использовании ГИС, являются универсальными и могут быть адаптированы для анализа и управления различными видами стихийных бедствий, включая землетрясения, наводнения, оползни и ураганы. Использование ArcGIS позволяет органам государственной власти, службам чрезвычайного реагирования и экологическим организациям существенно повысить точность оценки рисков, эффективность планирования защитных мероприятий и своевременность реагирования на угрозы.

Таким образом, применение геоинформационных технологий, в частности платформы ArcGIS, представляет собой перспективное направление в обеспечении устойчивого территориального развития и повышения уровня безопасности как населения, так и природной среды. Внедрение таких решений на уровне государственного управления может способствовать значительному снижению уязвимости территорий перед лицом природных катастроф и минимизации возможного ущерба.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ипалаков Т.Т., Дранникова Ж.А., “Современное применение ГИС технологий для управления территорией (предупреждения и ликвидации последствий ЧС)”. Восточно Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева. 2012, 159с
- 2 Информбюро, Пять казахстанских пожаров, воспламенивших общественный резонанс”, 2022. URL: <https://informburo.kz/stati/pyat-kazakhstanskix-pozarov-vosplamenivsix-obshhestvennyi-rezonans>
- 3 Кокшетауский технический институт КЧС МВД РК, Анализ и оценка по жарных рисков в Республике Казахстан”, 2016.“2 URL: [http://agz.edu.kz/public uploads/BIBL_RMEB/Pozh_risky.pdf](http://agz.edu.kz/public/uploads/BIBL_RMEB/Pozh_risky.pdf).
- 4 Министерство Чрезвычайных Ситуаций РК, 2022. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/documents/1?directions=1751&lang=r> и
- 5 НК КФС. “Космический мониторинг чрезвычайных ситуаций на территории РК на основе данных ДЗЗ”. URL: <https://km.gharysh.kz/geoservices?token=chs>
- 6 Центр по наблюдению и моделированию землетрясений, вулканов и тектоники, 2016. “How InSAR works”. URL: <https://comet.nerc.ac.uk/earth-observation/insar/how-insar-works/>
- 7 Мавлютов А.Р., Выдрин Д.Ф. и Мавлютов А.Р., “Применение геоинформационных систем (ГИС) в области управления лесным хозяйством”. Уфимский государственный авиационный технический университет, 2017, 286с.
- 8 Amiri M., Abdollahzadeh G., Barforooshi M., and Haghighi F., “The vulnerability and crisis management of Babil city under the impact of earthquakes using ArcGIS software”, 2021. JSCE, 7(4):62-77с. doi:10.22065/JSCE.2018.121510.1491
- 9 Esri CIS, “История ГИС”, 2016. URL: <https://www.esri-cis.com/ru-ru/what-is-gis/history-of-gis>
- 10 Esri CIS, “Краткая история компании Esri”, 2016. URL: <https://blogs.esri-cis.com/2016/01/12/esri-history/>
- 11 Kalbokidis K., Athaasis, N., Gaglirdi, F., Karaianis, F., Palaioogou, P, Parastti dis, S., and Vasilakos, C, “Virtual Fire: A webbased GISplatform for forest fire control”. Ecological Informatics, 1: - C., 2016, 62-69 с.
- 12 Krishnamoorthi N., “Role of Remote Sensing and GIS in NaturalDisaster Management Cycle”. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR), vol. 2(3), 2016, 175с.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Касымхановой Камилы Женисовны

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

На тему: «Применение геоинформационных систем для прогнозирования и
оценки последствий природных катаклизмов»

Выпускная квалификационная работа посвящена актуальной и практически значимой теме – применению геоинформационных систем (ГИС) в анализе и прогнозировании последствий природных катаклизмов. Работа Касымхановой К.Ж. охватывает как теоретические, так и практические аспекты: от изучения причин возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера до анализа реальных случаев с использованием современных ГИС-технологий (ArcGIS).

Студентка продемонстрировала высокий уровень самостоятельности в ходе выполнения дипломной работы. Ею была проведена глубокая аналитическая работа, использованы актуальные спутниковые данные, выполнены расчёты индексов NDVI и NBR для оценки последствий лесных пожаров. Все этапы выполнены с соблюдением методики и структуры исследовательской работы.

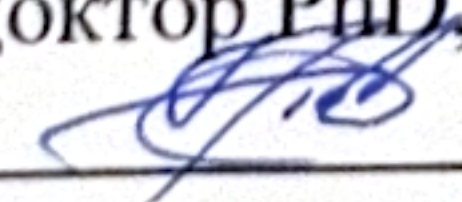
Выпускница уверенно владеет инструментами ArcGIS и методами пространственного анализа. Прделанная работа свидетельствует о наличии у студентки навыков работы с большими объёмами геопространственной информации и умении применять полученные знания для решения практических задач.

Работа оформлена в соответствии с действующими требованиями. Имеет логично выстроенное содержание, сопровождается графическим материалом и ссылками на источники. Язык изложения компетентный, терминология используется корректно. Работа представляет практический интерес и может быть использована в деятельности организаций, занимающихся вопросами мониторинга и предупреждения ЧС.

Дипломная работа выполнена на качественном уровне, соответствует требованиям к выпускным квалификационным работам и рекомендуется к защите, а её автор Касымханова К.Ж. заслуживает присвоения степени бакалавра по специальности. Оценка руководителя дипломной работы: «отлично» (97%).

Научный руководитель

доктор PhD, ассоц. профессор

 Токтаров А. А.

« 20 » 06 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Касымхановой Камилы Женисовны

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

На тему: Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки последствий природных катаклизмов

Выполнено:

- а) графическая часть на 7 страницах
- б) пояснительная записка на 32 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Работа в целом выполнена на высоком уровне. Однако можно отметить следующие пожелания:

- В некоторых разделах есть избыточные описания общеизвестных понятий, что можно было бы сократить.
- При анализе индексов (NDVI, NBR) желательно было бы представить более подробные численные результаты и их интерпретацию.
- В заключении можно было бы чётче разделить выводы от рекомендаций.

Оценка работы

Дипломная работа Касымхановой Камилы Женисовны соответствует всем требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавра по направлению 6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия. Работа выполнена грамотно, содержит элементы научной новизны и практической значимости. Представленный материал свидетельствует о высоком уровне подготовки выпускницы, умении анализировать и применять современные ГИС-технологии в решении актуальных задач.

Оценка: «отлично»

Рекомендую к защите.



к.т.н., ассоц. профессор МОК

Омиржанова. Ж.Т.

2025 г.

Подпись	Омиржановой Ж.Т.
заверяю	
HR департамент	
«18» 06 2025	

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Касымханова Камила Женисовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки последствий природных катаклизмов - 2 ПОПЫТКА

Научный руководитель: Аян Токтаров

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

30.05.2025



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Касымханова Камила Женисовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Применение геоинформационных систем для прогнозирования и оценки последствий природных катаклизмов - 2 ПОПЫТКА

Научный руководитель: Аян Токтаров

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

30.05.2025

проверяющий эксперт